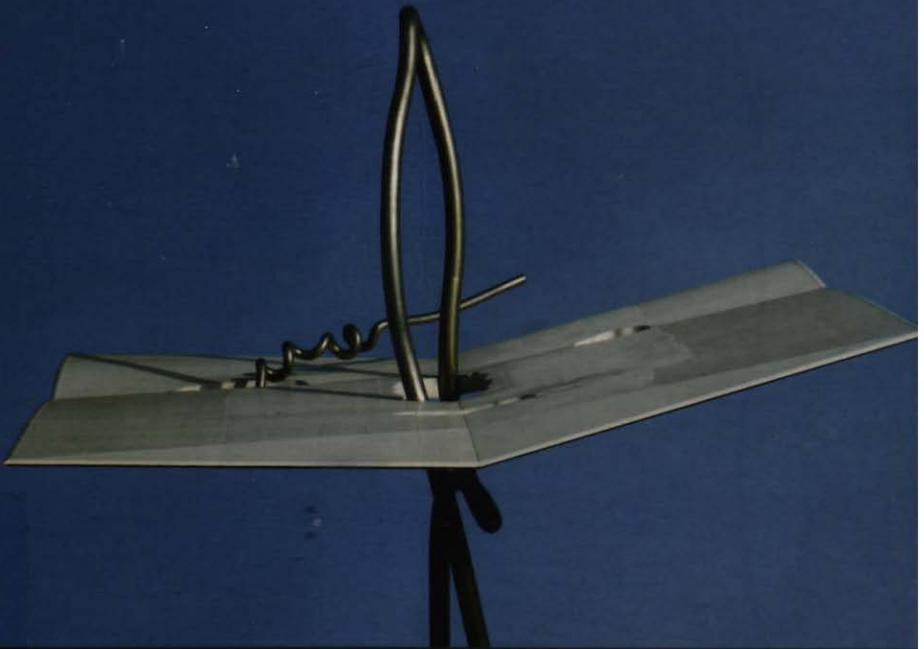


208

LA MODELACIÓN ECONÓMICA

Una interpretación de la simulación dinámica de sistemas

Manuel Castillo Soto
Alfredo Sánchez Daza
Francisco Venegas Martínez



Con
sociales



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA



Casa abierta al tiempo

Azcapotzalco

Autores:

Manuel Castillo Soto
Departamento de Economía de la UAM-A.

Alfredo Sánchez Daza
Departamento de Economía de la UAM-A.

Francisco Venegas Martínez
Escuela Superior de Economía del IPN.

LA MODELACIÓN ECONÓMICA

UNA INTERPRETACIÓN DE LA
SIMULACIÓN DINÁMICA DE SISTEMAS



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Rector General

Dr. José Lema Labadie

Secretario General

Mtro. Luis Javier Melgoza Valdivia



Rector

Dr. Adrián de Garay Sánchez

Secretaria

Dra. Sylvie Turpin Marion



Director

Dr. Roberto Gutiérrez López

Secretario Académico

Mtro. Gerardo González Ascencio

Jefe del Departamento de Economía

Dr. Alfredo Sánchez Daza

Coordinadora de Difusión y Publicaciones

Dra. Elsa Muñoz García

ISBN EÓN: 978-607-7519-31-7

ISBN UAM: 970-607-477-080-3

Primera edición: 2009

Fotografía de la portada: Barcelona

Autor: Iván S. de la Luz

© Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco
División de Ciencias Sociales y Humanidades
Coordinación de Difusión y Publicaciones
Av. San Pablo núm. 180, Edificio E, Salón 004
Col. Reynosa Tamaulipas, Deleg. Azcapotzalco
C.P. 02200, México, D.F. Tel. 5318-9109
www.azc.uam.mx/socialesyhumanidades

© Ediciones y Gráficos Eón, S.A. de C.V.
Av. México-Coyoacán núm. 421
Col. Xoco, Deleg. Benito Juárez
C.P. 03330, México, D.F.
Tels.: 56 04 12 04, 56 88 91 12
administracion@edicioneon.com
www.edicioneon.com

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

CONTENIDO

1. Introducción	15
1.1 Antecedentes	15
1.2 Marco referencial de la investigación	16
1.3 Objetivos	18
1.4 Preguntas	18
1.5 Hipótesis	19
1.6 Propuesta teórica	19
1.7 Justificación	20
1.8 Alcances y limitaciones	21
1.9 Aportación fundamental	22
2. La metodología de la Simulación Dinámica de Sistemas y el Análisis Económico	23
2.1 Introducción	23
2.2 La Simulación Dinámica como herramienta del pensamiento	23
2.3 La Simulación Dinámica y los Sistemas Económicos	25
2.4 Pensamiento sistémico	26
2.5 Resumen	32
3. La Retroalimentación Positiva (RP) y el concepto económico de los Rendimientos Crecientes	33
3.1 Introducción	33
3.2 La Retroalimentación Positiva en el pensamiento económico	33

3-4	Mecanismo de transmisión de las fuerzas de RP	43
3-5	Modelo de Simulación Dinámica para el mercado de Telefonía Celular	44
3-6	El punto de inflexión, donde las fuerzas de RP en favor de uno de los jugadores	49
3-7	Dualidad del modelo de Rendimientos Decrecientes	50
4-1	Un mismo origen y muchos resultados posibles, igualmente probables	58
4-2	Trayectorias iniciales parecidas, hasta que algún...	59
4-3	La tendencia al equilibrio de la mecánica clásica, ejemplo de las fuerzas de RN	60
4-4	Equilibrio inestable, situación en la que actúan las fuerzas incontenibles de la RP	61
4-5	Dinámica del equilibrio. Eventos iniciales provocan resultados diametralmente diferentes	62
4-6	Las rutas o trayectorias dependientes de las condiciones iniciales	63
4-7	El modelo simple de Polya	64
4-8	Efecto de distribución de los Costo Fijos	67
4-9	La Retroalimentación Positiva y las Economías de Escala y Alcance	69
4-10	Las Economías de Alcance	69
4-11	Las curvas de Rendimientos Creciente y Decrecientes	74
5-1	Modelo de Oferta y Demanda con curvas no monótonas	83
5-2	La Oferta Agregada. de acuerdo a la SDS	86
5-3	La Oferta Agregada de corto y largo plazo	86
5-4	La Demanda Agregada, de acuerdo a la SDS	88
5-5	La Demanda Agregada tiene pendiente negativa por los efectos, riqueza y sustitución	91
5-6	El Equilibrio de Mercado. Su modelación con SDS y el Modelo Clásico	92
5-7	Esquema de la Tendencia al Equilibrio con SDS	95
5-8	Relación entre un flujo y un stock. Se define una ecuación diferencial	95
5-9	Con ciertas elasticidades se tiene una situación de Equilibrio Estable	97

5-10	Con ciertas elasticidades el Sistema se aleja del Equilibrio	98
5-11	Trayectoria de los Precios Oscilatoria, en torno a un Equilibrio	98
6-1	Modelo simple de determinación del Ingreso. Donde Y_0 es el Equilibrio Inicial	103
6-2	Tendencia al Equilibrio con un cambio autónomo en los gastos de Inversión	106
6-3	Modelo de SD, para el caso simple del Modelo de determinación del Ingreso	107
6-4	Tendencia al equilibrio del Ingreso y el Consumo	107
6-5	Modelación del modelo de Klein con SDS	111
6-6	Simulación de las tres principales variables macroeconómicas	111

PREFACIO

Los problemas surgen no de la casualidad del entorno, más bien, éstos, resultan ser consecuencia de ciertos factores clave que direccionan los posibles cursos de acción de los eventos e influyen en gran medida, en el resultado esperado o posible. Al no tomarse en cuenta todas aquellas variables no cuantificables o difíciles de medir de manera efectiva, se corre el riesgo de perder de vista una dimensión de la realidad importante al interior del proceso de la toma de decisiones, que pudiera hacer la diferencia entre el éxito y el fracaso de un proyecto en cuestión.

El presente trabajo pretende ser una introducción a la *Simulación Dinámica de Sistemas* (SDS) y se orienta principalmente a modelar algunos conceptos básicos del análisis del equilibrio económico, en particular las tendencias hacia el equilibrio, tanto en el modelo microeconómico como en el macroeconómico. Los modelos seleccionados poseen dos características importantes a saber: a) dichos modelos son intuitivos y su naturaleza es esencialmente dinámica; b) La forma elemental de éstos, permite mostrar los alcances y limitaciones de la propuesta que aquí se desarrolla. La SDS es una metodología que se ubica dentro de los sistemas suaves y los modelos económicos-matemáticos, en donde los lazos de retroalimentación, las relaciones no-lineales y los impactos distribuidos a través del tiempo, conforman una parte esencial de la metodología.

En la metodología propuesta se analizan de forma particular, las circunstancias que dan origen a los procesos de *retroalimentación positiva*, como un conjunto de acciones que se interrelacionan entre sí, dando lugar al establecimiento de las condiciones necesarias para el

surgimiento de la teoría de los rendimientos crecientes. Los sistemas suaves permiten la conceptualización del problema de una forma holística e integradora, pero éstos a su vez, carecen de un fundamento matemático riguroso que permitan una ponderación de manera efectiva, a través del tiempo. Por otro lado, los modelos económicos–matemáticos no permiten la incorporación de variables intangibles dentro del análisis, lo cual conlleva a dejar de lado, aspectos relevantes de la realidad en estudio.

Dentro de la modelación dinámica los elementos interactuantes que conforman el modelo, contribuyen a la generación de un proceso de retroalimentación permanente que conlleva no sólo a la mejora continua del proceso de decisión, sino también, a considerar el modelo como un sistema dinámico inmerso en un entorno en continuo movimiento, generando así nuevas situaciones y soluciones dentro de un marco estratégico flexible. Como ejemplo de lo anterior, se construye un modelo aplicado a estudiar la competencia oligopólica dentro de la industria de la telefonía celular dentro de la República Mexicana. En dicho modelo, la retroalimentación positiva provoca que la modificación original de los elementos clave en el sistema, genere una serie de cambios importantes reforzando de manera efectiva a los componentes que iniciaron el proceso, sobre todo dentro del ámbito de la *dependencia inicial* y la *creación de estándares*.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La relación entre las ciencias económicas y las ciencias naturales, resulta ser estrecha y evidente en la actualidad. Los sistemas compuestos por organismos vivos, desde las células hasta las sociedades, poseen en común ciertas propiedades que tienen intrínsecamente algunas invariantes en su desarrollo. En reconocimiento a este hecho, durante las últimas décadas han surgido nuevos paradigmas científicos bio-socio-económicos en los que convergen diferentes campos de la ciencia, tendientes al entendimiento del desarrollo evolutivo en sí mismo; éstos han permitido la creación de algoritmos innovadores y complejos para la resolución de problemas y/o aplicaciones teóricas. Es importante mencionar que los campos de la evolución computacional y la inteligencia artificial han alcanzado cierta madurez, y en la actualidad podemos ser testigos del intenso debate sobre el *darwinismo universal*, el cual aborda un marco de referencia teórico sobre el análisis de la evolución de los sistemas abiertos y complejos incluyendo en ellos los sistemas socio-económicos. Dichos debates se han centrado en las semejanzas entre la evolución biológica de los seres vivos y la evolución tecnológica y cultural de las sociedades actuales.

El concepto de equilibrio en Economía, en particular el modelo de oferta y demanda (la demanda y la oferta se compensan o fluctúan alrededor del punto de equilibrio, debido a los ajustes rezagados en la esfera de la producción o del consumo) no es otro que el planteado por la mecánica clásica newtoniana (fuerzas que se contrarrestan produciendo—

do en un cuerpo un estado de equilibrio) idea que se ha mantenido inmersa dentro del ámbito del pensamiento económico de todas las épocas, fomentando así la construcción de herramientas analíticas tendientes al desarrollo de modelos que permitan un mejor entendimiento de la realidad tanto económica, como la de los negocios.

El presente trabajo se basa principalmente en la metodología propuesta por Jay W. Forrester (1961), y en la obra analítica de John D. Sterman (2000), cuyo trabajo ha orientado parte de esta propuesta, sobre todo, en lo referente a los conceptos de *dependencia inicial* y de la *creación de estándares*. La sección correspondiente a la modelación microeconómica, se basa en el trabajo desarrollado por Matthias Ruth y Bruce Hannon (1997), quienes se han concentrado en el campo de la modelación de los sistemas económicos. La influencia de la obra de Peter Senge (1990) sobre el pensamiento sistémico es importante en el desarrollo de las principales hipótesis de trabajo que sustenta el presente proyecto. De igual forma, la teoría desarrollada por Hal Varian (2000) sobre la *economía de la información* y su impacto en el análisis económico tradicional de la competencia, ha sido utilizada como uno de los pilares sobre los cuales subyace la metodología propuesta.

Así mismo, la crítica a la *teoría económica convencional* hecha por Brian Arthur (1990), en donde se establecen los principios de la retroalimentación negativa (la cual tiende a compensar las fuerzas y conducir al sistema a un estado de equilibrio o estado estable) se presenta como un elemento catalizador en el modelo en cuestión. Es importante mencionar que dicho proceso de retroalimentación se percibe de manera distinta entre algunas corrientes del pensamiento económico; la *economía neoclásica* tiene como especial preocupación, el que las fuerzas del mercado tiendan a generar una *retroalimentación negativa* (RN), conduciendo al sistema hacia un equilibrio particular. Lo anterior, no necesariamente sucede en el análisis económico que estudia la economía de la información, en donde los activos intangibles generan fuerzas de *retroalimentación positiva* (RP) las cuales no compensan dichas fuerzas, sino por el contrario, las refuerzan.

1.2 MARCO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo se utiliza la SDS para la investigación de algunos conceptos básicos del análisis económico, en particular las tendencias

hacia el equilibrio tanto en el modelo microeconómico como en el macroeconómico. Los modelos se han seleccionado por dos razones: por su cualidad pedagógica y por su carácter dinámico. Si bien es cierto que construyen dos modelos adicionales, como es el caso de la telefonía celular y del manejo de la relación simultánea entre publicidad y ventas, estos modelos tienen únicamente el propósito de mostrar los alcances y limitaciones de la metodología propuesta.

Dentro del análisis económico concurren vectores de variables endógenas y elementos exógenos, así como un vector de parámetros asociados a las relaciones de comportamiento entre esas variables. Dichas relaciones pueden ser modeladas de forma comprensiva en un formato más flexible con métodos computacionales mucho más pragmáticos. Mediante la incorporación de dichos formatos se contribuye a la liberación de ciertos supuestos, haciendo más explícito el conjunto de relaciones, eliminando la ambigüedad e incorporando elementos determinantes en el análisis.

El trabajo se concentra en la llamada *Dinámica Económica* que es uno de los aparatos conceptuales más sofisticados de la *Economía Aplicada*, el cual resulta ser un marco teórico-analítico que tiene como fundamento estructural una serie de adaptaciones de los sistemas de ecuaciones en diferencias y diferenciales. En el análisis económico se pueden identificar dos enfoques: 1) el de la economía matemática y 2) los modelos puramente mentales. La dificultad de la economía matemática se encuentra determinada por la complejidad de los fenómenos que trata de modelar, haciendo difícil la comunicación de sus resultados dentro del proceso para la toma de decisiones. Con el objeto de resolver dicho problema, el análisis económico realiza diversas concesiones simplificando los modelos, pero en ocasiones, se dejan de lado aspectos relevantes sobre las variables y sus interrelaciones. Por otro lado se encuentra el enfoque, que utiliza dentro de su análisis los denominados modelos mentales, los cuales se aplican comúnmente en economía y en los negocios. En los modelos mentales, la complejidad de la realidad se impone, los factores causales son interdependientes y la causalidad es en los dos sentidos. Los impactos pueden distribuirse en el tiempo y son generalmente no lineales y estocásticos.

1.3 OBJETIVOS

El objetivo principal de esta investigación es construir un puente de comunicación entre la simulación dinámica y el análisis económico, con el fin de incrementar el conocimiento y la comprensión de los fenómenos dinámicos a que se enfrentan los analistas dentro del proceso de decisión, incorporando características esenciales, como son: los *mecanismos* de *retroalimentación*, los rezagos distribuidos en el tiempo y por supuesto las relaciones causa-efecto no lineales.

Uno de los objetivos secundarios del presente trabajo, es demostrar que es posible construir una metodología basada en la SDS, que coadyuve a la construcción de modelos para la representación de realidades económicas de manera más general, sin menoscabo de las relaciones funcionales básicas, aumentando así el poder de análisis y la capacidad de predicción.

Otro de los objetivos secundarios es animar a los investigadores a construir plataformas analíticas y computacionales que sirvan a un público más amplio, ayudando así a desmitificar el proceso de simulación y modelación matemática en economía contribuyendo, de este modo, a fortalecer el proceso de comunicación entre la construcción de los modelos y el proceso de la toma de decisiones.

1.4 PREGUNTAS

Una de las preguntas que trata de responder esta investigación, se refiere a la pertinencia de encontrar una metodología que ofrezca la comunicación efectiva que tienen los modelos mentales, pero que al mismo tiempo se acerque a la contundencia de los modelos matemáticos. Se considera que es posible encontrar plataformas conceptuales confiables y sobre todo accesibles que se complementen con modelos matemáticos-estadísticos enfocados a encontrar soluciones más robustas.

Otra pregunta importante es si la metodología propuesta puede convertirse en una herramienta confiable para el análisis económico, así como lo es para las ciencias de la ingeniería y para las administrativas. Consideramos que esta metodología puede ser útil para el análisis microeconómico y sobre todo para el macroeconómico, donde el concepto de sistema se encuentra más arraigado. En la economía y en el ámbito empresarial existen diversos casos donde se hace difícil encontrar solu-

ciones analíticas sin el establecimiento de supuestos teóricos sofisticados y la realización de abstracciones, y en donde ensayar sobre los sistemas reales resulta ser en extremo costoso. La pregunta obligada es si existen herramientas alternativas que apoyen la toma de decisiones y que mejoren la comunicación de los problemas para proponer soluciones más adecuadas.

De igual forma es lícito preguntarse si es posible encontrar una metodología que se complemente con la teoría econométrica, en particular con el tema de los sistemas de ecuaciones simultáneas, que actualmente se encuentra en desuso por lo especialistas. Los sistemas de ecuaciones simultáneas en econometría son útiles para la descripción del comportamiento de los sistemas económicos, y son a su vez un excelente vehículo para comprender la conducta sistémica de las relaciones que se describen.

En diversas ocasiones elementos intangibles, aleatorios, insignificantes perturbaciones y decisiones elementales cambian el curso de la historia de manera permanente o, al menos por tiempos prolongados, llevando al sistema a estados completamente impredecibles, lo cual implica y conlleva a realizar cambios dentro del proceso de modelado, por lo que se hace necesario incorporar estos elementos que alteran la dirección del comportamiento del sistema.

1.5 HIPÓTESIS

Es posible encontrar una estructura metodológica, basada en la SDS que sea una alternativa para construir este puente de comunicación. Una de las opciones más atractivas se encuentra en el campo de los sistemas dinámicos, como los describe Jay W. Forrester (1961), quien establece que cualquier sistema puede ser imaginado en términos de flujos interrelacionados y acumuladores (stocks), los cuales cambian con el tiempo y en donde el establecimiento de la relación causal de manera adecuada resulta determinante para la explicación del modelo

1.6 PROPUESTA TEÓRICA

El presente trabajo es una introducción a la SDS y su aplicación en algunos modelos prototipos del análisis económico y, en menor medida, al comportamiento estratégico en los negocios. Los sistemas dinámicos

describen relaciones causa–efecto, con acumuladores (stocks) y flujos, así como de circuitos de retroalimentación. Los stocks y flujos son utilizados para la modelación de las funciones de comportamiento. De igual forma, la retroalimentación muestra los cambios en las variables endógenas ante movimientos de algunas variables (endógenas y exógenas) que son de control en un escenario de política particular. Un elemento más que permite dicha herramienta son los efectos retardados que se distribuyen a través del tiempo. Otro componente importante son las relaciones no lineales entre algunos elementos, aunque en este trabajo no se explota de manera sustancial, apareciendo solamente en la solución de la ecuación en diferencias en el modelo de equilibrio parcial.

El análisis económico pondera el enfoque analítico, aunque tiene como desventaja que el conocimiento pormenorizado del problema puede llevar a perder la visión de conjunto del mismo. Por otro lado, el enfoque sistémico analiza los fenómenos desde una perspectiva global. Sin embargo, una ventaja de los modelos de simulación dinámica es que permiten utilizar de forma complementaria los enfoques analítico y sistémico haciendo posible considerar algunas particularidades de los fenómenos desde una óptica más general.

1.7 JUSTIFICACIÓN

La investigación realizada espera, ante todo, mejorar la comprensión e incrementar el conocimiento de los sistemas dinámicos para lograr una incidencia más eficiente en ellos. De esta forma se plantea que la conjunción del pensamiento sistémico y la SDS ofrecen una plataforma clave para contribuir significativamente a mejorar la calidad de nuestros modelos mentales y darle más robustez al proceso de simulación. La SDS es una de las herramientas más populares para analizar sistemas dinámicos, dicha disciplina se ha extendido a muchos campos del conocimiento como el de la economía y el de negocios.

Si se requiere reproducir la dinámica de los modelos económicos convencionales, es necesario observar que éstos se comportan de una manera mecánica, independientemente si ellos son generales o simplificados, para lo cual se definen las relaciones básicas de sus componentes de acuerdo a ciertas hipótesis, estableciéndose las condiciones iniciales y posteriormente se analiza su comportamiento en el tiempo. Si se repite

en varias ocasiones este ejercicio, se caerá en la cuenta que el resultado presenta siempre la misma dinámica. Sin embargo, los sistemas reales no representan esta regularidad y consistencia. En muchas ocasiones, como ya se mencionó, elementos intangibles, aleatorios, insignificantes perturbaciones, y decisiones elementales cambian el curso de la historia para siempre o al menos por tiempos prolongados. Esto implica realizar cambios importantes en el proceso de modelado, es decir, se deben incorporar los elementos que determinan la evolución del sistema. Aspectos que a simple vista parecen insignificantes, en ocasiones desconocidos, cambian la fortaleza de los procesos tanto de retroalimentación negativa como de retroalimentación positiva, conduciendo al sistema a situaciones impredecibles.

1.8 ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Alcances

- Proponer el desarrollo de una herramienta que permita incorporar en el análisis económico tradicional los elementos que caracterizan a un sistema dinámico y, por supuesto, la interacción entre ellos.
- Presentar de forma esquemática el proceso de modelado por medio de la *simulación dinámica*, mediante la realización de ejercicios, con el objeto de estudiar el comportamiento del sistema ante diferentes escenarios alternativos.
- Generar diversos escenarios del sistema y los parámetros que determinan el sentido de las relaciones entre cada una de las variables no limitándose al desarrollo de las ecuaciones de comportamiento solamente.

Limitaciones

En la discusión metodológica y práctica no se plantean las propiedades analíticas de la existencia y unicidad de los equilibrios económicos que se describen. Se enfoca más bien a la exploración metodológica de la SDS y los alcances de sus resultados, por este motivo se han incorporado modelos clásicos de la economía cuyo propósito es en gran parte pedagógico. Se trata entonces de mostrar que los modelos de simulación

poseen mayor alcance por su estructura y su funcionamiento dinámico, ya que analizan el sistema no como un conjunto de hechos aislados, dentro del cual los elementos pertenecen a una red de relaciones bien determinadas y específicas

1.9 APORTACIÓN FUNDAMENTAL

la aportación principal es la de llevar esta discusión al campo de la modelación en el análisis económico, para este fin se explora su aplicación, primero en el campo de los mercados disputables, como es el caso de la telefonía celular, y posteriormente en la discusión de dos de los modelos básicos de la economía. Por el lado de la microeconomía se tiene el modelo de equilibrio parcial de oferta y demanda, mientras que por el de la macroeconomía disponemos del equilibrio en el modelo simple de determinación de la renta nacional.

Los temas expuestos en este trabajo son en general de naturaleza teórica. En esta discusión no se plantean las propiedades analíticas de la existencia y unicidad de dichos equilibrios, enfocándose a explorar la metodología y los alcances de sus resultados. En el caso del modelo macroeconómico se lleva a cabo una posterior generalización, tan sólo para mostrar la bondad y los alcances de la herramienta propuesta. Así mismo, se muestra que los modelos de simulación tienen mayor alcance por su estructura y disciplina analítica.

De igual, se busca motivar a más investigadores, con orientación pragmática, para el estudio del comportamiento de los temas que aborda el análisis económico, bajo la óptica de la SDS. De esta forma se alienta una vía prometedora para el estudio, modelación y simulación de problemas de forma holística.

Los modelos construidos con esta perspectiva, retratan de forma más general el comportamiento implícito en la estructura del sistema y obligan necesariamente a una mayor claridad de pensamiento. La ausencia de un enfoque de sistemas dinámicos sugiere que muchos de los problemas que enfrentan los analistas surgen por efectos inesperados de nuestras propias acciones. Y muchas veces las políticas implementadas para resolver esos problemas fallan o generan nuevos y mayores problemas.

CAPÍTULO 2

LA METODOLOGÍA DE LA SIMULACIÓN DINÁMICA DE SISTEMAS Y EL ANÁLISIS ECONÓMICO

Three years ago I discovered the field of system dynamics as described by Jay Forrester and I understood how deeply important was Forrester's concept that any system can be imagined in terms of interrelated flows and stocks changing over time.

James Tobin, 1981, Nobel Prize Winner for Economics

2.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se describe la técnica de simulación dinámica como herramienta de pensamiento aplicada al estudio de fenómenos económicos, y de la misma manera se presentan sus limitaciones dentro del marco de los factores dinámicos. Asimismo, se discute la teoría general del enfoque de sistemas y su conveniencia para el análisis de las fuerzas involucradas en la retroalimentación de los sistemas dinámicos.

2.2 LA SIMULACIÓN DINÁMICA COMO HERRAMIENTA DEL PENSAMIENTO

La SDS es una herramienta que permite representar y simular los comportamientos de un sistema, ya sean éstos pasados, presente y/o futuros, con el objeto proyectar y teorizar su desempeño a través de un intervalo de tiempo dado. Un sistema es una representación de la realidad, el cual una vez definido es susceptible de modelarse, plasmando en dicho modelo todas aquellas interrelaciones y variables que influyen en el comportamiento y desempeño del sistema a través del tiempo, obteniéndose de esta manera, una representación de la realidad, bajo condiciones controladas.

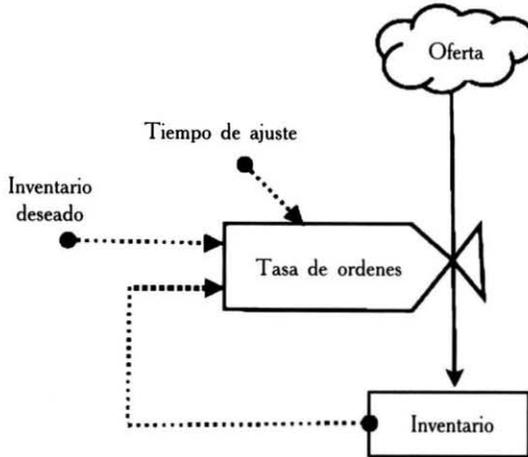
El estudio de los fenómenos que componen una realidad específica o general puede ser abordado a partir de un enfoque analítico o sistémico. El análisis económico se basa primordialmente en el primero, con la salvedad que dicho enfoque no es capaz, en ocasiones, de obtener una visión global del problema de forma adecuada. Por otro lado, el enfoque sistémico contempla una visión holística de la realidad y las interrelación entre cada una de sus partes, y sobre todo considerando la forma en que afectan cada una de las partes al todo y viceversa.

La SDS es una herramienta flexible que permite la construcción y representación de una situación en particular, incorporando la información necesaria de manera continua a través del tiempo, mediante fuentes de información provenientes de otras áreas del conocimiento, como por ejemplo, el económico. En la actualidad las herramientas computacionales (en lo referente a la SD) permiten simular y construir modelos robustos de manera eficiente y eficaz, capaces de resolver una amplia gama de problemas operacionales, de competencia, de oportunidades y amenazas, de ideación de opciones de cambio, de evaluación, de asignación y regulación, de alta complejidad, y de negociación y conflicto, pudiéndose utilizar dichos algoritmos en la evaluación y resolución de problemas dentro del ámbito económico.

La SDS se origina a partir de las ecuaciones diferenciales y las ecuaciones en diferencias (Forrester, 1968) y la finalidad de dicha técnica es la de utilizar las propiedades inherentes a dichos sistemas, para la proyección de estados futuros a partir de ciertas condiciones iniciales particulares de un sistema en cuestión. Conceptualmente existe una interrelación estrecha entre la SDS y los métodos matemáticos utilizados dentro del campo del conocimiento económico. No obstante, la SDS difiere de manera importante de los sistemas de ecuaciones diferenciales tradicionales, debido a tres razones: la primera, los intervalos de tiempo discretos son utilizados como una aproximación de un intervalo continuo para la obtención de soluciones numéricas; la segunda, pueden utilizarse una amplia gama de funciones tanto discretas como continuas; y la tercera, provee un lenguaje descriptivo de forma gráfica permitiendo el establecimiento y desarrollo de diagramas causales, como se muestra en la gráfica siguiente (simbología desarrollada en 1960 por Forrester).¹

¹ Forrester (1961).

Gráfica 2-1
Metodología



Gráfica diseñada por Forrester (1961).

2.3 LA SIMULACIÓN DINÁMICA Y LOS SISTEMAS ECONÓMICOS

Forrester (1961) planteaba que el origen de los comportamientos oscilantes reiterados suele encontrarse en los efectos inerciales o de retardos, así como en los efectos reactivos o *bucles* de retroalimentación que caracterizan a determinados sistemas, en particular a los económicos.² En nuestros días la SDS es utilizada para la obtención de una descripción acertada del objeto de estudio y alcanzar un mejor entendimiento de los sistemas sociales. Dicha metodología puede ubicarse entre los modelos puramente mentales y los analíticos, lo que ha permitido incorporar nuevas herramientas alternativas dentro del campo económico. Los modelos mentales ofrecen sistemas de información útiles sobre las relaciones entre cada una de las partes que componen el sistema, pudiéndose estimar las consecuencias dinámicas esperadas

² Forrester (1968).

mediante la utilización de técnicas cualitativas o semi-cuantitativas como puede ser la planeación prospectiva, la cual se apoya en diversas áreas del conocimiento para el desarrollo de escenarios plausibles, a partir de ciertos factores claves y posibles tendencias identificadas dentro del entorno económico, político y social. Lo anterior, sin duda conlleva un gran esfuerzo mental originando por consiguiente un consumo de tiempo excesivo; es por ello que en años recientes se han desarrollado modelos computacionales que permiten hacer más eficiente y administrar el tiempo de una mejor manera, teniéndose en cuenta que dichos modelos son simplemente una herramienta y no la solución o esquematización del problema en cuestión.

4.4 PENSAMIENTO SISTÉMICO

El primer problema en la definición de un sistema se encuentra en responder la pregunta del qué?, lo cual conduce a ubicar en el espacio-tiempo-causalidad al objeto bajo estudio. Al definir lo qué es y lo qué no es un sistema conlleva a establecer los límites del mismo (los primeros retos de la modelación es establecer las condiciones de frontera). Uno de los paradigmas para la definición del objeto de estudio es el enfoque sistémico (Churchman, 1968). Mediante él, una porción de la realidad bajo estudio se conceptúa como un sistema, en tanto que el resto pasa a ser el entorno inmediato o el ambiente total del sistema.

A partir de lo anterior, se desarrolla un proceso de interpretación de la realidad, en el que las porciones de ésta se van estructurando funcionalmente como un modelo explicativo de la misma. Las características del enfoque sistémico son tres:

- a) *Holístico*: considera todos los aspectos relevantes del objeto de estudio.
- b) *Transdisciplinario*: necesita auxiliarse de diversas disciplinas.
- c) *Dinámico*: estudia no sólo la génesis del objeto a través del desarrollo histórico, sino también sus procesos de cambio continuo.

De la misma forma podemos decir que un sistema cumple con tres condiciones a saber:

- 1) Los elementos del sistema se encuentran interrelacionados entre sí.
- 2) El comportamiento de cada elemento afecta el comportamiento del todo.
- 3) La forma en que el desempeño de cada elemento afecta el comportamiento del todo, depende, al menos, de uno de los demás elementos.

Es importante recalcar que los sistemas no existen en forma aislada, sino que conforman una jerarquía sistémica. Todo sistema es parte de un sistema mayor, que lo comprende y que se denomina *suprasistema*, y a su vez, comprende como elementos a sistemas menores que constituyen *subsistemas*. Dentro del método de los sistemas los objetos pueden ser contruidos mediante el *método inductivo* o mediante el *método deductivo por funciones*. El *método inductivo*, parte de la identificación de los componentes que integran el objeto y sus relaciones hasta construir el sistema. Dentro del *método deductivo por funciones*, primeramente se define la razón de ser del sistema, posteriormente se trazan los límites de éste partiendo de la noción general hacia sus componentes, y finalmente se definen las funciones y relaciones que cumplan con la razón de ser del sistema.

Mediante el pensamiento sistémico es posible comprender las relaciones entre cada uno de los componentes que conforman un sistema dinámico en particular, desde una perspectiva global. Dentro del entorno actual en los ámbitos social, político y económico, se hace necesario la integración de metodologías tanto suaves como duras que conlleven a obtener un entendimiento mucho mayor, sobre los fenómenos que se desarrollan en la actualidad, comprendiendo su pasado y proyectando su futuro; con la finalidad de obtener información valiosa sobre los posibles cursos de acción que puedan tomar un evento en cuestión. Es por ello que se ha decidido la integración de la SDS dentro de la valuación de las relaciones económicas, en lo referente *al equilibrio de mercado y la renta nacional*, las cuales serán valuadas mediante dicha técnica, con el afán de aplicar de manera práctica y sencilla la metodología propuesta.

La complejidad que caracteriza a la sociedad actual provocada por el cambio tecnológico, en donde los ciclos de vida de las nuevas tecnologías tienden a acortarse cada vez más, aunado a la incesante actividad económica dentro de un mercado globalizado, hace necesario

mantener una actitud crítica y reflexiva ante la realidad mediante una adecuada reexaminación y comprensión de ésta, valuando de manera acertada los peligros y beneficios potenciales derivados de las realidades actuales mediante el uso de la prospección de manera efectiva. La exploración del futuro probable de manera acertada permite la mitigación de consecuencias, la reducción de riesgos y, sobre todo, el desarrollo de un sistema económico sostenible y viable, analizando cuidadosamente todos y cada uno de los componentes (tanto internos como externos) que conforman el sistema; mediante la modelación, la simulación y la comprensión de nuevas y posibles realidades, con miras a prepararse ante un futuro incierto pero plausible.

La SDS apoyada en la escuela del pensamiento sistémico se encuentra orientada en esa dirección, desde Forrester hasta Sterman, cuya contribución a este marco de análisis es fundamental.³

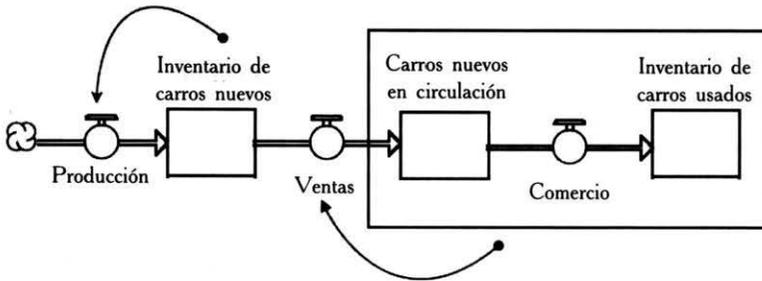
La perspectiva teórica anterior recupera la habilidad de observar el mundo como un sistema, donde todos los elementos que lo componen están conectados de diversas formas y maneras. Dicha habilidad puede convertirse en una mejor comprensión del funcionamiento de los elementos que componen a una realidad en particular, pudiéndose analizar desde un pequeño negocio hasta una economía nacional. La SDC se soporta en estructuras no lineales y en la teoría del control, en el presente trabajo se discute el empleo de dicha herramienta mediante el apoyo de la computación, minimizando el problema analítico-matemático y enfocándose de manera práctica a la modelación, solución y simulación de algunos problemas económicos.

La modelación de sistemas dinámicos consiste en definir y representar el proceso de retroalimentación, la estructura de flujos, stocks, retardos, circularidades y relaciones no-lineales que determinan la dinámica del sistema, siendo importante mencionar que la complejidad de los sistemas está dada por la interacción de sus componentes y no por sus elementos. Por ejemplo, se tiene el problema de manejo de inventarios, el cual resulta ser común en la industria automotriz, en la Gráfica 2.2 se muestra la complejidad de un sistema de ventas de automóviles y la dificultad que representa para las organizaciones el solucionar este tipo de problema, con herramientas usuales como la *fijación de precios*.

³ Sterman (2000).

Gráfica 2-2

La Modelación Dinámica en un problema típico de manejo y administración de inventarios



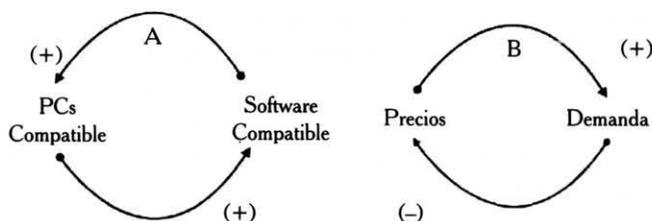
Gráfica tomada de Sterman, (2000).

La dinámica se desarrolla por la interacción de dos tipos de circuitos de retroalimentación, la positiva (*self-reinforcing*) y la negativa (*self-correcting*). Existen básicamente dos tipos de sistemas: aquellos que poseen una retroalimentación positiva y los que poseen una retroalimentación negativa. La primera clase de sistemas, son quienes se van auto-reforzando, si la fuerza de un componente se refuerza las demás se comportan de igual forma y viceversa. Estos sistemas deben ser estrictamente controlados desde el exterior, de lo contrario son capaces de ocasionar su propia destrucción. Los de retroalimentación negativa son sistemas activos ya autorregulados y poseen una fuerza interna hacia el balance y la utilización de la energía en forma continua. El incremento en una parte del sistema produce un decremento en otra. Los sistemas autorregulados tienden generalmente hacia el equilibrio (es decir se encuentran oscilando a través del tiempo). Por ejemplo, el mercado del tabaco se encuentra sujeto a una caída irremediable debido a que se encuentra inmerso en un circuito de retroalimentación positiva, ya que todos los elementos que intervienen en el mercado refuerzan su disminución de forma constante, y las fuerzas que tratan de corregir dicha tendencia (publicidad) no son suficientes para amortiguar o revertir la situación. Otro ejemplo factible, lo podemos observar dentro del ambiente microeconómico en mercados con estructuras competitivas. Si una firma disminuye el precio de sus productos y servicios, con el

objeto de alcanzar mayor participación de mercado, los competidores directos actuarán de la misma forma, abaratando, aún más el precio del bien y dando a lugar a lo que comúnmente se conoce como *guerra de precios* en el argot comercial.

De igual forma se tiene que dentro de la fabricación de computadoras, mientras mayor sea la base instalada, más atractiva será la inversión por parte de los desarrolladores de programas que buscan la ampliación de su mercados (software). Sucede lo mismo con los consumidores que buscan sistemas compatibles con la mayoría de los paquetes disponibles (software). Entonces, lo anterior conlleva a que cada vez que se comercializa una computadora, se amplía la base instalada. En la Gráfica 2.3, se representan de forma conceptual los diagramas causales (básicos) correspondientes a los ejemplos de la fabricación de computadoras y a la guerra de precios.

Gráfica 2-3
Diagramas causales



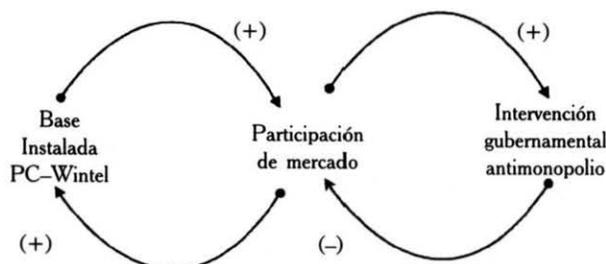
Elaboración propia.

Los circuitos negativos contrarrestan el cambio, entre mayor sea el precio de un bien menor será su demanda y por consiguiente mayor su oferta, lo que originará un acumulación del inventario, ocasionando una caída en los precios para eliminar el inventario excedente (ley de la oferta y la demanda).

Todos los sistemas, simples o complejos y de naturaleza diversa, pueden definirse mediante un conjunto de redes de procesos de retroalimentación positiva y negativa. Ahora bien, si se toma nuevamente como ejemplo el caso de hardware, se puede observar la interacción entre ambos ciclos si se supone que una entidad exterior obliga a ceder su participación en el mercado a otras empresas (véase Gráfica 2.4)

Gráfica 2-4

Interacción entre dos ciclos suponiendo que se obliga a ceder participación del mercado a otras empresas



Elaboración propia.

Mediante el uso del razonamiento antes mencionado es posible describir un sistema como un conjunto de lazos o relaciones causales. Esta descripción, es una forma efectiva para clarificar la dinámica y la interacción del sistema dentro de un análisis de escenarios. La utilización de la metodología antes enunciada, hace posible identificar las debilidades, los factores clave, los escenarios alternativos, etcétera, involucrados en una situación. Existen algunas reglas que se deben tener en cuenta al trabajar con lazos o relaciones causales, como son:

- Se debe tratar de dar una descripción cuantitativa a todas las variables involucradas en el proceso o situación (tiempo, costo, etc.).
- Identificar todas las variables de forma positiva (no necesariamente, pero facilita el proceso).
- Las interrelaciones entre cada una de las variables deben ser explicadas de forma coherente.
- Cerrar todos los lazos causales.

Lo anterior, permite la conformación del sistema mediante un modelo compuesto por una serie de circuitos, en donde se especifican las interacciones y las relaciones de causalidad entre cada lazo, involucrando de la misma manera los rezagos, los choques aleatorios, la linealidad (o no linealidad), entre otros. Es por ello, y teniendo en mente lo

antes mencionado, que en ocasiones dicho tipos de sistemas (debido a la naturaleza de los mismos) resultan difíciles de conceptualizar, sobre todo cuando existe una cantidad considerable de elementos y variables, por lo cual se hace necesario la utilización de herramientas computacionales para simular representar, estudiar y deducir adecuadamente su comportamiento.⁴

2.5 RESUMEN

El enfoque económico tradicionalmente utiliza relaciones causales entre las variables para describir determinados comportamientos. El enfoque de la SD, considera las relaciones sistémicas entre los objetos, así como las relaciones de retroalimentación con sus interacciones, contempla de igual manera los impactos distribuidos en el tiempo y las relaciones causa–efecto (no–lineales) involucradas en el proceso. Dicho enfoque provee una visión analítica y descriptiva para el estudio de problemas económicos, sin embargo, en la actualidad dicha herramienta ha tenido una escasa aplicación para tal fin.

⁴ Para una excelente explicación de la naturaleza de los SD puede consultarse Sterman (2000, capítulos 1 y 4).

CAPÍTULO 3

LA RETROALIMENTACIÓN POSITIVA Y EL CONCEPTO ECONÓMICO DE LOS RENDIMIENTOS CRECIENTES

The frontiers of physical science and technology commanded attention during the last two centuries. In the next century lies the frontier of better understanding of the behavior of social and economic systems.

J. W. Forrester

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se explora los efectos de la retroalimentación positiva sobre el comportamiento de los sistemas dinámicos y su interpretación en el análisis económico y su relación con el concepto económico de los *rendimientos crecientes*. De igual forma, se examina un modelo que describe un sistema competitivo compuesto de tres actores principales, cuyo propósito es el de simular la naturaleza de éste realizando un análisis de sensibilidad mediante aplicaciones concretas en contextos específicos.

3.2 LA RETROALIMENTACIÓN POSITIVA EN EL PENSAMIENTO ECONÓMICO

De acuerdo con los economistas, el estudio de los fenómenos económicos se inicia definiendo un conjunto de relaciones básicas entre los agentes de acuerdo a ciertas hipótesis teóricas, referidas a las relaciones de comportamiento entre los componentes que integran el objeto de estudio. Posteriormente, se establecen las condiciones iniciales y los límites del sistema; una vez establecido el conjunto de funciones y relaciones de causalidad, se procede a su validación analizando su comportamiento en

función del tiempo bajo condiciones controladas.⁵ Sin embargo, en la práctica los sistemas presentes en el mundo cotidiano no se comportan de la misma manera, esto es debido a que en diversas ocasiones una amplia gama de elementos aleatorios, perturbaciones iniciales y decisiones elementales generan que los eventos desemboquen en resultados diametralmente opuestos a los esperados; por lo que resulta de especial importancia la identificación y jerarquización de manera efectiva de todos aquellos elementos que inciden en el comportamiento y dirección del objeto. Lo anterior se realiza con el afán de describir y visualizar de una mejor forma, las diferentes interrelaciones entre cada una de los elementos que componen el sistema en cuestión, y la manera en que dichas acciones y reacciones afectan el comportamiento del todo, como puede observarse en la Gráfica 3.1, donde se describe el fenómeno de la dinámica poblacional.

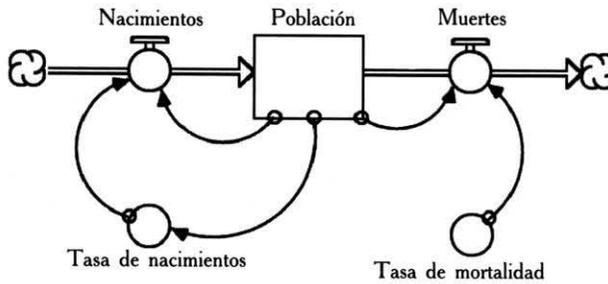
Retomando lo antes mencionado en el capítulo anterior, un proceso de retroalimentación es negativo cuando la modificación de un componente conduce a otros elementos a responder ante una situación en cuestión, contrarrestando de una forma o de otra el cambio inicial dentro del sistema. Por ejemplo: la migración de personas de México a Estados Unidos ha producido un incremento impresionante de las remesas hacia ciertas localidades de la República Mexicana, impulsando su crecimiento y desarrollo, aumentando así las oportunidades de empleo a los pobladores que permanecen en la localidad y frenando el éxodo de esas comunidades, aunque sea de una forma momentánea. El ejemplo anterior describe de manera puntual un proceso de retroalimentación negativa. Dicho mecanismo de compensación, es esgrimido frecuentemente para ilustrar la tendencia que conduce a los estados de equilibrio en los modelos convencionales utilizados en la lógica de la teoría económica. En particular el que describe el modelo de Oferta y Demanda (véase la Gráfica 3-2).

En contraste en un proceso de retroalimentación positiva, la modificación inicial dentro del sistema conduce a cambios que refuerzan al componente que originó el proceso, dando a lugar a un nuevo movi-

⁵ Los pioneros de este pensamiento son los economistas considerados clásicos: Adam Smith, J. B. Say, David Ricardo, John Stuart Mill y Thomas Malthus, entre otros (1770s-1870s). A partir de los 1870 con Alfred Marshal se inicia el pensamiento neoclásico con un marco matemático-analítico para respaldar sus teorías.

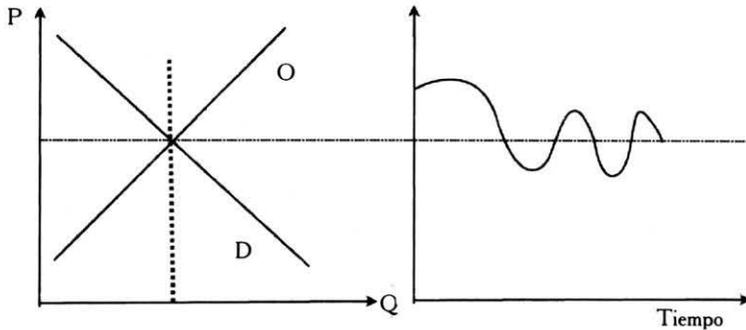
miento en la misma dirección que permite amplificar las consecuencias resultantes del empuje inicial.

Gráfica 3-1
Descripción de la dinámica poblacional



Elaboración propia.

Gráfica 3-2
Modelo de oferta y demanda



Elaboración propia.

Para la ejemplificación de los sistemas de retroalimentación positiva, se puede utilizar de igual forma el ejemplo de la migración de los trabajadores rurales en México, los cuales, se han trasladado desde distintas provincias hacia la Ciudad de México, dicho proceso se ha dado de manera más o menos constante desde finales de los años 60. Este exceso de trabajadores es un atractivo para las empresas necesitadas de

mano de obra, las cuales efectúan fuertes inversiones en infraestructura con el objeto de ampliar y diversificar las unidades de negocio, produciendo una atracción y captación de nuevos trabajadores.

3.3 RETROALIMENTACIÓN POSITIVA VS RETROALIMENTACIÓN NEGATIVA

Brian Arthur, arguye que las empresas que inicialmente ocupan un espacio geográfico dentro de un nicho de mercado, serán las que en primera instancia satisfagan la demanda regional y las que posean mayor probabilidad de generar beneficios extraordinarios, logrando así, establecer una cantidad mucho mayor de unidades de negocio con miras a la extensión de sus operaciones a otras zonas geográficas.⁶ Empresas como McCormick, General Food y Dupont, pioneras en diversas ramas de la industria y la agricultura, aún permanecen como líderes en un sinnúmero de campos. Por ejemplo, la empresa John Deere, fue una de las primeras en incorporar innovaciones a las herramientas utilizadas en el cultivo de tierras, y actualmente sigue ocupando un lugar prominente en la construcción de maquinaria agrícola.

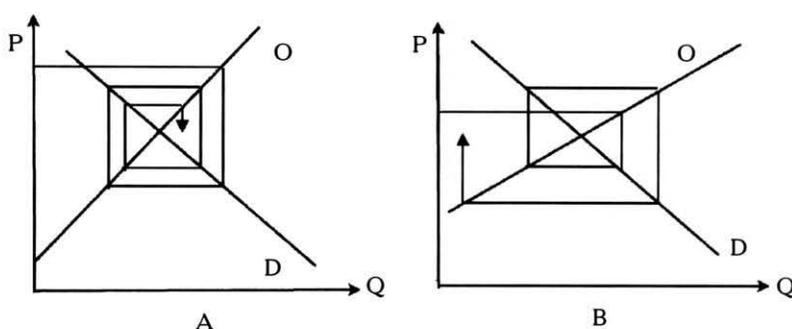
Como se mencionó con anterioridad, la retroalimentación negativa (RN) tiende a contrarrestar las fuerzas y conducir al sistema a una situación de estabilidad. La demanda y la oferta se compensan o fluctúan alrededor del punto de equilibrio debido a los ajustes rezagados en la esfera de la producción o del consumo (según sea la fuerza que domine en un momento determinado). Un elemento de RN puede ser explicado, si la elasticidad de la demanda es menor que la de la oferta, es decir, el mercado actúa con un rezago respecto a la oferta, el cual crece hasta alcanzar un estado estable (véase Gráfica 3-3, panel A)

En contraste y como se puede observar en el panel B de la misma gráfica, la diferencia en la elasticidad determina la pendiente de las funciones de comportamiento, la RP tiende a amplificar los disturbios alejando al sistema del equilibrio. Cabe mencionar que dicho proceso de retroalimentación se percibe de manera distinta entre las escuelas que conforman el pensamiento económico. Por ejemplo, la teoría económica neoclásica se agita cuando las fuerzas de mercado generan una RN

⁶ Arthur (1990).

capaz de conducir a un estado de equilibrio. Si aumentan los precios se produce una baja en la demanda, tanto los precios y la demanda iniciarán un proceso de recuperación tendiéndose a corregir el disturbio inicial.

Gráfica 3-3
Diferencias en las elasticidades



Elaboración propia.

Evidentemente la mayoría de sistemas están compuestos por ambos procesos (RN y RP). Por ejemplo, la dinámica de población, entre más nacimientos ocurran dentro de una población rural la población crecerá más rápidamente (RP), ahora bien, si los recursos (tierra) son limitados, la presión por su posesión aumenta incrementando así la preocupación de las familias por la expectativa de bienestar a largo plazo tendiéndose a reducir la tasa de nacimientos. De igual manera, existen otros elementos que complican el estudio de los procesos de retroalimentación como son las relaciones no lineales entre los componentes. Estas relaciones no proporcionales dificultan la apreciación de las dimensiones de los procesos y de sus iteraciones, así como el de sus efectos. Muchos de estos procesos no lineales exhiben comportamientos complejos, siendo algunos de éstos completamente aleatorios y caóticos.

Debido a la tendencia por mantener estados de equilibrio dentro de los sistemas económicos, los economistas se han enfocado a estudiar y a veces a forzar (con formulaciones hipotéticas) procesos de retroa-

limentación negativa. Arthur (1994)⁷ describe la influencia vital de la RP en la economía rompiendo con la tradición, la cual subyace bajo el criterio de la *Ley de Rendimientos Decrecientes* (piedra angular de la RN en la teoría convencional de los sistemas económicos). Para Arthur, las RP se han convertido en fuerzas importantes dentro de la *nueva economía*, ellas determinan de una forma o de otra el surgimiento del diseño dominante y la imposición de nuevos estándares dentro de una economía globalizada, etapa que se caracteriza por un alto grado de incertidumbre técnica, con un sentido de urgencia, conducido por un incremento en la complejidad de los sistemas tecnológicos y por los cortos ciclos de vida de los productos existentes en el mercado. Esta etapa se encuentra marcada típicamente por el frecuente cambio de productos por parte de las empresas que compiten por el desarrollo del diseño dominante. La base de la competencia se centra tanto en la funcionalidad del producto y en el hecho de que éste posea la flexibilidad necesaria para la realización de cambios de diseño en forma rápida y eficaz. La Investigación y el Desarrollo generalmente no se encuentran bien determinados, esto es debido al constante cambio de las especificaciones técnicas del producto. La cantidad de competidores que salen del mercado generalmente es pequeña, ya que éstos tienden a incrementar sus esfuerzos por la captación del mercado disponible o alcanzable. La etapa termina cuando aparece el diseño dominante.

Arthur (1989), toma como ejemplo el caso de las Video-Caseteras (VCR) con el objeto de ilustrar el rol que desempeñan las fuerzas de RP dentro de la carrera tecnológica. La industria de las VCR inició con dos diferentes formatos de forma simultánea, VHS y Beta. Ambos proyectos tenían un respaldo tecnológico igualmente fuerte y cualquiera de éstos pudo surgir como un producto estándar y convertirse en el diseño dominante. Nadie, ni los especialistas más experimentados podrían anticipar el resultado de dicha competencia. Lo anterior provocó ciertos problemas de planeación en muchos de los agentes involucrados (como las empresas de bienes complementarios —cine y televisión— ante la incertidumbre tecnológica sobre el formato a adoptar), los cuales trataban de reducir los riesgos y los costos de adopción, con la finalidad de maximizar las utilidades y reducir las pérdidas dentro del negocio.

⁷ Este artículo citado anteriormente, es uno de los trabajos más comentados y referenciados cuando se aborda el tema de los procesos de RP en la economía.

El desarrollo de eficientes y acertadas estrategias corporativas y la ocurrencia de ciertos elementos *aleatorios* permitieron apuntalar al formato VHS como el diseño dominante, llevándolo a dominar el mercado en los años ochenta del siglo pasado.

3.3.1 Modelo de la industria de telefonía móvil en México, un ejemplo de la presencia de las fuerzas de RP

La industria de la telefonía celular posee una historia de casi dos décadas, y en la actualidad resulta ser un mercado en constante expansión impulsado por el motor del desarrollo tecnológico, así como por un conjunto de decisiones y estrategias que han sabido aprovechar la fuerte presencia de fuerzas de RP. El resultado de dicha competencia no ha resultado alentador para los participantes, situación en la cual los elementos de RP han favorecido a Telcel como una empresa dominante, en donde hasta el año 2006 poseía 78% de los suscriptores (de 50 millones de usuarios), mientras que sus competidores más cercanos se disputaban el porcentaje restante (Telefónica 13.7% y Iusacel–Unefon 7%).⁸ Si a lo anterior agregamos que dicha empresa es propietaria de una parte importante de la infraestructura existente, en lo referente a las telecomunicaciones, resulta difícil competir de forma directa contra ella. En 1990 Iusacel fue la primera empresa en ofrecer telefonía celular, aunque se podría hablar de un inicio casi simultáneo con Telcel. Dichas empresas tuvieron en un principio una participación de mercado muy semejante, 45% para Iusacel y 55% para Telcel. Desde los primeros años de competencia Telcel aprovechó la economía de Red, al proyectar y construir una cobertura nacional, lo que significó una facturación adicional por los servicios de *roaming* e ingresos extra por conceptos de interconexión así como servicios de larga distancia.

Los primeros cinco años fueron decisivos para Iusacel ya que introdujo el sistema de *leasing* para los contratos de largo plazo, sin embargo la crisis de 1995 asestó un importante desequilibrio a la organización, ya que una parte importante de esa base de clientes cayó en cartera vencida, ocasionándole problemas financieros importantes. Con el fin

⁸ The Competitive Intelligence Unit on behalf of Ernesto Piedras. Balance 2006: Telecomunicaciones Móviles.

de reponerse a las pérdidas sufridas por la organización, ésta se orientó completamente al servicio a sus clientes estableciendo centros de servicio y soporte, tratando de competir de forma más eficiente con Telcel, quien para fines de 1994 ya tenía 66% del mercado (300 mil usuarios), contra 34% (195 mil usuarios) de Iusacell.⁹ Sin embargo, esta última se estancó en el desarrollo y operación del formato de pospago, mientras que Telcel reforzó con su sistema *amigo* el formato prepago ampliando aún más su base de clientes.

En 1999 la industria recibió un estímulo importante al decretarse el formato de “el que llama paga”, beneficiando de manera importante a Telcel. Aunque Iusacell finalmente cambió su estrategia e impulsó sus formato de prepago con la tarjeta Viva, su entrada al mercado fue demasiado tarde. Para finales de 2002, incursionó otro operador telefónico dentro del ámbito nacional, Telefónica (Movistar). Para ese año Telcel poseía una base instalada de clientes de más de 20 millones, de igual manera Telefónica contaba con un total de de 2.5 millones de usuarios y Iusacel con 2.2 millones de clientes. Como se puede observar, la existencia de elementos de RP y su combinación con estrategias para el desarrollo de ventajas competitivas permiten la obtención de resultados favorables en el campo de la rentabilidad y la expansión dentro de las economías a escala. De esta forma se llega al año 2006 con una industria concentrada en un solo jugador (Telcel) que posee alrededor de 44 millones de usuarios, que son en su mayoría, clientes de prepago (93%). Es importante mencionar que Movistar incursiona al mercado como una empresa consolidada y con un gran respaldo financiero, compitiendo de manera diversa en diferentes mercados y encontrándose en la actualidad en un proceso de ampliación respecto a su base instalada de clientes y desarrollando nuevas estrategias y ventajas competitivas que permitan obtener un crecimiento importante a futuro, y sobre todo en la incorporación de nuevas y mejores tecnologías que permitan el revertimiento de la situación ante la competencia.

En 1990 tanto Iusacel como Telcel, contaban con tecnologías similares y su participación dentro del mercado resultaba ser casi equitativa. Sin embargo, la concentración del negocio por parte de uno de los operadores fue el resultado de ciertas condiciones particulares de mer-

⁹ Calvet y Barber (2002).

cado, así como del desarrollo de ciertas fuerzas de RP y de estrategias adecuadas para la consecución de metas y objetivos específicos, dando lugar a las condiciones actuales de mercado y competencia. Cabe recalcar, que el desarrollo de dichos mecanismos de competencia pudieron actuar o ser desarrollados por cualquiera de los competidores, si sus estrategias hubiesen sido compatibles con los elementos RP.

A continuación se presenta un modelo de SD que permite expresar estructuralmente este tipo de competencia. Se toma como referencia el ejemplo que presenta Hannon y Ruth (1994).¹⁰ Sin embargo, el modelo ha sido ampliado a tres empresas y se agrega un análisis comparativo con elementos de RN.

3.3.2 El modelo

Supóngase tres empresas: Telcel, Iusacell y Movistar, empeñadas de forma independiente en la dominación del mercado. Al principio, cada una de las empresas cuenta con el mismo número de clientes y son libres de ajustar su nivel de producción en cada unidad de tiempo.

Las variables principales son:

PM1: $\text{Telcel}/\text{Total}$ (3.1)

Participación de mercado de la empresa 1.

PM 2: Iusa/Total (3.2)

Participación de mercado de la empresa 2.

PM 3: Movi/Total (3.3)

Participación de mercado de la empresa 3.

Total = $\text{Telcel} + \text{Iusa} + \text{Movi}$ (3.4)

La suma de estas empresas determina el total de la industria: Total.

Donde:

Telcel: representa el número de clientes de la empresa 1.

Iusa: representa el número de clientes de la empresa 2.

¹⁰ Matthias y Hannon (1997: 76–81).

Movi: representa el número de clientes de la empresa 3.

Otras variables que intervienen son las que definen la acumulación de la base instalada de clientes:

Atelcel: define la base de clientes acumulada de la empresa 1.

Alusa: define la base de clientes acumulada de la empresa 2.

Amovi: define la base de clientes acumulada de la empresa 3.

Dentro del modelo se supone que las empresas ganan experiencia, eficiencia y explotan las economías de red conforme la base instalada de clientes aumenta. Como consecuencia de lo anterior, se reduce el costo unitario asociado, originando una mayor capacidad de competencia con un mejor servicio, precios bajos y promociones, aumentando de forma importante el capital para innovación, (véase la Gráfica 3-4 mecanismos de transmisión de fuerzas RP). El modelo planteado en el presente capítulo se ha simplificado mediante dos consideraciones a saber: la primera, a medida que se acumula el bien o servicio, este reduce su costo o precio; la segunda, la reducción de precio aumenta la atracción de consumidores.

Se supondrá que las tres empresas poseen los mismos mecanismos (que no es un supuesto fuerte en esta industria). Siempre que existan influencias aleatorias y elementos desconocidos que influyan en el comportamiento del mercado, dicho fenómeno será representado con la siguiente variable aleatoria normal.

La forma de introducir este elemento aleatorio se realiza de la siguiente manera:

Sea e una variable aleatoria uniforme:

$$e \approx (0,1) \quad (3.5)$$

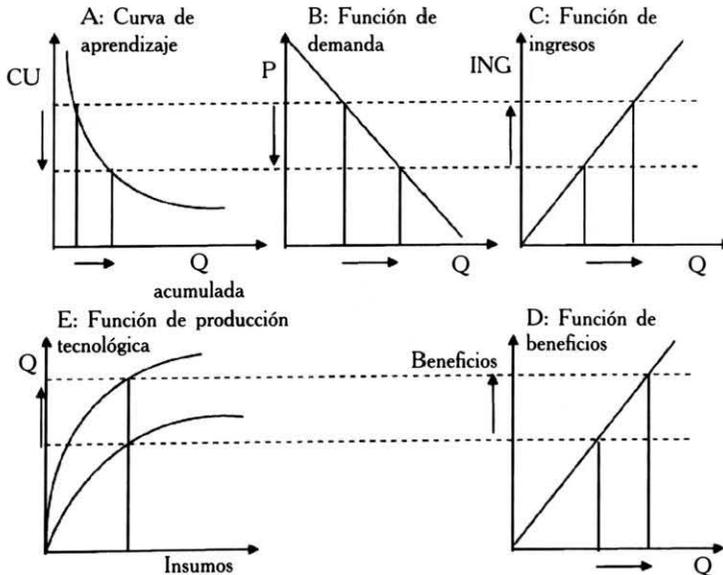
Si $PM_i > e_i$, indicará que el mercado está apreciando el producto, y que la empresa tiene la oportunidad de aprovechar elementos de RP, de tal manera que se incrementará la producción por arriba del nivel previo. Por el contrario si, $PM_i < e_i$, la producción se mantendrá estable, el nuevo nivel de Q será el nivel de producción anterior ($i=1,2,3$). Esta simple regla puede capturar de manera eficiente los elementos de RP. Mientras mayor sea la participación dentro del mercado para

alguna de las empresas, aumentaran las probabilidades que la PMi sea mayor que el elemento aleatorio, y consecuentemente se incrementará la producción por medio del factor F_i , es decir:

$$\text{Si } PM_i > e_i \Rightarrow Q_t = Q_{t-1} * (1 + F_i), \text{ de lo contrario } Q_{t-1}. \quad (3.6)$$

Si esto ocurriese, se acumulará la producción a una mayor velocidad, reduciéndose el costo unitario (de acuerdo a la curva de aprendizaje) obteniéndose así, mayores beneficios a costos y precios menores, que aumentarán de manera importante el nivel de atracción para el consumidor. Cabe destacar que los resultados del modelo no pueden obtenerse a *priori* ya que son completamente aleatorios. Aún si se pensase que alguna de las empresas en competencia iniciase con una participación mayor dentro del mercado, nada asegura que seguirá con dicho patrón a través de un periodo de tiempo determinado.

Gráfica 3-4
Mecanismo de transmisión de las fuerzas de RP

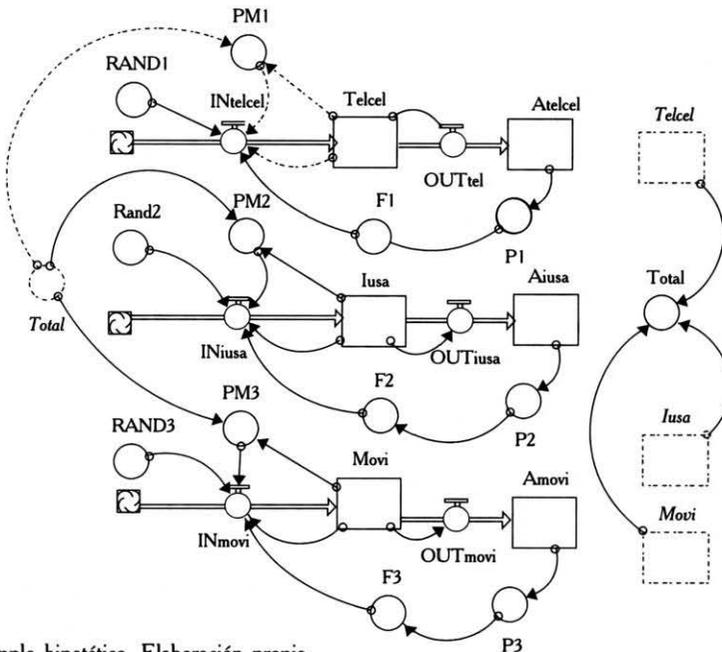


Elaboración propia.

El ejemplo presentado, aunque resulta ser hipotético para fines didácticos, la estructura de ecuaciones y las gráficas planteadas reproducen de forma acertada la dinámica de los mercados actuales, en donde la competencia resulta ser en extremo cerrada. En la Gráfica 3-5 se observan los efectos de circularidad derivados de la aleatoriedad del método, así como la influencia que ejercen los elementos de RP.

Gráfica 3-5

Modelo de Simulación Dinámica para el mercado de telefonía celular



Ejemplo hipotético. Elaboración propia.

Es importante mencionar que en algún punto a través del tiempo las trayectorias cambian de manera abrupta. Lo anterior resulta cierto si y sólo si, las organizaciones involucradas continúan con los mismos patrones de conducta, sin embargo, y debido al dinamismo de los mercados, las firmas involucradas pueden adoptar una serie de estrategias para revertir la situación. Debe considerarse además que en la actualidad la competencia se basa en las preferencias y en la percepción del valor por parte del consumidor, teniendo como consecuencias el creciente surgimiento de los negocios orientados al mercado y la adopción de los esfuerzos de marketing para la creación de necesidades, sujetos a

intereses sociales de diversos grupos (Pires y Aisbett, 2003). Las preferencias de los consumidores resultan fundamentales en la adopción de nuevas tecnologías, ya que el valor del producto depende del número de personas que lo utilizan. La elección de un producto por parte de los consumidores es lo que convierte a éste en un diseño dominante; inevitablemente la introducción de una nueva tecnología cambia la estructura del mercado, en donde el marketing juega un factor decisivo en el proceso de difusión (Tse, 2002).

Las estrategias de mercado juegan un papel relevante dentro de la adopción tecnológica, las cuales pueden ser: desarrollo de productos, desarrollo de mercado e interrelación de las estrategias de administración. Para ello se requiere de cierta información previa como puede ser: conocimientos de la implementación (factores que impactan y la dirección y naturaleza de los factores de influencia); inteligencia de mercado (compras y preferencias de los consumidores, estrategias y actividades de la competencia, influencias internas y externas del mercado, acciones y regulaciones gubernamentales y tendencias de la economía); y finalmente, el aprendizaje organizacional (fortalezas y debilidad de la firma, recursos y capacidades, éxitos, fracasos, experiencias pasadas y valores así como objetivos organizacionales).

De igual manera, dentro del moderno desarrollo económico, se subraya el rol de la tecnología y de las trayectorias de crecimiento dentro y fuera de las organizaciones. La adopción de la innovación depende de la comparación de los rendimientos esperados y posibles, así como el costo de oportunidad en la adquisición (Karp y Lee, 2001). Generalmente, la literatura relacionada sobre la adopción tecnológica se refiere y se enfoca sobre los costos de adopción, ésta a su vez, se encuentra llena de ejemplos abruptos de transiciones tecnológicas. Las nuevas tecnologías, en ocasiones, no resultan ser sustitutos perfectos de las tecnologías en uso, las cuales (nuevas tecnologías) requieren de una inversión sustancialmente grande para sufragar los costos de adopción, entre los que se incluyen: el aprendizaje, desarrollo de habilidades, implementación de nuevas formas de organización y el desarrollo e inversiones complementarias (Bessen, 2001). Algunos autores, se han enfocado de igual forma en los efectos ocasionados por la adopción y la entrada de las nuevas tecnologías, además de los factores políticos y sociales inmersos en el entorno competitivo y los ciclos de vida tecnológicos.

El costo de implementación resulta estratégicamente importante por diversos motivos, como pueden ser: a) permite un desarrollo eficiente del proceso que redundará en la obtención de ventajas y estrategias competitivas de una forma rápida y eficiente; b) menores costos implican la obtención de una mayor flexibilidad en el desarrollo de los proyectos; c) resulta ser un proceso eficiente, es un factor crítico de éxito para la innovación, es decir, la efectividad utilizada como parámetro permite la obtención de beneficios como el abatimiento de costos fijos y de producción, así como la creación de nuevas y mejores ventajas sobre la competencia, que permiten a su vez una diferenciación sobre ésta.

Dentro de la adopción de una nueva tecnología, se debe tener de forma anticipada una idea clara de los beneficios de ésta. Entre algunos de los beneficios podemos encontrar: ahorros en los costos fijos, aumento de la eficiencia, aumento en la flexibilidad, mejoras en la calidad del producto y/o servicio, etcétera. Entre algunas de las variables que afectan negativamente el proceso de adopción encontramos: los costos de inversión (altos precios de la tecnología, restricciones de liquidez, costos asociados, etcétera), restricciones de capital humano, incertidumbre en el desempeño de la adopción, la capacidad estratégica de administración tecnológica y las interfases de comunicación y la compatibilidad con los otros componentes dentro de la firma. A su vez surgen otro tipo de problemas en relación con las capacidades de absorción de las compañías, como son la necesidad del capital humano idóneo con los costos que ello implica.

El cabal entendimiento de la importancia y de la relación que guardan tanto los costos (mantenimiento, aprendizaje, etcétera) y los beneficios en la inversión tecnológica, resulta ser crucial para el desarrollo de políticas y estrategias orientadas a la producción de bienes y servicios que afecten de forma positiva la utilidad proyectada o esperada. Al realizar una adopción o encontrarse en vías de ésta, el interesado generalmente efectúa un análisis costo-beneficio de acuerdo a las expectativas desarrolladas por la incorporación tecnológica, las características, la calidad, los posibles rendimientos a obtener y beneficios de la tecnología; todos ellos incentivan a los posibles clientes al acogimiento de la tecnología, pero así mismo, los costos de inversión asociados (costos de aprendizaje, de reestructuración, actualización, etcétera), la disponibilidad de capital de inversión y una exhaustiva comparación asociada a los rendimientos actuales y probables, conllevan

a la introducción de un ambiente de incertidumbre (técnica, financiera, etcétera) en dicha adopción, bajo el concepto de irreversibilidad de las acciones y decisiones. Siendo por ello que una cantidad grande de organizaciones optan por el retraso de la adquisición o incorporación de la innovación.

En relación a lo anterior, la inversión en nuevas tecnologías, puede acarrear costos sustanciales en la inversión inicial en la fuerza laboral, lo que puede inducir a la resistencia de la adopción. La resistencia al cambio tecnológico puede ser explicada mediante tres factores: el primero, un obstáculo relevante para la adopción tecnológica, resultan ser los grandes esfuerzos que se ven involucrados para la obtención del consenso y del soporte necesario para el cambio en las políticas de resistencias al cambio; el segundo, los sindicatos juegan un papel esencial dentro de las adopciones tecnológicas, ya que en diversas ocasiones se resisten a reducción de costos en miras a una reducción de personal; y el tercero, las leyes y regulaciones que no permiten la mejora tecnológica (Canton *et al.*, 2002).

Dentro de la adopción de activos, las mejoras tecnológicas tienen especial importancia. Tales decisiones poseen un mayor impacto a corto plazo en la base de la estructura, debido, por lo menos, a dos razones: primero, a menudo dichos activos involucran una inversión sustancial de capital, ya que el costo asociado del cambio de la tecnología actual a otra, implica un coste en los cambios requeridos para su implementación (capacitación, maquinaria, equipo, herramientas, métodos de producción, etcétera); y segundo, a que la decisión de la adopción determina a largo plazo los costos de producción de los bienes y/o servicios (Chambers, 2004). Lo anterior conlleva a que la tecnología y la relatividad de los precios interactúan con cada una de las variables de salida a todos los niveles, como pueden ser: costos totales promedio y los factores totales de productividad, etcétera, lo cual conduce al establecimiento de efectos compuestos dentro de la adopción tecnológica.

Otros factores que afectan los costos de inversión resultan ser: la movilidad de los ingresos y las utilidades, los cuales determinan la velocidad del cambio tecnológico y el crecimiento económico; así mismo, el cambio tecnológico determina una inequidad de las percepciones laborales y la movilidad de las utilidades. En concordancia con lo mencionado anteriormente (capital humano y aprendizaje), la necesidad de capital humano especializado resulta ser determinante

para la generación del progreso tecnológico en nuestra sociedad. El crecimiento de la tecnología se debe a la incorporación de una fuerza laboral altamente capacitada o especializada en una parte del conocimiento, aunque el crecimiento de la demanda produce una reducción de salarios y percepciones por un efecto de sustitución a corto plazo, dando como resultado un progreso tecnológico, cuando la productividad marginal relativa de las diferentes variables iniciales cambia en relación a la diferencia salarial, entre el capital humano que no se encuentra especializado y el especializado. Aunque los diferentes tipos de capital humano están relacionados, las funciones, las tareas y el desempeño no sólo son diferenciables, sino también determinantes en el desarrollo tecnológico. La variable de las percepciones salariales puede resultar de especial interés para los economistas, debido a que ésta puede ser una medida de la flexibilidad del mercado laboral, el cual se presenta como la tasa de desempleo o empleo dentro del sistema económico en cuestión, es decir, la sustitución laboral.

De lo antes mencionado, se desprende que existen ciertas externalidades en la adopción de una nueva tecnología, como es el costo del aprendizaje (McDade *et al.*, 2002) en el cual se debe incurrir en cualquiera de sus modalidades o formas (Jaffe *et al.*, 2003), es decir, que dentro de la paradoja tecnológica, en donde comúnmente se establece (de forma errónea) que una remuneración alta y altos estándares de vida, contribuyen a una implementación exitosa, esto no resulta ser suficiente en la práctica, ya que se requiere de igual forma una inversión en capacitación y actualización de conocimientos de la fuerza laboral por parte de la corporación. De la misma manera Khan y Ravikumar (2000) expresan que dentro del campo de la acumulación de capital, la adopción tecnológica resulta ser costosa, no sólo en aspectos de aprendizaje sino en todos aquellos costos indirectos que esto implica; en un ambiente en el cual la productividad de la tecnología en uso puede posponer la implementación de una nueva, la productividad de la innovación podría incentivar a su adopción.

El incremento de los recursos y beneficios en la adopción tecnológica juega rol fundamental en la difusión de las nuevas tecnologías, así mismo la carencia de información y la incertidumbre dentro de la adopción, se combinan con las expectativas de la obtención de beneficios (rentabilidad) a corto, mediano y largo plazo, dando como resultado que la adopción tecnológica solamente gire alrededor de cuatro aspectos

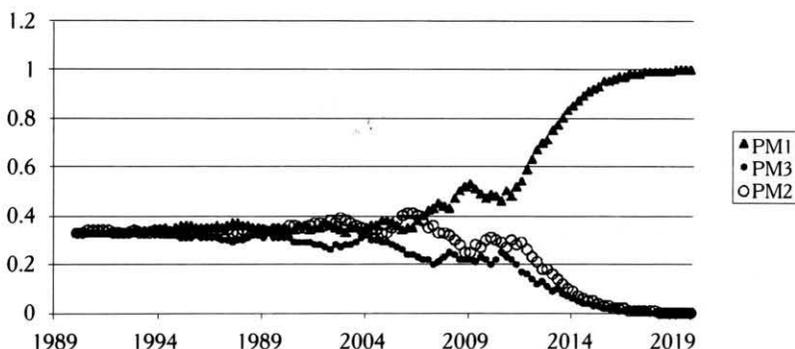


importantes, pero no del todo determinantes, como son: la rentabilidad, el costo inicial, el riesgo y la complejidad.

En la Gráfica 3-6, se observa la existencia de un punto crítico a través del tiempo en donde se produce una inflexión en la cual se define la trayectoria de cada una de las empresas analizadas, de la misma manera en la gráfica en cuestión, Telcel resulta ser la empresa dominante, pero de acuerdo a la forma en que se construyó el modelo (ver apéndice D) bien pudo haber sido cualquiera de las organizaciones involucradas en el proceso de simulación.

Gráfica 3-6

El punto de inflexión es en 2006, donde las fuerzas de RP son definitivas a favor de uno de los jugadores



Elaboración propia.

El ejemplo anterior deja entrever las capacidades de la herramienta utilizada para la resolución de problemas robustos y complejos, permitiendo observar la evaluación de las trayectorias de cada uno de los involucrados a través de un intervalo de tiempo determinado, incorporando las fuerzas de RP inmersas en el entorno competitivo de un sistema de mercado en particular, fortaleciendo así el proceso de la toma de decisiones hacia el interior y exterior de las organizaciones.

3.4 RENDIMIENTOS CRECIENTES

La teoría convencional del equilibrio económico tiene como base fundamental la ley de Rendimientos Decrecientes. Esta ley se encuentra

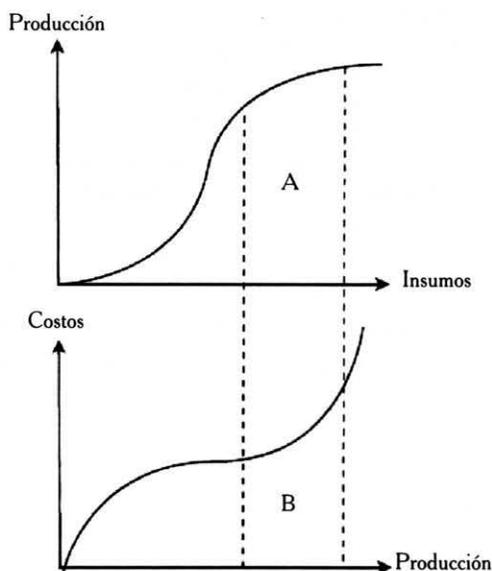
presente en gran parte del discurso económico, apareciendo tanto en la esfera de la producción como en la estructura de costos, así como en la teoría de la oferta y la demanda, entre otras (véase Gráfica 3-7). Lo cual demuestra que los procesos de RN resultan ser cruciales para garantizar los equilibrios en los precios y la estabilización de las participaciones de mercado en el que las organizaciones desarrollan sus operaciones. Estos elementos reguladores producen un balance, los cuales son ciertos en algunos casos pero no para la generalidad de éstos.

Gráfica 3-7

Dualidad del modelo de Rendimientos Decrecientes.

Parte A: Rendimientos Decrecientes

Parte B: Costos Crecientes



Un ejemplo que explica de mejor manera los aspectos y elementos involucrados en la RN, lo podemos encontrar en la crisis del petróleo de 1973, la cual comenzó a partir del 17 de octubre de 1973, a raíz de la decisión de la Organización de los Países Exportadores de Petróleo Árabes (que agrupaba a los países miembros árabes de la OPEP más Egipto y Siria), mediante el anuncio de la suspensión de los envíos de

petróleo a los países que habían apoyado a Israel durante la guerra del Yom Kippur (Israel, Siria y Egipto). Esta medida incluyó a Estados Unidos y otros países de Europa Occidental. El 16 de octubre de 1973, como parte de la estrategia política derivada de la Guerra del Yom Kippur, la OPEP detuvo la producción de crudo y estableció un embargo para los envíos de hidrocarburos hacia Occidente, especialmente hacia Estados Unidos y los Países Bajos. También se acordó un boicot a Israel. Gracias al embargo se consiguió este objetivo. Al mismo tiempo, los miembros de la OPEP acordaron utilizar su influencia sobre el mecanismo que fijaba el precio mundial del petróleo para elevar su precio, después de fracasar las tentativas previas de negociar con las grandes transnacionales.

El aumento del precio, aunado a la gran dependencia del petróleo por parte del mundo industrializado, provocó una espiral inflacionaria a gran escala y una reducción de la actividad económica de los países involucrados. Los efectos del embargo fueron claros: se duplicó el precio real del crudo y sus derivados, provocando un menor consumo, el cual se equilibra con el precio del hidrocarburo. Todo esto aceleró la etapa recesionista en la cual se encontraban inmersos los Estados Unidos, lo que acarreó efectos negativos a la economía mundial al año siguiente y hasta principios de la década de los 80. A largo plazo, el embargo produjo un cambio estructural dentro de políticas de Occidente, avanzando hacia un establecimiento de la conciencia sobre la dependencia energética y una política monetaria más restrictiva para combatir de una mejor manera la inflación. Los altos precios provocaron un consumo más eficiente y estimularon la búsqueda de nuevas formas de energía y exploración de nuevos yacimientos. Lo anterior propició mecanismos dentro de los mercados para que estos se redujeran posteriormente por medio una serie compleja de interrelaciones dentro de los mercados, involucrando aspectos sociales, políticos y económicos.

El análisis anterior (como aplicación de la RN) refuerza la idea de que el mercado es el mecanismo más eficiente en la asignación de los recursos. (Rendimientos Decrecientes \Rightarrow RN \Rightarrow Un punto de equilibrio). Sin embargo, existen casos en donde las RN no operan de forma adecuada, y es en donde se ve involucrada la RP, observándose que lejos de amortiguar, ésta magnifica los efectos de pequeños movimientos en las variables económicas involucradas alejando al sistema de un equilibrio estable. Dependiendo de la complejidad del sistema

en cuestión, podría suceder que la RP se encuentre generando un conjunto de posibles rutas, ampliando con esto la incertidumbre asociada. (Rendimientos Crecientes=>RP=>Un conjunto de equilibrios, en donde no existe garantía de encontrar el óptimo deseado). Más aún, puede darse el caso que aún seleccionando una ruta, los mecanismos inmersos en el proceso la hacen mantenerse dentro de ésta, sin considerar otras alternativas más convenientes. (Recuérdese el sistema de medidas en Estados Unidos, el teclado en las máquinas de escribir que aún hoy en día utilizamos). Si una nación o empresa obtiene un liderazgo, existen RP's que hacen que este liderazgo se fortalezca y se mantenga a través del tiempo, aumentando cada vez más sus ventajas competitivas y distintivas, sin embargo no se puede asegurar que dicha estrategia sea la mejor opción en un principio. Arthur (2000) comenta que la teoría de los rendimientos crecientes (RP) es muy antigua, pero su aplicación es relativamente nueva, y esto se debe a que ha sido más útil, para la teoría económica, fundamentarse en términos de la RN, no en otro tipo de teorías.

Como se examinará en capítulo posterior, la guerra de los formatos: VHS y Betamax es un ejemplo simple de RP. El precio resultaba ser similar, y cada formato estaba sujeto a RP's determinadas, con una participación de mercado en ascenso y con sólidas expectativas para dominar el mercado e incrementar su liderazgo. En un principio resultaba imposible saber qué formato prevalecería, incluso algunos analistas se inclinaban por una coexistencia estable, como sucede con muchos duopolios, pero el resultado no fue exitoso para Betamax, ya que por factores externos y ciertas maniobras competitivas, se apuntalaron elementos de RP y el mercado se inclinó por VHS. Es importante reconocer que el ciclo de vida de las nuevas tecnologías es un proceso recursivo que tiende a la mejora continua de los paradigmas, y resulta difícil su exacta ubicación en tiempo-espacio, el surgimiento de las innovaciones, es decir, en qué etapa del ciclo surge o desaparece una tecnología en cuestión, ya que cada vez los ciclos tecnológicos tienden a acortarse debido a diversos factores como: rendimientos, integración de nuevos competidores, entre otros.

En tiempos de Thomas Malthus (1798) no se puso demasiada atención en la fuerza de los elementos de RP, ya que la atención en los rendimientos decrecientes estaba justificada por el ambiente económico de la época. La agricultura y la minería se encontraban sujetas al ago-

tamiento por la continua explotación, sin contar que no existían en ese periodo fertilizantes que aumentarían el rendimiento de las cosechas, ni instrumentos de medición para localizar minerales a mayor profundidad, es en este punto donde la teoría económica tuvo una influencia definitiva en este ámbito. Es por ello, que hoy en día se hace necesario atender de manera diferente la economía basada en el conocimiento (apuntalada por las tecnologías de la información), y no tender a la generalización de hipótesis y resultados observados dentro de una economía basada en recursos (agricultura, minería, por mencionar algunos.). El motivo puede resultar claro, la economía basada en recurso está sujeta a RN, y la economía basada en el conocimiento lo está a RP.

La Economía del Conocimiento requiere una gran inversión inicial en Investigación y Desarrollo (R&D, por sus siglas en inglés). Si el mercado adopta un diseño dominante, se generan economías de escala y de alcance, las cuales hacen que los costos unitarios y los precios disminuyan, sin menoscabo de las utilidades. En esta situación en particular, no solamente se reducen costos al producir bienes de alta tecnología, sino que el beneficio-utilidad de utilizarlos de igual forma se incrementa. Si Microsoft o IBM obtienen una participación dentro del mercado, los individuos poseen el incentivo de consumir más de estos bienes o servicios, debido a los efectos producidos por las economías de redes. Como se mencionó en apartados anteriores, los productos tecnológicos a diferencia de los productos masivos requieren de una mercadotecnia especializada que tiendan a la personalización del servicio, dicha personalización contribuye al estrechamiento de lazos entre la red de consumidores, como son los de compatibilidad, pertenencia y de complementariedad.

Para Arthur (1996)¹¹ cuando se tienen casos relacionados con rendimientos crecientes, se pueden determinar las rutas de solución que emergen, planteando el problema a partir de una perspectiva desde la dinámica de la teoría de sistemas, la cual permite encontrar un conjunto competente de ejes pivotaes sobre los cuales gira el entorno en cuestión. Mediante la utilización de dicha teoría, los economistas, y en general los analistas, tienen la posibilidad de vislumbrar con una mayor probabilidad de éxito en la construcción de los escenarios futuros. Sin

¹¹ Arthur (1994).

embargo, cabe aclarar que siempre es necesario tomar en cuenta los elementos aleatorios presentes en los elementos de RP.

Como se mostrará en los capítulos posteriores cuando se trata el tema de la *dependencia inicial*, existen eventos (algunos insignificantes) que determinan el desarrollo futuro de muchas organizaciones, ciudades y países.¹² En diversas ocasiones estos eventos son independientes de las condiciones geográficas. La compatibilidad con productos existentes en ciertas convergencias tecnológicas son un mecanismo que produce RP's mediante la adopción generalizada de un diseño en particular, dicha adopción desalienta a nuevos competidores dentro del segmento, estableciendo ciertas barreras de entrada al mercado, de tal forma que en ocasiones se adopta un estándar dominante, pese a que no sea la mejor opción dentro del entrono tecnológico.

En resumen, economías idénticas con rendimientos crecientes dentro de los mismos sectores, no necesariamente seleccionan la misma ruta de acción (ya que existen eventos pequeños que hacen la diferencia y determinan las rutas posteriores), de esta forma la visión tradicional posee dificultades para el análisis y la predicción económica. Una economía que cuenta con RP's particulares, ofrece dificultades en el proceso de selección y evaluación de alternativas en el marco de la consecución de un estado de equilibrio, dentro del marco teórico clásico en la economía.

3.5 RESUMEN

La simulación del modelo de telefonía móvil, tiene como objeto mostrar el comportamiento de un oligopolio competitivo y las fuerzas involucradas en el sistema que marcan la dinámica juego de suma cero, donde inicialmente los actores poseen las posibilidades de éxito similares. Este modelo describe la estructura de la competencia dentro del sector de la telefonía móvil, aunque sus alcances son limitados debido a que éste resulta ser un mero caso de estudio con fines didácticos, con la finalidad de mostrar la forma de operación de este sistema gobernado por

¹² La publicidad negativa que se produjo entre las empresas que defendían el uso de la energía alterna contra las que defendían el uso de energía directa, y que finalmente dejó a un solo jugador en el mercado. Para mayor información consulte el artículo de Varian, H. R., "The Art of Standard Wars", *The California Management Review*, Winter, pp. 9-11, 1999.

características muy particulares. Este ejercicio a su vez, prueba la forma en que la metodología SDS puede utilizarse como una herramienta complementaria al análisis tradicional de competencia monopolística, no analizándose de manera rigurosa las condiciones de estabilidad, y mostrándose solamente las trayectorias resultantes una vez efectuada la simulación del entorno competitivo.

CAPÍTULO 4

DEPENDENCIA INICIAL Y RETROALIMENTACIÓN POSITIVA

Effective decision making and learning in a world of growing dynamic complexity requires us to become systems thinkers—to expand the boundaries of our mental models and develop tools to understand how the structure of complex systems creates their behavior.

John D. Sterman

4.1 INTRODUCCIÓN

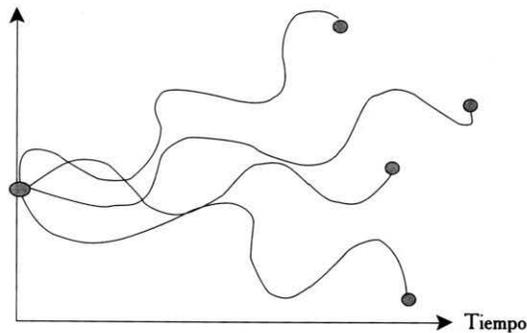
En el presente capítulo se examina la *Dependencia Inicial* (DI) como una referencia a la metodología desarrollada por Sterman.¹³ De igual forma, este capítulo se inicia realizando una revisión a la naturaleza de la DI y su relación con los procesos de RP describiendo en forma gráfica el modelo de Polya. Asimismo se analizan las economías de escala y alcance, las economías de red, la creación y mantenimiento de una base instalada de clientes y de una base instalada de bienes complementarios. En lo referente a la retroalimentación positiva, se desarrolla un modelo para el análisis de la circularidad formada entre ventas y publicidad (surgimiento de el diseño dominante) con el afán de ejemplificar el uso y aplicación de la metodología en cuestión, además de explorar los campos de aplicación potenciales dentro del sector. Para ello, se hace una revisión en lo referente a las organizaciones que poseen altos costos de inversión inicial y la forma en que se abaten los costos operativos a través de un intervalo de tiempo y los mecanismos del entorno económico que intervienen dentro del proceso.

¹³ La discusión de este apartado se apoya en su trabajo, "Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment", *Management Science*, 1989.

4.2 LA NATURALEZA DE LA DEPENDENCIA INICIAL

La DI, es el comportamiento de un sistema determinado en el cual pequeños e insignificantes eventos, en ocasiones aleatorios, son capaces de determinar el curso de su historia, aún cuando en el estado inicial todos los eventos involucrados resultan ser equiprobables dentro del análisis. La DI surge al interior de sistemas dinámicos dominados por procesos caracterizados por RP, donde los eventos iniciales son determinantes en el curso resultante. En la Gráfica 4-1 se muestra el comportamiento de un sistema con diferentes trayectorias igualmente probables.¹⁴

Gráfica 4-1
Un mismo origen y muchos resultados posibles,
igualmente probables



Elaboración propia.

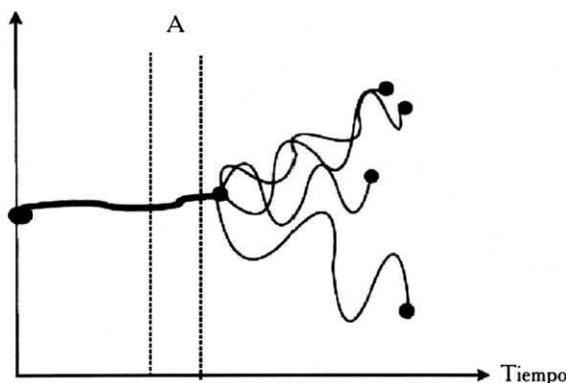
Este tipo de modelo trata de responder a preguntas de todo tipo como pueden ser: ¿por qué los coches tienen el volante del lado izquierdo?, ¿por qué usamos un teclado ineficiente?, ¿por qué Microsoft domina el mercado del software?, ¿por qué empresas como Wal Mart, cuyo éxito, las conducen a un éxito mayor?, ¿por qué Telmex es una empresa dominante en México?, ¿por qué en muchas comunidades

¹⁴ Un análisis más detallado puede estudiarse en Sterman (2000).

humanas, los ricos son más ricos y los pobres más pobres?, ¿qué tienen en común todos estos problemas?

Dichos sistemas exhiben Procesos de Dependencia Inicial (DI), donde el resultado del sistema depende de las condiciones iniciales y en numerosas ocasiones de eventos impredecibles e insignificantes. Es posible, a manera de ejemplo, visualizar en la Gráfica 4-2, que tales eventos aleatorios suceden en la región A de la gráfica.

Gráfica 4-2
Trayectorias iniciales parecidas, hasta que algún evento aleatorio cambia su destino final



Elaboración propia.

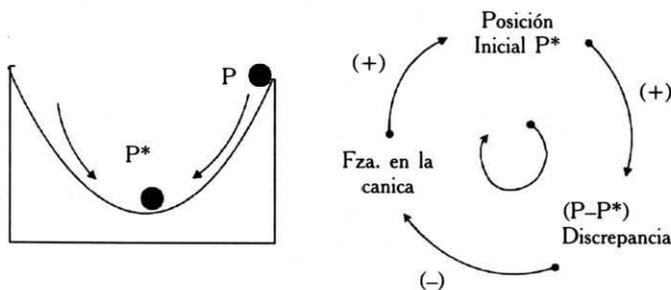
Aun cuando en un inicio todas las trayectorias son igualmente plausibles, esta simetría es fragmentada por ciertas perturbaciones, las cuales en ocasiones resultan ser externas e incontrolables. Posteriormente, el proceso de RP amplifica las pequeñas diferencias iniciales hasta alcanzar diferencias a gran escala, difíciles de revertir. En la mayoría de las industrias, cuando se detecta un alto costo de reemplazo en un diseño o producto, se establecen las condiciones para el establecimiento de un estándar, con la intención de que el equilibrio alcanzado se *refuerce a sí mismo*, con lo cual se puede considerar que el sistema llega a cerrarse (*Lock in*).¹⁵ Lo anterior permite ofrecer una explicación del por qué el

¹⁵ Shapiro and Varian (1998).

sistema de medidas en Estados Unidos, aún siendo ineficiente y obsoleto, se mantiene. Ejemplo de lo anterior, resultan ser ancho el de las vías en lo que respecta a los ferrocarriles. En los inicios del ferrocarril, las líneas del norte y el sur no se encontraban conectadas, esto permitía que hubiese distintas medidas en el ancho de las vías. Sin embargo, la necesidad de comunicación provocó que surgiera una medida estándar, resultando no ser la más adecuada. Al crecer la red ferroviaria se hizo necesario conectar los diferentes sistemas, en donde la compatibilidad llegó a ser un factor importante. Antes del establecimiento del estándar sobre las dimensiones de la vía, los costos del trasbordo eran bastante altos; gradualmente las empresas aisladas se fueron adaptando a la red más grande y el atractivo de esa medida fue cada vez mayor, dando lugar a un proceso de RP (de igual forma ocurrió con el teclado de la máquina de escribir y el sistema operativo Windows, entre otros)

La discusión sobre el equilibrio puede esclarecerse, de una mejor manera, mediante la utilización de la siguiente analogía: imagínese una canica en un plato de profundidad considerable, el punto más bajo del plato se encuentra en un equilibrio estable (P^*). Cualquier fuerza ejercida sobre la canica produce fuerzas en sentido contrario que lo devuelven al estado equilibrio, se trata por lo tanto de un equilibrio estable (véase la Gráfica 4-3).

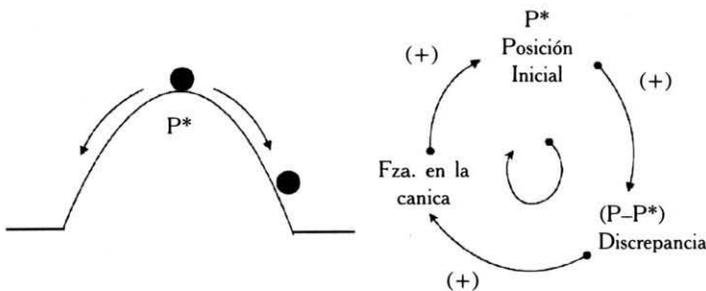
Gráfica 4-3
La tendencia al equilibrio de la mecánica clásica ejemplo de las fuerzas de RN



Elaboración propia.

Un equilibrio estable no puede considerarse como DI, más bien el sistema es gobernado por un proceso de RN. Entre mayor sea el desplazamiento ($P-P^*$), mayor será la fuerza que lo devuelva al equilibrio. Por el contrario, en un equilibrio inestable el sistema se encuentra gobernado por RP, por lo que entre mayor sea el desplazamiento de la canica, mayor será la fuerza que lo aleja del equilibrio; el mínimo disturbio, causa que la canica salga de su estado inicial. La perturbación inicial determina la ruta posterior (véase la Gráfica 4-4). Debido a lo anterior el equilibrio dentro del sistema se considera que es localmente inestable. A medida que la pendiente aumenta se incrementa la fuerza que empuja la canica hacia el piso. El sistema entonces puede considerarse como un DI, ya que la trayectoria que seguirá depende de la perturbación inicial. Sin embargo, el sistema concebido como un todo de forma estructural debe ser globalmente estable (véase Gráfica 4-5).

Gráfica 4-4
Equilibrio inestable, situación en la que actúan las fuerzas incontenibles de la RP

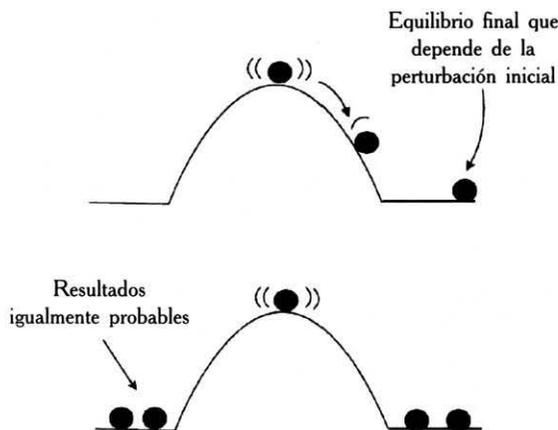


Elaboración propia.

Otro hecho importante del proceso DI es la propiedad del *Lock-in*. Cuando la canica se encuentra en el punto más elevado del montículo, todas las posiciones de equilibrio (global) son igualmente probables. Una fuerza pequeña es suficiente para influir en la dirección de la partícula y por lo tanto en la posición final de ésta. Una vez que la canica ha tomado una trayectoria específica, la energía necesaria para devolverla al estado inicial alterando su curso, sería considerable (por ejemplo: en los inicios de la era de los automóviles, no importaba de

qué lado estuviera el volante, pero a medida que el tráfico se incrementó, la necesidad de contar con un estándar aumentó). Si la mayoría de los usuarios manejaba por el lado derecho, lo más probable es que los nuevos conductores también lo hicieran de esa forma.¹⁶

Gráfica 4-5
Dinámica del equilibrio.
Pequeño eventos iniciales pueden provocar
resultados diametralmente diferentes



Elaboración propia.

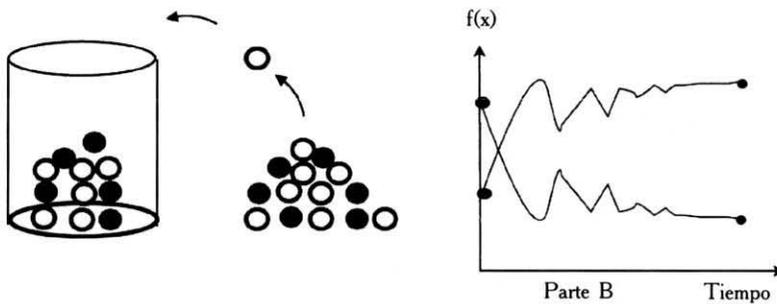
Los sistemas DI (Path Dependence Systems)¹⁷ resultan ser más comunes de lo que se pudiera esperar. La elección de una gran variedad de estándares en la actualidad, fueron realizados de manera arbitraria, por ejemplo: la forma de las tomas eléctricas, la localización del primer meridiano, son algunos ejemplos. Toda vez que dichos diseños son ampliamente aceptados el sistema se cierra a esta elección (*Lock-in*), aun pensando a sabiendas que pudieron existir alternativas mejores. De la misma forma, puede construirse un ejemplo sencillo de dependencia lineal DI, supóngase un recipiente con canicas, donde hay blancas y

¹⁶ Gran Bretaña y Japón, no tienen demasiados estímulos para cambiar, la primera es una isla y el segundo no mantenía mucho comercio con sus vecinos cercanos.

¹⁷ Wittenberg and Sterman (1999).

negras. Las canicas son agregadas una a la vez. El color de cada canica agregada en cada periodo de tiempo, se encuentra en función de la proporción que existe en el recipiente; es decir si, x : es el color, $P=f(x)$ resulta ser la proporción de color. Este único supuesto otorga al sistema su carácter de DI. Ahora bien, considérese que existe una blanca y una negra; entonces la $(P\{x=blanca\}=1/2)$. Si el siguiente ensayo se obtiene nuevamente una canica blanca, se tienen dos blancas y una negra $(P\{x = blanca\}= 2/3)$ y así sucesivamente. La trayectoria del sistema depende de su historia, entonces la mezcla final de canicas blancas y negras depende de una secuencia particular de eventos aleatorios como se aprecia en la Gráfica 4-6.

Gráfica 4-6
Las rutas o trayectorias que se suceden son dependientes de las condiciones iniciales



Elaboración propia.

De acuerdo con el modelo, en un inicio cada canica que se agrega al recipiente, tiene una influencia considerable en la probabilidad de elegir la próxima, por lo que se puede definir como un proceso de RP. Pero conforme el total de canicas aumenta, la nueva canica que se agrega tiene una influencia cada vez menor y el proceso RP pierde fuerza a favor de (RN) o del ciclo negativo (*negative loop*). Los dos procesos se contrarrestan cuando el total de canicas resulta ser lo suficientemente grande para que la proporción de cada color se estabilice (proceso de Polya).¹⁸ Justamente es en dicho punto en donde la razón:

¹⁸ Se refiere al matemático George Polya (1887-1985).

(cn/cb) alcanzará un equilibrio, pero éste depende de las canicas seleccionadas con anterioridad (obsérvese la Gráfica 4-6, parte B).

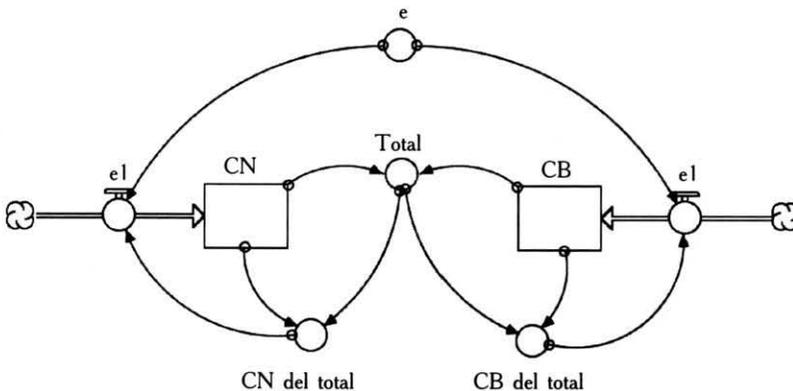
En relación a lo anteriormente expuesto, el modelo puede ser descrito mediante los siguientes enunciados:

- Canica negra agregada por periodo=1, si $u < f(x)$, e igual a 0 en caso contrario. (4-1)
- Canica blanca agregada por periodo=1, si $u > f(x)$, e igual a 0 en caso contrario. (4-2)

Donde: u es una variable uniforme con media cero y varianza uno teniéndose la siguiente función:

$$f(x) = CN / (CN + CB) \quad (4.3)$$

Gráfica 4-7
El modelo simple de Polya



Elaboración propia.

Del modelo anterior, se pueden establecer tres resultados importantes:

- El proceso converge a una proporción fija (canicas negras o blancas).

- b) La proporción $f(x)$ siempre dependerá de eventos aleatorios al inicio del proceso.
- c) La proporción $f(x)$ es una distribución uniforme $(0,1)$.¹⁹

El modelo anterior, es desde luego muy simple, en donde existe un proceso lineal, $f(x)=P$ (canicas negras/total) el cual cambia radicalmente cuando se propone una relación no lineal.

4.3 PRECURSORES DE LA RETROALIMENTACIÓN POSITIVA

El fenómeno descrito anteriormente se encuentra inmerso en muchos procesos económicos, como es el caso de la competencia existente entre las firmas dentro de un mismo mercado por el establecimiento del diseño dominante entre los formatos de video-casetes VHS y Betamax en los años 80 y 90.

¿Cómo llegó VHS a ser un estándar indiscutible? y ¿por qué en otros sectores competitivos no se logra la eliminación completa de un competidor? La respuesta a dicha pregunta resulta ser la existencia de procesos de RP. El caso de VHS es por demás ilustrativo, ya que éste no resultaba ser el mejor formato y sin embargo se convirtió en un estándar desplazando al formato más avanzado. El sistema Sony-Betamax fue el primero en satisfacer esta necesidad, acaparando el mercado en su momento y logrando ventajas importantes en un tiempo relativamente corto (aproximadamente 18 meses). Tiempo donde Sony no fue capaz de erigirse como estándar dominante. Sony cometió en dicha época, uno de los errores más controvertidos en el mundo del negocio de la innovación, esta empresa cerró y sin compartir ni estandarizar su tecnología extendiéndola a otros segmentos de mercado y/o productos, buscando que este conocimiento exclusivo se convirtiera en una fortaleza indiscutible, sin embargo, esta actitud fue la que a la postre la eliminó del mercado. Pronto hubo dos formatos incompatibles en el mercado provocando efectos negativos entre los participantes de

¹⁹ La Gráfica 3-7 está realizada en *ithink*. High Performance Systems, Hanover NH. Es un paquete computacional para realizar simulación dinámica, cuenta con una interfase gráfica muy eficiente, es utilizado de forma frecuente en educación y en investigación.

dicho mercado. Los problemas eran para todos los agentes: los consumidores no sabían cuál formato comprar, los distribuidores dudaban sobre qué producto acumular, los productores, en general, de material pregrabado no sabían en qué formato se debía ofrecer su producto. El éxito de un producto o servicio en la actualidad depende de varios factores, como son: precio, calidad, desempeño, confiabilidad, entre otros; resultando ser sobre manera los más importantes, dentro del campo tecnológico, la compatibilidad y los efectos de red.

Cuando la compatibilidad se desarrolla y se conserva a través del tiempo, se genera un proceso de intercambio e interacción entre los consumidores del producto final, el hecho de que se pueda acumular o intercambiar facilita y posibilita el desarrollo del mercado (Efecto de red). Cuando aumenta la presencia de máquinas reproductoras de diferentes firmas, que leen un solo formato, la captación de nuevos compradores aumenta de forma natural (al incrementarse la participación de mercado de dicho formato, éste se vuelve más atractivo). De igual forma, el consumidor comprará un aparato que reproduzca la más amplia selección de vídeos pregrabados. Las tiendas de renta de vídeos adquieren el formato más solicitado, y las empresas productoras de obras cinematográficas ofrecen su producto en la tecnología más popular. Todos estos elementos son considerados como la base del proceso de RP, en donde el formato más ampliamente adoptado se convierte en el principal atractivo para los agentes. Este proceso le da una ventaja competitiva y temporal al formato, consolidando su dominio hasta que éste declina por la introducción de un nuevo estándar.

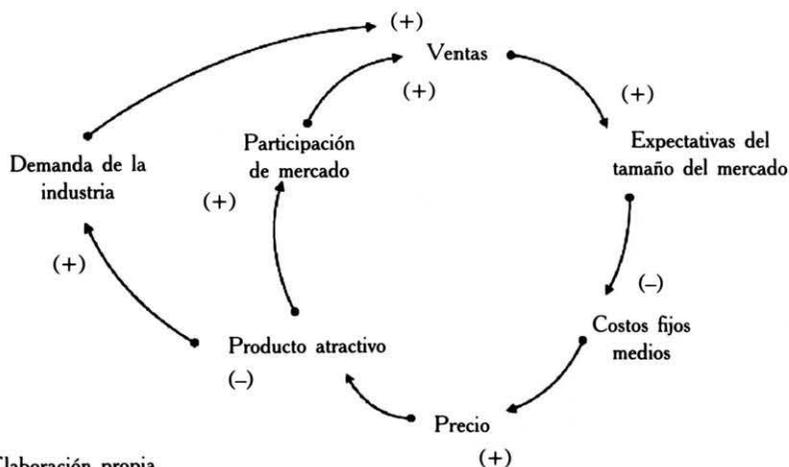
Uno de los objetivos de la modelación SDS es la expansión de los límites de modelos, con el propósito de que la mayor parte de variaciones de difícil explicación, en lo referente al comportamiento del sistema, sean resueltas dentro de los márgenes de la teoría. Al respecto, se han formulado diversas hipótesis explicando el fracaso de Betamax: el tiempo de duración de la grabación, la calidad de la tecnología, el precio, entre otras. Sin embargo, Arthur (1996) afirma que, en forma integral Betamax era muy superior a VHS. Por lo tanto se puede concluir que el principal error de Sony fue no compartir su base tecnológica instalada. El efecto de red y los bienes complementarios que dominaron la evolución del mercado de reproductores de VCR, son dos de los

muchos aspectos que generan RP y que resultan ser determinantes para el crecimiento de los negocios y la creación de estándares.²⁰

4.3.1 Economías de Escala y de Alcance

Como se comentó en apartados anteriores, diversos negocios requieren una inversión inicial grande en términos monetarios, pero los costos unitarios se reducen rápidamente con el incremento en la escala de la producción. Este fenómeno resulta ser más agudo cuando se trata de bienes digitales, Varian (2004), utiliza el término *information goods* para referirse a bienes que pueden ser distribuidos en forma digital; ejemplos de esto son: textos, imágenes, sonido, video y paquetes computacionales) y dichos bienes se caracterizan por tener altos costos de entrada al mercado (*First-copy costs*), pero muy bajo costo incremental. Otras industrias como la automotriz, electrónica, son también un buen ejemplo de negocios con grandes economías de escala. Al producirse estas economías, los precios se ajustan a la baja, aumentando el atractivo del producto (véase Gráfica 4-8).

Gráfica 4-8
 Efecto de distribución de los Costo Fijos.
 Cuando las empresas son de costos iniciales muy altos,
 las economías de escala son prioritarias



Elaboración propia.

²⁰ Un estudio más detallado se puede consultar en Arthur (1989: 106-131).

Este fenómeno anteriormente descrito resulta más severo, en industrias intensivas de tecnología-conocimiento que involucran un gran desarrollo de producto y gran parte de sus costos tienen lugar antes de producir la primera unidad. En la actualidad, las industrias que se encuentran impulsando la economía mundial son aquellas que se basan en el conocimiento, en donde los costos iniciales representan una parte importante dentro del presupuesto global de las organizaciones. Es por ello que las economías de escala y las economías de red se vuelven determinantes. Cuando se pueden anticipar estos efectos, la estrategia de ajustar los precios (a la baja) resulta de la estrategia dominante, aunque esto implique pérdidas iniciales.

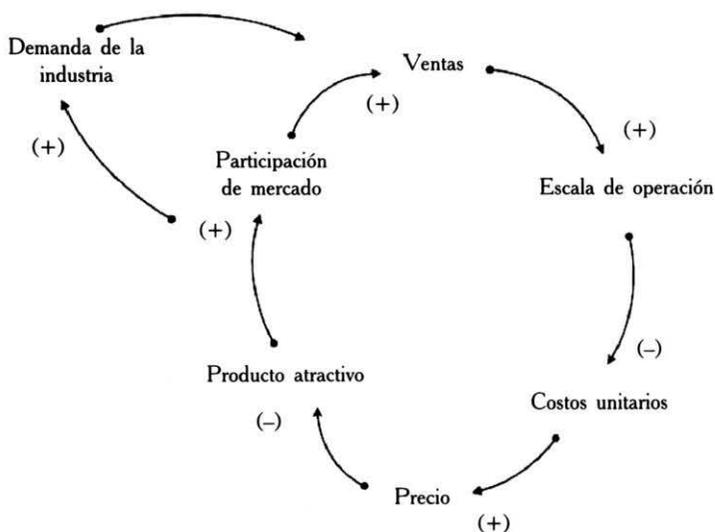
Otro elemento importante en esta configuración es el conocimiento acerca de los bienes complementarios. Por ejemplo, los pronósticos de ventas de software aumentan conforme lo hacen las capacidades técnicas de los ordenadores. Estos mecanismos circulares se observan en muchas industrias, donde los ensambles de bienes complementarios son decisivos. La Gráfica 4-9 muestra los circuitos de RP generados por las economías de escala, economías de alcance, curva de aprendizaje y el proceso de innovación.

Las economías de alcance (véase Gráfica 4-10), surgen cuando una organización es capaz de compartir su capacidad, su recurso laboral, su conocimiento técnico y tecnológico y otros recursos en múltiples líneas de productos y unidades de negocios. La TV por cable puede ofrecer servicios de Internet y telefonía fija por el mismo medio con un pequeño costo adicional, análogamente los grandes centros comerciales reducen dramáticamente los costos al ofrecer una gran variedad de productos bajo la misma infraestructura. Dichas estructuras también poseen otros beneficios, ya que reducen los costos de transacción para sus consumidores, incrementando el atractivo del producto y estimulando la participación de mercado en perjuicio de las pequeñas tiendas que atienden una demanda residual en alguna otra parte de la ciudad.

La curva de aprendizaje también genera circuitos positivos que favorecen y cimientan el liderazgo de las empresas. Ésta surge cuando el recurso humano y las empresas aprenden conforme la producción crece, se reducen los errores y las diferentes áreas se van acoplando cada vez de mejor forma.

Gráfica 4-9

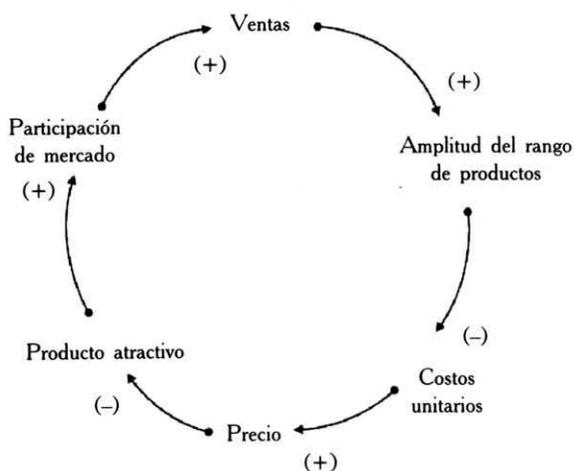
La Retroalimentación Positiva se fortalece cuando en una industria se combinan las Economías de Escala y de Alcance



Elaboración propia, tomando elementos de Sterman (2000).

Gráfica 4-10

Las Economías de Alcance



Elaboración propia, tomando elementos de Sterman (2000).

Finalmente entre mayor sea la dimensión de una firma, las cantidades erogadas en el rubro de R&D serán más cuantiosas. Los efectos de las economías de escala y de alcance de éstas, dependen del volumen de las ventas y la diversidad de las actividades de la empresa respectivamente. A manera de ilustración se puede consultar el apéndice E donde se simula una de las características dinámicas de la RP, como es el de la circularidad entre las ventas y la publicidad.

4.3.2 Efectos de Red y Bienes Complementarios

Los economistas llaman externalidades de red, cuando el valor de un bien depende del número de personas que lo utilizan, ejemplos de esto son: la red de teléfono, la red de correo electrónico, etcétera, también se conoce con el nombre de economías de red directa, y a la disponibilidad de productos compatibles como economía de red secundaria. El crecimiento de Internet incrementó la utilidad para los propietarios de los ordenadores impulsando a más personas a utilizarlos. Estos circuitos positivos tienden a favorecer al líder del mercado en una industria determinada.

La decisión de terceros para la producción de bienes complementarios para un determinado producto, depende de las expectativas del mercado potencial, si éstas resultan ser buenas o aceptables, puede potenciarse a los socios desarrolladores y crear apoyos de distinto tipo para la adopción de la plataforma en cuestión. El caso de Intel ejemplifica de forma clara los mecanismos de adopción de estrategias para el desarrollo de nuevos productos. Estos circuitos positivos han permitido esquivar la competencia del mercado de clones (chips compatibles) más baratos. Sin embargo, la fortaleza de estos circuitos de RP también depende de la capacidad de proteger la creación de valor. Las patentes, las marcas registradas y el derecho de copia, son mecanismos para la protección de estos circuitos positivos (los cuales son determinantes para el éxito de los nuevos desarrollos) como por ejemplo el caso de la industria farmacéutica.²¹ La estrategia de Intel implica no sólo la de fijar precios altos a sus productos más novedosos, sino que utiliza dichos márgenes para abaratar los costos de procesadores anteriores, incluso antes que los clones lleguen al mercado. De esta forma al reducir el precio de los

²¹ Para mayor información sobre la modelación de la industria farmacéutica puede consultarse Paich (2004).

chips, Intel limita el margen que obtiene los imitadores, ya que tienen que reducir los precios, debilitando la amenaza que pudiera erosionar el liderazgo en diferenciación del que goza Intel.

El desarrollo de una economía de red en la era de la información, resulta vital para que una empresa o industria imponga un estándar de largo plazo. Si el valor de una red depende de su tamaño, la interconexión y/o estandarización, se convierten en una importante decisión estratégica. Generalmente, las firmas dominantes que cuentan con redes establecidas o estándares patentados prefieren no interconectarse, ya que su dominio es completo (se puede citar de nuevo el caso de la empresa Telcel, y su reticencia a compartir su red).

4.4 LA BATALLA POR EL ESTABLECIMIENTO DE ESTÁNDARES

La actividad innovativa se desarrolla y tiende a explicarse actualmente mediante las trayectorias trazadas por las metodologías evolutivas, las cuales establecen que existe una fuerte relación entre la experiencia y el conocimiento acumulado por las organizaciones o las sociedades. El proceso innovativo, mencionado anteriormente, posee un carácter contingente, ya que éste es el resultado de una actividad investigativa que depende del estado y actualización del conocimiento en el momento en que se realiza el proceso, el cual se nutre de diversas fuentes entre las cuales se encuentran las siguientes:

- a) El conocimiento científico.
- b) El reconocimiento de la necesidad de productos o procesos nuevos o mejorados.
- c) El descubrimiento técnico que presenta características específicas de una tecnología económicamente atractiva en una o más áreas de aplicación.

Así mismo, en el proceso de innovación es posible reconocer tres elementos fundamentales:

- 1) *La investigación básica*: trabajo experimental o teórico que se lleva a cabo para el desarrollo de nuevos conocimientos sobre los fenómenos y hechos sin ninguna aplicación ni uso particular aparente.

- 2) *La investigación aplicada*: investigación que se realiza con la finalidad de la adquisición de nuevos conocimientos dirigidos hacia un objetivo de aplicación. En este sentido, la investigación aplicada que se enmarca dentro de una secuencia programática de búsqueda que tiene como núcleo el diseño de teorías científicas.
- 3) *El desarrollo experimental*: trabajo sistemático que se basa en los conocimientos existentes adquiridos mediante la investigación o experiencia práctica y está dirigido a la elaboración de nuevos materiales, productos y aparatos, así como a la instalación de nuevos procesos, sistemas y servicios, y al mejoramiento sustancial de aquellos ya producidos o/e instalados.

El advenimiento de un cambio radical por la inclusión de una innovación es marcado por un sentido relativamente bajo de urgencia y un alto grado de incertidumbre en el campo industrial. Las organizaciones, generalmente, no poseen la certeza necesaria para dilucidar sobre la forma en que el cambio pudiera afectar el mercado industrial; dichas instituciones en esta etapa no se ven impelidas a la formación de alianzas relacionadas con las fuentes tecnológicas. La motivación entonces se produce en el momento que los niveles de incertidumbre y de urgencia llegan a su punto más álgido dentro del ciclo, toda vez que la innovación ha demostrado su eficacia y efectividad, y es solamente entonces cuando las empresas tienden a moverse rápidamente hacia una posición segura dentro del mercado, empezando la búsqueda y concretización de alianzas que permitan alcanzar su cometido. Durante las siguientes etapas del ciclo de vida tecnológico los niveles de incertidumbre y urgencia disminuyen, por lo que se enfocan meramente a la adquisición tecnológica y desarrollo interno de la organización.

Varian (1999) plantea que los esfuerzos de las firmas por establecer el dominio sobre un estándar resultan ser cuantiosos en la actualidad, entre algunos de éstos se puede mencionar además: Microsoft y Netscape, 3com vs. Rockwell, entre otros. De igual forma podemos remontarnos al siglo XIX, en el cual se encuentra un ejemplo claro sobre la pugna por fijar el estándar para las tomas de corriente eléctricas. En dicho momento existían dos posibilidades: 1) corriente directa (Edison) y 2) corriente alterna (Westinghouse). Cada una de las tecnologías a incorporar poseían ventajas y desventajas, pero la implementación de

una estrategia adecuada para el desarrollo de productos y servicios complementarios, permitió que se impusiera la corriente alterna de Westinghouse. Dentro de este contexto, los especialistas otorgan el denominativo de *estrategia evolutiva* cuando la nueva tecnología es compatible con las tecnologías anteriores y/o contemporáneas. La llamada *estrategia de revolución* consiste en el desarrollo de una nueva tecnología la cual resulta ser incompatible con las demás tecnologías, desarrollándose así esfuerzos encaminados al convencimiento de consumidores que adopten la innovación.

Entre los elementos de RP claves en la imposición y mantenimiento de un estándar se encuentran: el control sobre la base instalada de usuarios, la defensa de la creación de valor por medio de patentes, desarrollo de una cultura de innovación continua y el mantenimiento y desarrollo de bienes complementarios. Debiéndose reconocer que el desarrollo de estas ventajas no son necesariamente decisivas y en muchas ocasiones existen más de una solución para la misma necesidad.

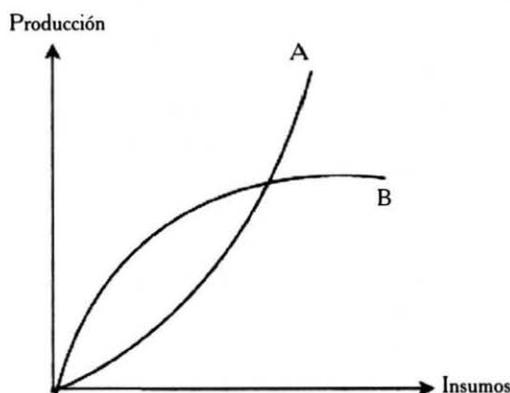
Algunos especialistas han mostrado en sus investigaciones sobre el crecimiento endógeno de la economía, cómo el desarrollo de los países se produce por uno de los elementos de RP que se han descrito anteriormente, como son: R&D y el desarrollo del capital humano. Dentro de este ámbito se observa que la retroalimentación positiva juega un papel importante, ya que los beneficios obtenidos por el conocimiento adquirido no pueden conservarse para un uso completamente privado. El conocimiento no es consumido en el proceso de generación de valor como pasa con otros insumos, de esta forma los beneficios de la R&D no sólo son apropiados por la empresa que los genera, sino que estos son derramados hacia el resto de la industria, fortaleciendo así diversos elementos de RP que dependen de la escala y la actividad de un sector o región en particular (en economía a dichos efectos).

Dentro del campo económico a los efectos mencionados con anterioridad se les denomina externalidades positivas. Estos circuitos de RP, pueden interpretarse como rendimientos crecientes, que en términos económicos, es el incremento del producto en mayor proporción en lo que lo hacen los insumos (véase Gráfica 4-11).

En el área de los negocios, a menudo, no se observan los beneficios de las RP y esto es debido a que no siempre hay formas de medirlos

de manera directa, siendo razonable, hasta cierto punto, que se tome con recelo la inversión en el capital humano.²²

Gráfica 4-11
La curva A representa Rendimientos
Crecientes y la curva B Rendimientos Decrecientes



4.4.1 Factores que generan Estándares

Se ha comentado desde el punto de vista del concepto de DI que eventos menores (en ocasiones casuales dentro de la etapa inicial), determinan que el sistema el curso de las acciones de una organización. Cuando se trata de una competencia entre empresas por el establecimiento de un estándar, la RP tiende a amplificar las diferencias entre los contendientes hasta que uno de ellos emerge como el diseño dominante terminando por acaparar el mercado meta. En cuanto emerge el bien o el diseño dominante, el costo de cambio resulta en ocasiones considerable, provocando que el sistema se cierre en ese sentido (*lock in*). Algunos especialistas denominan como *costo conmutativo*, a los costos que se incurren debido a las decisiones de cambio o migración hacia otras tecnologías o soluciones alternativas, siendo estos bastante significativos

²² Arthur (1996).

cuando se está ante la presencia de un sistema cerrado (*lock-in*), en donde de igual forma se ve involucrado el costo del aprendizaje.

Cuando un cambio estructural ha tenido lugar, las tendencias, los gustos y la tecnología, llegan a convertirse en variables endógenas; las cuales son determinadas por la interacción de los agentes, quienes a su vez pueden deliberadamente cambiar su propia función de producción o de utilidad. El proceso de aprendizaje juega un papel importante en la determinación del cambio estructural para la organización. El aprendizaje consiste en un caso peculiar de indivisibilidad en estos agentes, mientras que la manufactura o las ventas también presentan un proceso de aprendizaje dentro de ciertas condiciones de mercado establecidas. En la actualidad podemos encontrar literatura diversa en relación a los diferentes procesos de aprendizaje existentes, entre los cuales tenemos:

- Aprender haciendo (*learning by doing*).
- Aprender utilizando (*learning by using*).
- Aprender consumiendo (*learning by consuming*).
- Aprender olvidando (*learning by forgetting*).

Además de los efectos del aprendizaje, la utilidad y la función de producción de cada agente puede ser influenciada por acciones tanto intencionales como no intencionales por parte de otros agentes. El cambio estructural en este sentido, más bien, debe observarse como el resultado de un esfuerzo autónomo de aprendizaje por los agentes, y como la resultante del cambio inducido por las otras partes. De acuerdo a esta aproximación, las organizaciones hacen más que jugar o cambiar el precio de las cantidades de producción y viceversa; sino más bien dichas organizaciones son capaces de manipular de forma interactiva la estructura del sistema. La tecnología, los gustos y las tendencias en un tiempo "*t*" son el resultado de un estrategia de interacción entre el mercado, en donde los agentes desarrollan sus operaciones en un tiempo "*t-1*", es decir, que la estrategia de interacción en el mercado no sólo determina las cantidades y los precios, sino también, los gustos, las tendencias y la tecnología.

Si determina que el atractivo de un producto resulta ser la compatibilidad y la disponibilidad de productos y/o servicios complementarios, entonces una firma puede convertirse en líder del mercado aun si su tecnología es inferior a las demás. Algunos especialistas argumentan que

la industria de las VCR da un ejemplo de una convergencia tecnológica inferior, reconociendo que Betamax ofrecía mejor calidad de video. En este sentido, otro ejemplo lo ofrece de forma clara Macintosh, su sistema operativo fue claramente superior al de Windows, pero este último se convirtió en un estándar y Apple perdió gradualmente participación de mercado. Aunque Apple se ha convertido en los últimos años en un fuerte contendiente. Se hace necesario comentar el caso de Windows, que si bien es cierto, la base instalada de complementarios y el efecto de la economía de red condujo a una convergencia tecnológica inferior, también es cierto que con el tiempo y mediante el desarrollo de estrategias orientadas al diseño de productos, ha generado y capturado el valor dentro del mercado aprovechando las ventajas de la diferenciación para minimizar los efectos de dicho déficit.

La probabilidad de convergencia en una tecnología inferior se incrementa con la fuerza de circuitos positivos que concede ventajas al líder, independientemente de los atributos tecnológicos en sí mismos. La fortaleza de la economía de red y la compatibilidad, son elementos determinantes independientemente a la calidad, funcionalidad y características del producto (la permanencia del equilibrio, en el caso del teclado por ejemplo, es la importancia de activos complementarios y de entrenamiento, así, los altos costos de cambiar a otro sistema, lo hacen un equilibrio estable). La evaluación de los atractivos y las conveniencias de un ensamble tecnológico consolidado, cambian con el tiempo y difieren diametralmente de la evaluación que se realizaba en el pasado, esto es debido a que las preferencias y gustos dependen, como se mencionó anteriormente, de un sinnúmero de variables tanto cualitativas como cuantitativas, y es a este fenómeno al que Sterman (2000) le denomina *co-evolución*.

4.4.2 Límites a la Dominancia de Estándares

Los ejemplos de DI y la discusión del modelo de Polya, sugieren que los sistemas con DI rápidamente convergen y se consolidan en un equilibrio estable, el cual persiste de manera indefinida. El sentido de las manecillas del reloj, el teclado QWERTY, a pesar de todo, permanece y seguirá a través de un largo periodo de tiempo. Sin embargo, hay muchos ejemplos dentro de los cuales el estándar dominante ha sido eliminado, esta revolución usualmente ocurre cuando el sistema domi-

nante deviene en obsoleto o es, en sí mismo, derrocado por sus propias contradicciones.

Schumpeter (1942) describe la *destrucción creativa* como un proceso en el que, al destruir las viejas estructuras, se provoca la emergencia de otras nuevas generalmente más eficientes.²³ Antes de la depresión económica de 1929, el ensamble tecnológico imperante (carbón, ferrocarril, telégrafo, el cual se modificó con la crisis) estimuló la aparición de nuevo paradigma. Cuando el sistema alcanzó su equilibrio después de la Segunda Guerra Mundial, las nuevas inversiones ya no refundaron el viejo ensamble tecnológico. En cambio se centraron, animados por diversas innovaciones realizadas dentro de la economía de guerra, en el desarrollo de un nuevo ensamble tecnológico compuesto por los productos energéticos (como la gasolina), el aeroplano y el teléfono. Actualmente la innovación continúa en el campo de las comunicaciones, la digitalización y la conectividad, y el Internet ha contribuido a la destrucción de viejas prácticas, propiciando con esto nuevas formas organizacionales en todos los ámbitos de la sociedad.²⁴

Evidentemente no se requieren grandes convulsiones para el descongelamiento de un sistema (ensamble tecnológico) cerrado en un equilibrio aparentemente estable. Algunos cambios aparentemente inofensivos en la arquitectura tecnológica socavan, a menudo, las bases que sustentan el dominio de una tecnología. Eliminando el estándar o paradigma actual y rompiendo el dominio de empresas aparentemente indestructibles, algunas estructuras tendrán la capacidad de trasladar su dominio, otras no (Kodak es un ejemplo de empresa transeúnte–tecnológico con cierto éxito). Por ejemplo, el transistor hizo a la tecnología de bulbos obsoleta y muchos de los líderes en esta industria fueron capaces de trasladar su dominio a la nueva industria. Lo anterior no siempre es posible, según los especialistas hay pocas evidencias de que las firmas dominantes mantengan su posición de líderes en los nuevos ensambles.

Los mismos circuitos positivos que otorgan ventajas a una empresa o a una industria en la construcción de una red de habilidades, rela-

²³ Joseph Alois Schumpeter (1883–1950). Economista austriaco, una de las mentes más brillantes de la primera mitad del siglo XX.

²⁴ Un excelente trabajo sobre el tema de la Economía Digital es el artículo de Varian, H. R., “Market Structure in the Network Age”, *Understanding the Digital Economy*, editado por Erick Brynjolfsson y Brian Cañ, MIT Press, 2000.

ciones y conocimientos de una tecnología específica, son los mismos que producen inercias que hacen difícil adoptar una nueva tecnología. Empresas como IBM que llegaron a ser exitosas gracias a la explotación de sus elementos de RP, como los de la diferenciación, innovación, servicio y soporte, que claramente eran superiores en la industria, generaban productos técnicamente excelentes y estaban en condiciones de fijar precios altos, obteniendo beneficios extraordinarios, logrando de esta manera los recursos necesarios para futuras inversiones tendientes hacia la diferenciación e innovación. No obstante, IBM encontró límites a su expansión, ya que sus estrategias funcionaron adecuadamente durante los primeros años de la industria de la computación, cuando el costo de las computadoras eran muy altos, el volumen pequeño, los costos en desarrollo y capacitación significaban una fracción modesta de los costos totales, donde las computadoras fueron utilizadas para un conjunto de funciones muy especializadas en ciertos centros de procesamiento de datos.

Conforme los precios de los ordenadores disminuyen, ello da como resultado una mayor disponibilidad y una fácil utilización. En la actualidad con las computadoras personales (PCs), los consumidores cambian equipo de forma más rápida con el fin de estar actualizados. En cuanto al software, hoy en día se desarrollan cada vez más aplicaciones relativamente fáciles de utilizar con interfaces prácticas que se pueden controlar con una acción elemental. Así mismo el costo de fabricación se ha reducido notablemente, aunque los costos iniciales son importantes, las economías de escala compensan dichas erogaciones. De forma paralela los grandes centros de procesamiento de datos han sido reducidos de manera sensible. La economía de red y la compatibilidad tomaron una gran relevancia, la gran cantidad de computadoras en uso crearon lucrativos negocios. El éxito que logró IBM al explotar los circuitos positivos de la innovación y la diferenciación, fueron los mismos elementos que causaron su debilitamiento, destruyendo la efectividad que se había logrado con esa estrategia; en este sentido la diferenciación ya no fue tan importante, como lo es la compatibilidad y la disponibilidad de complementarios. El éxito en un mercado dominado por la compatibilidad, disponibilidad de complementarios (software) y sobre todo de economías de escala requiere una estrategia orientada a la consecución de precios bajos, con el objeto de generar el volumen necesario para solventar los altos costos de desarrollo.

4.5 RESUMEN

En este capítulo se analizó la naturaleza de la llamada dependencia inicial y del concepto de retroalimentación positiva, así como la importancia en la generación y mantenimiento de estándares. Se estudió cuáles son los precursores de la RP, dentro de los que se encuentran las economías de escala y de alcance, el desarrollo de economías de red primarias (número de usuarios) y secundarias (base instalada de bienes complementarios). Se muestra cómo estos elementos pueden ser susceptibles de simularse con esta metodología y se prueba que puede ser una alternativa a la perspectiva tradicional.

En este capítulo se elabora un modelo donde se presenta la circularidad entre publicidad y ventas (ver Anexo E). Se analizan de igual forma, las condiciones que ponen límites o rompen con estándares establecidos, reconocidos como infranqueables, así mismo se muestra la necesidad del reconocimiento y el mantenimiento de los elementos que producen los mecanismos de RP, ya que finalmente son los que imponen y mantienen estándares (la conducta del sistema fue revisada mediante la metodología de simulación dinámica).

CAPÍTULO 5

MODELO DE EQUILIBRIO PARCIAL

Most important, and most difficult to learn, systems thinking requires understanding that all models are wrong and humility about the limitations of our knowledge.

John D. Sterman

5.1 INTRODUCCIÓN

Distintos investigadores han desarrollado una serie de estructuras metodológicas, estadísticas y matemáticas basadas, en gran parte, en el concepto de la optimización analítica, con la finalidad de tratar de encontrar equilibrios y describir las condiciones de estabilidad. El marco de referencia en el que se han apoyado se asocia íntimamente a las dos premisas siguientes: a) el mercado (sin intervenciones) encontrará de forma automáticamente el equilibrio y b) la capacidad del mercado (natural) para alcanzar situaciones de estabilidad y proveer la mejor asignación de los recursos. En este intento de encontrar soluciones analíticas a problemas de la más variada naturaleza, se establece una amplia estructura de supuestos, perdiendo con esto, en algunas ocasiones, la referencia con la realidad.

5.2 EL MODELO DE EQUILIBRIO PARCIAL

La Economía es una ciencia social, donde es difícil establecer un marco analítico en el que cada uno de sus elementos posea un referente matemático. Para ello, se deben utilizar herramientas complementarias con el afán de construir plataformas más creativas y de mayor alcance, que permitan el estudio de los fenómenos económicos sin depender de un conjunto de supuestos que limiten el análisis. Una de las opciones más atractivas se encuentra en el campo de los sistemas dinámicos, como

los describe Forrester (1961), donde cualquier sistema puede ser imaginado y diseñado en términos de flujos interrelacionados y stocks, que cambian a través del tiempo.²⁵ El presente trabajo tiene como objetivo principal, el demostrar cómo el uso de estos conceptos, basados en la SDS, coadyuva a un entendimiento más amplio respecto a la dinámica de algunos de los modelos más comunes de la teoría económica. En particular, se trabajará sobre la dinámica del equilibrio de mercado y el de la renta nacional, pero en un contexto más amplio.

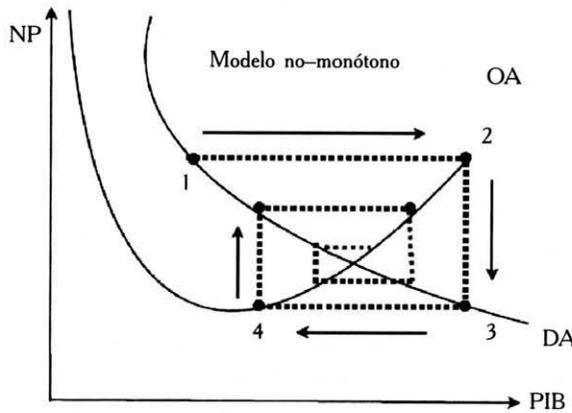
Para ello se debe construir un marco analítico complementario con los modelos matemáticos-estadísticos enfocados a encontrar soluciones de puntos de equilibrio. El modelo de equilibrio parcial que se recrea en este trabajo, no se concentra únicamente en encontrar soluciones únicas, más bien se encarga de estudiar su evolución dinámica (véase Gráfica 5-1. Además de la no-linealidad, conceptos como inercias, rezagos, circularidades, por mencionar algunos, los cuales son intrínsecos al ámbito de los negocios y de la economía, permiten con una creatividad mayor, ser modelados bajo la óptica de la simulación dinámica y aprender más y de mejor manera sobre la conducta de algunos de los sistemas más importantes involucrados dentro del campo económico. El objetivo inmediato es el representar esquemáticamente, pero de manera precisa, la historia y estado actual del modelo, y además por medio de la simulación dinámica proyectar de manera prospectiva la evolución de ese sistema, simulando los efectos dentro de los diferentes escenarios posibles.

Existen en la actualidad diversos casos donde se hace difícil, y en ocasiones imposible, encontrar soluciones analíticas con las cuales ensayar y realizar pruebas sobre sistemas reales, lo cual puede resultar costoso. Mediante la SDS, si bien es cierto que se generan múltiples estados del sistema, éstos son muy útiles para tener un conocimiento más preciso del comportamiento dinámico del sistema que representa. Cuando las ecuaciones de comportamiento son complejas y no se tiene un control efectivo sobre todas las variables exógenas y sobre los cambios estructurales de los parámetros, es preferible generar diversos escenarios del sistema para entender su comportamiento. Específicamente, el fin último de la presente investigación es el de estudiar un

²⁵ Forrester (1980).

sistema que describa la *tendencia al equilibrio*, en un contexto amplio, reproduciendo inicialmente, la evolución histórica de los principales elementos (variables de oferta y demanda agregadas) y disponer de una estructura computacional que permita simular el comportamiento futuro del sistema, ante un conjunto de escenarios alternativos pero plausibles.

Gráfica 5-1
Modelo de Oferta y Demanda con curvas no monótonas



Elaboración propia.

5.2.1 Planteamiento del modelo

Dentro del modelo básico de Oferta y Demanda, el precio es determinado cuando éstas se igualan, sin embargo el mecanismo preciso que alcanza el equilibrio no siempre es explícito. El modelo de la telaraña (*The Cobweb Model*) muestra cómo, automáticamente, se alcanza este equilibrio de forma razonable, sin embargo, para una gran variedad de funciones este equilibrio se torna muy inestable.²⁶ Dicho modelo es

²⁶ El modelo de la telaraña es atribuido a Nihcolas Kaldor, sin embargo la idea fue formalizada por Richard M. Goodwin (1913-1996) en 1947. Se puede consultar en Goodwin (1947: 181-204). También es posible consultar una explicación en español en Gandolfo (1976).

una demostración de la forma en que el comportamiento dinámico de los agentes económicos puede no converger a un equilibrio estable. A lo largo del capítulo se plantea analizar dicho problema, mediante la utilización del SDS, y encontrar un modelo que permita construir un marco de análisis general que libere al decisor de supuestos restrictivos, incorporando otro tipo de funciones más generales prácticas y sobre todo funcionales. A manera de ejemplo y con el fin de ilustrar los alcances de esta metodología, se tomará como muestra el Modelo de Oferta y Demanda Agregadas, utilizado de manera forma en el discurso económico para la descripción de la relación entre crecimiento e inflación.

5.2.2 Oferta Agregada

A continuación se explicará de forma breve los determinantes de la oferta y la demanda agregadas, así como el concepto de equilibrio económico. Bajo la metodología de la SDS y su plataforma computacional, se estudiará de qué manera los cambios en la demanda y oferta agregadas impactan en el crecimiento económico y la inflación. Para ello se ha decidido enunciar de manera sencilla las preguntas obligadas en dentro del análisis económico, como son:

- a) ¿Cuáles son las fuerzas que generan un crecimiento rápido y duradero del Producto Interno Bruto?
- b) ¿Cuáles son las causas de la Inflación, así como las causas que explican el ciclo económico?
- c) ¿Cómo las acciones de Política Económica afectan el Producto y los Precios?

La Oferta Agregada representa el PIB real de una economía, y es la oferta total de bienes y servicios, la cual depende de tres factores a saber: 1) la cantidad de trabajo empleada (L), 2) la cantidad de capital (K) y 3) el estado de la tecnología (T).

$$Y=F(K, L, T) \quad (5-1)$$

En un momento determinado el estado de la tecnología y la cantidad de capital son fijos, pero pueden existir variaciones en la cantidad de

trabajo. En el presente análisis cobra especial interés la distinción entre el corto y el largo plazo. El primero, es un periodo de tiempo donde todos los ajustes se realizan y de esta manera el PIB real se iguala con el PIB potencial produciéndose empleo de forma plena. Asimismo, se supone que en el largo plazo el PIB real es igual al potencial, este último entonces ya no depende del nivel de precios ya que éstos (los precios de los recursos como el de los bienes y servicios finales) varían en la misma proporción. En el corto plazo el PIB real puede estar por debajo o por arriba del PIB potencial y por lo tanto la tasa de empleo puede estar por abajo o por arriba de su tasa natural. La Gráfica 5-2 muestra la Oferta Agregada de corto plazo, la relación es positiva con respecto al nivel de precios de los bienes, recuérdese que se mantiene constante el precio de los salarios y el precio de los recursos (petróleo, electricidad entre otros). El diagrama muestra el modelo parcial de esta función en la plataforma de simulación dinámica.²⁷ En términos funcionales se establece lo siguiente:

$$OA=f(K,L,T,NP) \quad (5-2)$$

En el corto plazo K, L, T son constantes.

Donde:

A= Los precios de K, L, T representan los costos de la Economía.

B= Suponemos que es un indicador de la elasticidad de oferta.

La curva de OA (oferta agregada) tiene pendiente positiva en el corto plazo, debido a que un incremento en los precios, manteniendo constantes los salarios y fijos los costos de K y T, estimula el incremento de la producción. Lo contrario sucede si bajan los precios (ver Gráfica 5-3). Entonces para cada NP (Nivel de Precios) se tiene un nivel de PIBR (PIB real) pero éste puede ser diferente al PIB potencial. Como puede apreciarse en la Gráfica 5-3, donde se presenta el ciclo de la economía.

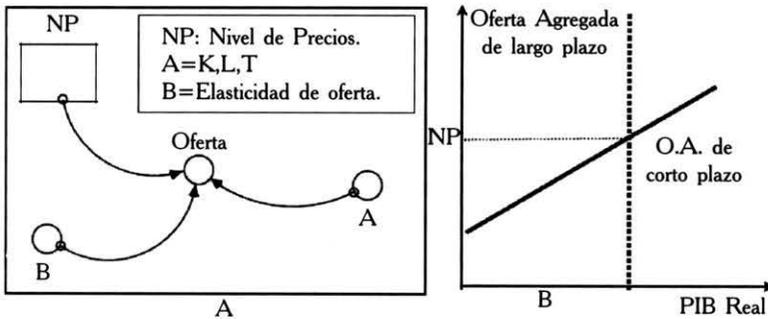
²⁷ La simulación fue hecha en el paquete Ithink. High Performance Systems, Hanover NH (<http://www.iseesystems.com>).

El PIB potencial se mueve en el largo plazo cuando lo hacen algunos de los factores (K, T, L), en cambio, en el corto plazo, los precios de los bienes finales son determinantes en el cambio en la oferta de bienes y servicios.

Gráfica 5-2
La Oferta Agregada

Parte A: diagrama de la oferta de acuerdo a la SDS

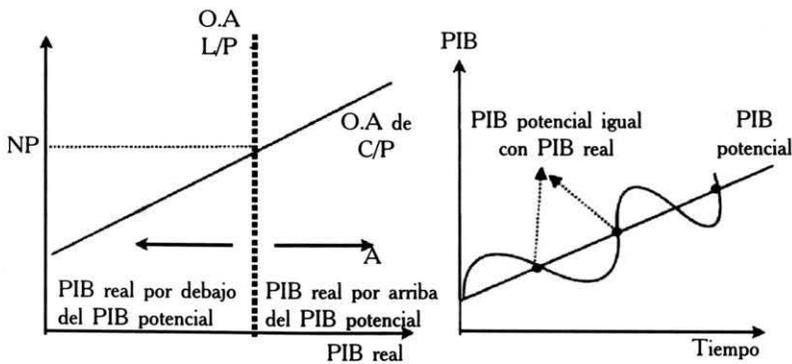
Parte B: modelo clásico de la Teoría Económica



Gráfica 5-3

La Oferta Agregada de largo plazo o PIB potencial.

La Oferta Agregada de corto plazo o PIB real



5.2.3 Demanda Agregada

Se define a la demanda agregada como el monto total de bienes y servicios producidos que son demandados por los consumidores, el gobierno, los negocios y el sector externo.

$$Y=C+I+G+X-M \quad (5-3)$$

Donde:

- C: Consumo privado (la demanda de las familias).
- I: Gastos de Inversión (la demanda de los negocios).
- G: Gastos del gobierno (demanda del Gobierno).
- X: Exportaciones.
- M: Importaciones.
- (X-M): Exportaciones Netas.

Los planes de demanda obedecen en general a muchos factores, entre los principales se encuentran dos:

- 1) El nivel de Precios (NP), las Expectativas (Exp), la Política Monetaria y Fiscal, así como los cambios en los Ciclos de la Economía.
- 2) La Demanda Agregada (DA) es la relación entre el PIBR demandado y el nivel de Precios. Como se puede observar en la Gráfica 5-4, así como su correspondiente presentación en la plataforma de SD.

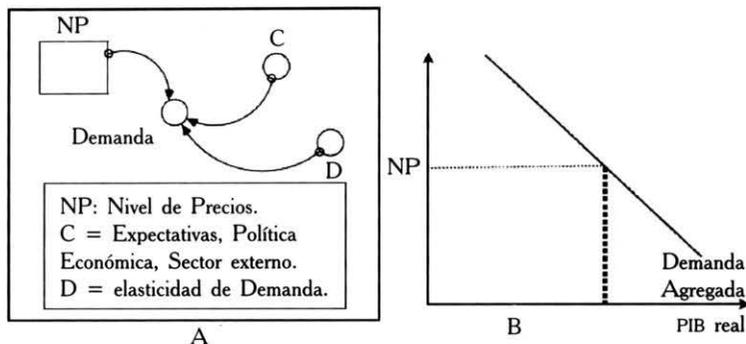
En su forma funcional se establece, igual que para la oferta, lo que sigue:

$$DA=f(E, PE, X, NP) \quad (5-4)$$

Donde:

- C = E, PE, X. (Expectativas, Política Económica, Sector Externo).
- D = Suponemos que es un indicador de la elasticidad de la demanda.
- (En corto plazo E, PE, X son constantes.)

Gráfica 5-4
 La Demanda Agregada
 Parte A: diagrama de la demanda de acuerdo a la SDS
 Parte B: es el modelo clásico



Hay dos razones que explican la pendiente negativa de la función de DA, estos son:

- 1) *Efecto riqueza*: si se incrementan los precios (NP) y las otras variables se mantienen constantes, se reduce el stock real de riqueza (dinero, bonos, acciones), de tal manera que los agentes reducen su consumo actual para restablecer su riqueza, mediante el incremento del ahorro; se reduce la DA. Lo contrario sucede cuando disminuye el NP, aumentando con esto el nivel de riqueza real, reduciendo el ahorro e incrementando el nivel de consumo.
- 2) *Efecto sustitución*: aquí existen dos contextos, uno doméstico o nacional y otro internacional:
 - a) *Efecto doméstico o nacional*: un incremento en NP, manteniendo constante los demás factores, hace decrecer el valor real del dinero y aumenta, como consecuencia, la tasa de interés. Con una mayor tasa, las familias y los negocios evitan pedir créditos reduciendo el presupuesto destinado para el gasto, bajando el consumo de bienes de todo tipo. Por el contrario una caída en el nivel de precios incrementa el valor del dinero y baja la tasa de interés. Ante esto los demandantes tienen estímulos para pedir prestado y aumentar su consumo.

- b) *Efecto internacional*: un incremento en el NP doméstico, en relación a los precios de productos del exterior, provoca un alza en las importaciones y una reducción en las exportaciones, provocando una reducción de la DA. Lo contrario, una baja en NP, estimula las exportaciones y frena las importaciones, impulsando hacia arriba a la DA.

De acuerdo con la función de demanda:

$$DA=f [\text{Expectativas (E), Política Económica (PE),} \\ \text{Sector Externo (X-M), NP}] \quad (5.4.1)$$

Es importante mencionar que la DA depende de cuatro factores determinantes, en el modelo presente se mantienen constantes los factores agrupados en C y que son los que desplazan a la función [E, PE, (X-M)].

5.2.3.1 Expectativas

Las expectativas de un ingreso futuro, de inflación y de los beneficios esperados afectan la DA actual. En cuanto al ingreso, si se posee la esperanza de que el ingreso futuro aumente se incrementará el consumo presente. Lo contrario sucede si esta expectativa es negativa. En cuanto a la inflación esperada, si se estima que ésta sea mayor en el futuro, crecerá el consumo presente, lo contrario sucederá si se espera una inflación menor. Con respecto a los beneficios esperados que perciben los negocios, según sea el signo de éstos se incrementará o disminuirá la inversión presente, afectando de manera importante a la DA.

5.2.3.2 Política Fiscal

La política fiscal son los intentos del gobierno para influir en la actividad económica, fijando principalmente niveles y tipos de impuestos, así como cuidando montos de gasto y estableciendo políticas de deuda. Un mayor incremento en los impuestos reduce el ingreso disponible y, por tanto se ve afectada la DA. Una reducción tendrá los efectos correspondiente pero de forma inversa. El gasto tiene los mismos efectos,

aunque de manera más directa ya que el gasto forma parte de la DA. Una política expansiva del gasto aumenta la DA y viceversa.

5.2.3.3 *Política Monetaria*

Son las acciones que se ejercen sobre la tasa de interés y la cantidad de dinero, operadas principalmente por un banco central. Una política monetaria restrictiva reduce la cantidad de dinero y/o aumenta la tasa de interés, reduciendo con esto el poder de compra de los agentes y disminuyendo la DA. Una medida expansiva aumenta la cantidad de dinero y/o bajando la tasa de interés, atenuando la presión sobre la DA.

5.2.3.4 *Sector Externo*

El efecto dentro del sector externo se produce cuando hay variaciones en el tipo de cambio, una reducción de éste hace más atractivas las importaciones en relación con las exportaciones afectando la DA (dependerá del efecto neto). Por el contrario, un aumento en el tipo de cambio favorece las exportaciones y deprime las importaciones. Por otra parte, un incremento en la actividad de la economía mundial, incrementa las ventas de bienes exportables, aumentando la DA, lo contrario tiene el efecto inverso. Estos movimientos pueden observarse en la Gráfica 6-5. Cabe mencionar que estos efectos no se simulan de forma completa en el presente capítulo, sin embargo se consideró conveniente realizar el comentario correspondiente.

La modelación del sistema se observa en la parte derecha de la Gráfica 5-5.

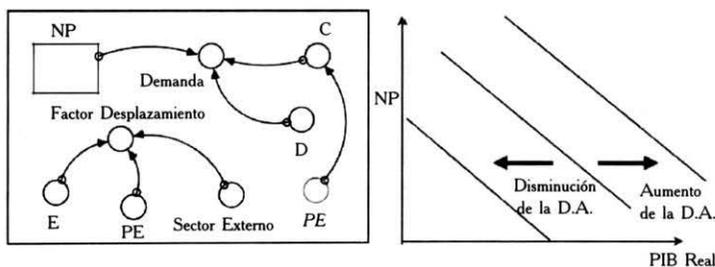
5.3 EQUILIBRIO MACROECONÓMICO Y FORMACIÓN DE PRECIOS

El equilibrio macroeconómico se produce cuando las dos funciones, OA y DA coinciden. Si el PIB real está por debajo del nivel de equilibrio (la demanda es mayor que la oferta), los negocios se verán tentados a incrementar su producción y elevarán los precios. Por el contrario, si el PIB real está por arriba del PIB de equilibrio (la oferta es mayor que la demanda) existen las condiciones para que las empresas reduzcan

la producción y bajen los precios. Estos movimientos se pueden observar a lo largo de la curva de Oferta, de tal manera que se pueden observar como una tendencia dentro del sistema. Por otro lado, esta tendencia al equilibrio puede no coincidir con el PIBP (PIB potencial de largo plazo). Cuando esta tendencia coincide con el PIBP se tiene equilibrio de largo plazo. Como se ha mencionado con anterioridad, uno de los objetivos de la investigación es el de analizar la dinámica de este equilibrio, el cual resulta ser de corto plazo estrictamente, sea éste coincidente o no con el de largo plazo es un asunto que desborda las intenciones de este trabajo.

Gráfica 5-5

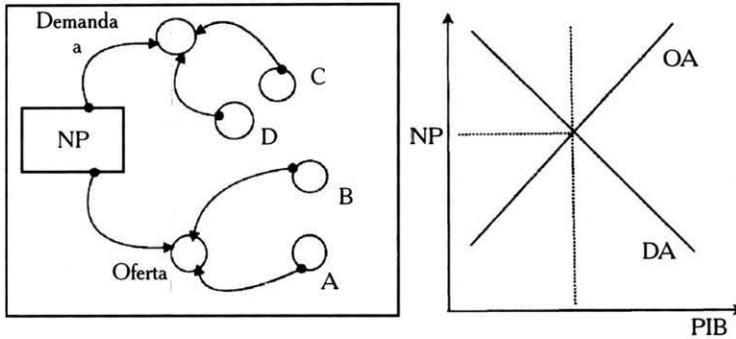
La demanda agregada tiene pendiente negativa por el efecto riqueza y efecto sustitución, pero se desplaza por factores como el sector externo



En la Gráfica 5-6, se muestra el modelo clásico de equilibrio parcial aplicado al análisis macro-agregado (la cual es la modelación desde el enfoque de la SDS). De acuerdo con esta figura, en C están agrupados los factores de desplazamiento de la demanda, y en A los correspondientes de la oferta. Aquí se supone que la tendencia al equilibrio de corto plazo es también la tendencia al equilibrio de largo plazo, entonces este equilibrio ocurre cuando coinciden la DA, OA y el PIB potencial. Este modelo se desarrollará ampliamente en el siguiente apartado.

Gráfica 5-6
El Equilibrio de Mercado.

Su modelación con SDS y el Modelo Clásico del Equilibrio entre
Oferta y Demanda



5.4 EL ENFOQUE DE LA SIMULACIÓN DINÁMICA Y LA TENDENCIA AL EQUILIBRIO²⁸

En el presente apartado se supone el concepto de equilibrio de mercado como una herramienta de pensamiento que permite observar cuáles son las consecuencias para una economía en cuestión: si éste se produce o bien si el sistema se aleja de él. Desde el punto de vista analítico, el planteamiento de Goodwing (el Modelo de la Telaraña), continúa siendo muy atractivo para explicar y entender la dinámica del equilibrio, por lo tanto el modelo se presenta de manera simplificada, de la siguiente forma:

Se supone, además de la monotonía, la siguiente estructura de funciones:

$$D_t = c + dP_t \text{ donde } d < 0 \text{ función de demanda} \quad (5-5)$$

$$S_t = a + bP_{t-1} \text{ función de oferta} \quad (5-6)$$

²⁸ El modelo está basado en el planteamiento original de Ruth Matthias y Bruce Hannon. Estos autores han publicado una serie de libros y artículos donde hacen diversas aplicaciones de la dinámica de sistemas. En particular uno dedicado a la economía: *Modeling Dynamic Economic System*, Springer, 1997.

La oferta no responde al precio actual, si no más bien que es una función de las expectativas que los oferentes se hacen acerca del precio. Para simplificar, se supone que la expectativa corresponde a un modelo ingenuo, es decir que $E(P) = P_{t-1}$. Además se presupone que en cada final de periodo el mercado fija un precio tal que no se generan excedentes, por lo tanto:

$$D_t = S_t \quad (5-7)$$

Por lo que se tiene que:

$$d P_t - b P_{t-1} = a - c \quad (5-7.1)$$

Que es una ecuación en diferencia de primer orden, cuya solución es:

$$P_t = (P_0 - P_e) (b/d)^t + P_e \quad (5-8)$$

Donde:

$$P_e = (a-c)/(d-b)$$

P_e es una solución particular y coincide con la solución del modelo estático, ahora bien, como: $d < 0$ y $b > 0$; $(b/d) < 0$ y el precio tendrá un valor oscilante en torno a su equilibrio. La forma de esta oscilación dependerá de si b es mayor o igual a d , es decir, de las elasticidades de las funciones con respecto al precio. Por ejemplo, el modelo puede iniciar con un exceso en la demanda agregada, ante esta situación –precios altos– los negocios incrementarán su nivel de producción, este aumento en la OA hace que el precio se reduzca y así sucesivamente hasta que se logre el equilibrio.

5.5 MODELO SISTÉMICO

En este modelo se supone (igual que el marco analítico del modelo clásico) el equilibrio como una tendencia más que un valor. Con la salvedad que al interior de dicho modelo interesa la simulación de manera completa con el objeto de modelar bajo condiciones reales de operación. Un punto relevante de la presente investigación es el de trabajar el supuesto de monotonía en la función de la oferta agregada.

Todo apunta a que esta ausencia de monotonía es una característica del proceso de ajuste en los productores. En primera instancia se trabajará alrededor de un modelo que cuenta con oferta y demanda monótonas (pueden ser lineales o no) pero a partir del enfoque de la SDS. Para ello se propone el siguiente sistema:

$$OA(NP_{(t-1)}) = A + B * NP_{(t-1)} \quad (5-9)$$

Condición de Equilibrio.

$$DA(NP_t) = C - D * NP_t \quad (5-10)$$

De la ecuación (6-10) Se deriva:

$$NP_t = \frac{C - A}{D} - \frac{B}{D} * NP_{(t-1)} \quad (5-11)$$

$$NP_t = \alpha - \beta * NP_{(t-1)} \quad (5-12)$$

Donde:

NP: Nivel de Precios.

A: Factores de desplazamiento de la Oferta Agregada.

B: Sensibilidad de la Oferta Agregada ante movimientos en el Nivel de Precios.

C: Factores de desplazamiento de la Demanda Agregada.

D: Sensibilidad de la Demanda Agregada ante movimientos de la Demanda Agregada.

La gráfica de la modelación del modelo puede apreciarse en la Gráfica 5-7.

El modelo se programa de la forma siguiente:

$$NP(t) = NP(t-dt) + (\Delta P) * dt$$

$$\text{INIT } NP = 1$$

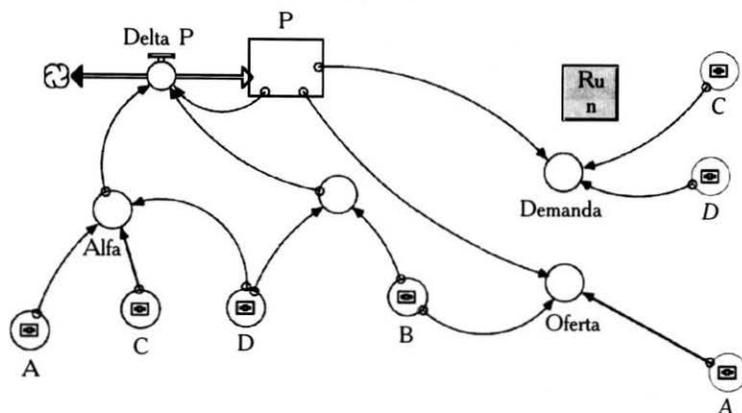
INFLOWS:

$$\Delta P = \alpha - (1 + \beta) * NP$$

Gráfica 5-7

Esquema de la tendencia al equilibrio.

La figura que contienen los convertidores, significan controles de los parámetros



$$A=5, \quad \text{Alfa}=(C-A)/D$$

$$B=4, \quad \text{Beta}=B/D$$

$$C=40, \quad D=5$$

$$\text{Demanda}=C-D*NP, \quad \text{Oferta}=A+B*NP$$

A, B; C; D son parámetros que pueden variar, aquí se reporta una de tantas posibilidades.

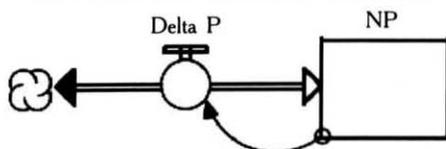
5.6 JUSTIFICACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DEL MODELO

La parte fundamental en la modelación de este sistema descansa en la siguiente estructura (representada en la Gráfica 5-8).

Gráfica 5-8

Relación entre un flujo y un stock.

Se define una ecuación diferencial



El nivel de precios aparece como un stock, cuya función en esta plataforma es representar la acumulación de alguna variable de estado como se muestra en seguida:

$$\text{Stock } (t) = \text{Stock } (t-dt) + (\text{Flow}) * dt \quad (5-13)$$

Rescribiendo la ecuación y sustituyendo dt por Δt se tiene

$$\text{Stock}_t = \text{Stock}_{t-\Delta t} + \Delta t * (\text{Flow}) \quad (5-14)$$

$$(\text{Stock}_t - \text{Stock}_{t-\Delta t}) / \Delta t = \text{Flow} \quad (5-15)$$

Se puede hacer uso del siguiente resultado:

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(X+h) - f(X)}{h} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(X) - f(X-h)}{h}$$

$$d(\text{Stock}) / dt = \text{Flow} \quad (5-16)$$

$$\text{stock} = \int \text{Flow } dt \quad (5-17)$$

Es posible modelar el sistema correctamente debido a que el stock se encuentra precedido por un BIFLOW, el cual permite sumar al stock cuando son números positivos y restarlos del mismo cuando son negativos, en los términos del siguiente modelo:

$$\text{NP}(t) = \text{NP}(t-dt) + (\text{Delta } P) * dt \quad (5-18)$$

$$\text{Si } dt = \Delta t \Rightarrow \frac{\text{NP}(t) - \text{NP}(t-dt)}{\Delta t} = (\text{Delta } P) \quad (5-19)$$

$$\text{Si } \Delta t \rightarrow 0 \Rightarrow \frac{d\text{NP}}{dt} = (\text{Delta } P) \quad (5-20)$$

La ecuación (6-15.1) es una ecuación diferencial de primer orden.

$$\int \text{Delta } P = \text{NP} \quad (5-21)$$

$$\text{El Stock NP} = \int \text{Delta } P \quad (5-22)$$

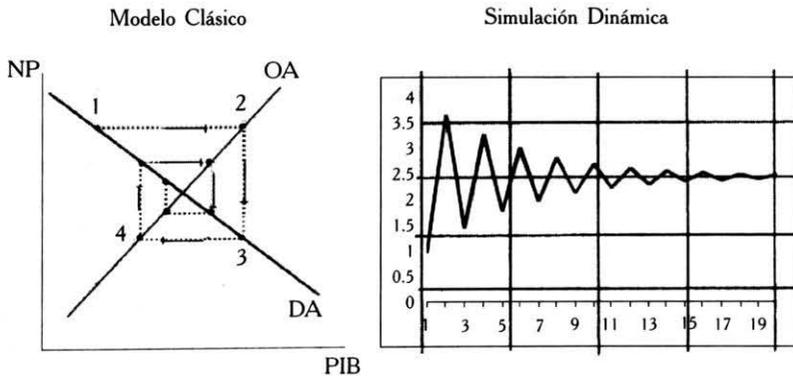
Los tres resultados siguientes (que se muestran en las gráficas 5-9, 5-10, 5-11) son los posibles escenarios a los que puede converger el sistema, definido por el modelo de equilibrio parcial: convergencia a un estado estable, divergente y oscilante en torno a un punto fijo. El planteamiento anterior es desde una perspectiva un tanto diferente a la usual, trata de reproducir la forma estructural del modelo mediante la metodología de la modelación dinámica, estableciendo el modelo con todas sus relaciones de interdependencia y causalidad, de forma que se pueda imitar la dinámica interna en el sistema y sus respectivas bifurcaciones ante cambios externos. Si se toman los siguientes valores para los parámetros involucrados:

Para $A=2.9$, $B=5.9$, $C=40$, $D=7.5$ ALFA= 5.0 BETA= .8

Se tiene:

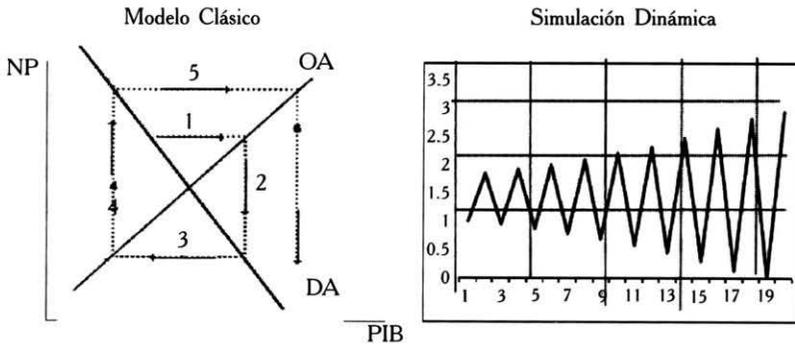
Gráfica 5-9

De acuerdo a ciertas condiciones de elasticidad en las curvas de Oferta y Demanda se tiene una situación de equilibrio estable



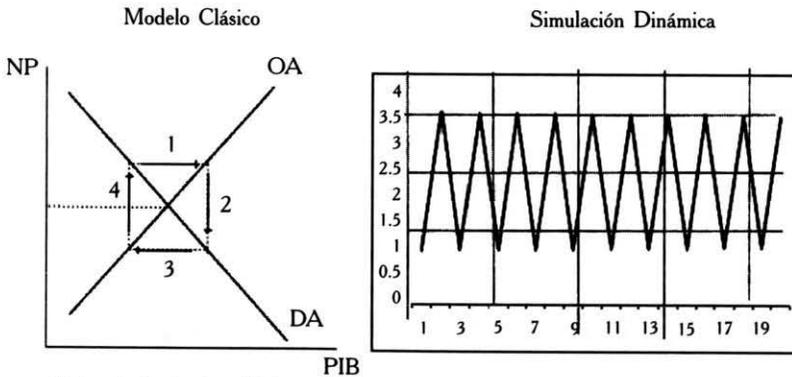
Para $A=2$, $B=10$, $C=30$, $D=9$ ALFA= 3.1 BETA= 1.1

Gráfica 5-10
 En determinadas condiciones de Retroalimentación Positiva,
 el sistema se aleja del equilibrio



Para $A=2.5$, $B=10$, $C=30$, $D=5$ ALFA= 2.7 BETA=1

Gráfica 5-11
 Trayectoria de los precios oscilatoria en torno a un equilibrio



No hay tendencia al equilibrio

Una gran ventaja dentro de la metodología propuesta, entre otras, es que los problemas de *circularidad* pueden ser fácilmente resueltos sin perder el efecto o relación que se busca. El presente estudio destaca las bondades que poseen las metodologías de simulación como un elemento complementario de otros métodos, como los econométricos, cuya utilidad se ve potenciada cuando se les combina con la SDS. De igual forma se busca el desarrollo de modelos de predicción amigables, confiables, sencillos, prácticos y funcionales fáciles de implementar e interpretar. Un problema de carácter más general al del equilibrio parcial y que puede ser susceptible de modelado con gran facilidad, es el de incorporar características mucho más complejas como lo son las expectativas y los rezagos en la formación de precios.

5.7 RESUMEN

En este capítulo se estudia el modelo de equilibrio parcial, uno de los elementos teóricos más importantes de la Economía debido a su interesante dinámica intrínseca, la cual es develada mediante el modelo de la telaraña. En la presente investigación se replica el modelo y se expone la metodología de la simulación dinámica como un instrumento de modelación alternativa. El caso que se expone como ejemplo aplicado, es el mecanismo de mercado aplicado al modelo de *oferta y demanda agregadas*, aunque es un modelo macroeconómico el instrumento con que se analiza la formación de precios el modelo aplicación micro. El objetivo. Es mostrar el desempeño de la metodología, y explorar sus alcances y limitaciones el desarrollo de un modelo simple pero ilustrativo dentro del pensamiento económico.

CAPÍTULO 6

MODELO MACROECONÓMICO DEL INGRESO NACIONAL

I still think and say that Keynesian ideas about how the economy works and what policies can make it work better are relevant today.

James Tobin

1981 Nobel Prize Winner for Economics

6.1 INTRODUCCIÓN

Distintos investigadores han desarrollado una serie de estructuras metodológicas, estadísticas y matemáticas basadas en gran parte en el concepto de la optimización analítica, con el objeto encontrar equilibrios y describir de una forma u otra las condiciones de estabilidad dentro de un sistema en particular. El marco de referencia en el que se han apoyado se asocia íntimamente a las dos premisas siguientes: a) el mercado sin intervenciones encuentra inexorable y automáticamente el equilibrio y b) el auto-equilibrio, es una capacidad prácticamente natural del mercado para alcanzar un estado estable, proveyendo por sí mismo la mejor asignación de los recursos.

6.2 MODELOS MACROECONÓMICOS

Partiendo del hecho fundamental de que la Economía no es estrictamente una ciencia experimental y por lo tanto no puede producir ensayos controlados, los econométricos construyen modelos para interpretar y explicar los fenómenos económicos; para ello se cuenta con un conjunto de datos pasados (pasivos y no reproducibles), los cuales son tomados como una muestra (la única) para la estimación de un grupo de parámetros que contiene la estructura del modelo propuesto.

El proceso de estudio de los fenómenos conduce casi siempre, al menos dentro de este campo, a proponer modelos con cierta filiación teórica, buscándose que el conjunto de hipótesis propuestas, tenga una

consistencia interna con respecto al paradigma teórico sin perder la correspondencia con los datos que explican dichos fenómenos. Lo anterior conlleva a que, para la construcción de un modelo, se deben conjuntar tres campos, a saber: 1) los datos estadísticos, 2) la teoría económica y 3) la teoría estadística.

Los principios de SD sostienen que el comportamiento de un sistema, independientemente de su naturaleza, depende no sólo de un conjunto de insumos que lo afectan (instrumentos exógenos), sino también de las relaciones estructurales que lo definen y que se encuentran dentro del sistema. En cuanto al problema del equilibrio, dentro del modelo macroeconómico simple, se logra describir su desempeño en el tiempo ante choques externos, así como las relaciones de carácter interno que dan cuenta del comportamiento dinámico de los agentes involucrados.

6.3 EL MODELO SIMPLE DE LA RENTA NACIONAL

El marco analítico propuesto permite la reproducción de estructuras complejas con un lenguaje simple y claro, en muchos casos con mayor alcance que la aproximación puramente analítica. En primera instancia analizaremos un problema sencillo del sistema keynesiano de determinación de la Renta Nacional de dos ecuaciones.²⁹ El primer elemento de este ejemplo es una función de consumo que describe la relación entre el consumo y el ingreso. La función se puede expresar simplemente como:

$$C = a + b * Y \quad (6-1)$$

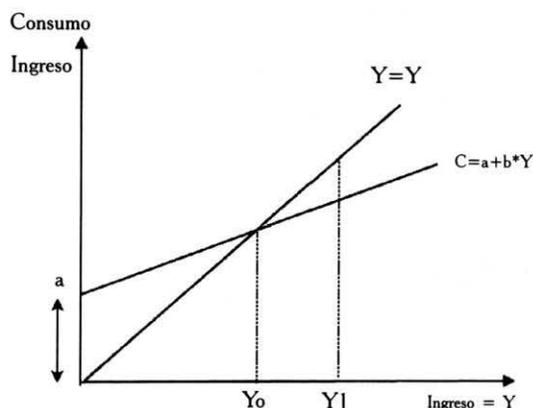
De acuerdo al modelo Keynesiano, el consumo aumenta cuando se incrementa el ingreso, pero no en la misma proporción. En otras palabras, la primera de estas proposiciones establece que la primera derivada de la función, la propensión marginal al consumo, es positiva pero menor que la unidad, es decir:

$$0 < \frac{dC}{dY} < 1 \quad (6-2)$$

²⁹ Se refiere a la corriente económica fundada por el economista J. Maynard Keynes.

Cuando se utiliza la función de consumo, como elemento de un sistema que permita la realización de simulaciones y predicciones cuantitativas, se hace necesario especificar una forma funcional. De manera práctica resulta más sencillo suponer que el consumo es una función lineal, donde la dC/dY , es igual al valor de la pendiente b y dicha proporción de ingreso que se consume, y disminuye a medida que aumenta el ingreso siempre que el término constante sea positivo (véase la Gráfica 6-1).

Gráfica 6-1
Modelo Simple de Determinación del Ingreso



Por consiguiente, esta función lineal es consistente con los argumentos de Keynes cuando sus coeficientes satisfacen: $a > 0$ y $0 < b < 1$. La función de consumo, por otra parte, es una función del comportamiento de los consumidores. Este sistema complementa el sistema escribiendo la definición de ingreso, con la siguiente identidad contable:

$$Y = C + I \tag{6-3}$$

Esta última ecuación divide el Ingreso en dos componentes: el consumo privado y consumo de bienes de inversión. Ahora bien, se tienen dos ecuaciones (6-18) y (6-20) que definen un sistema con dos variables endógenas (C e Y) y una variable exógena (I), las cuales son

determinadas hacia el interior y el exterior del sistema respectivamente. De esta forma, los valores de C e Y están en función de I y de los parámetros estructurales a y b. A este sistema se le conoce como la *forma estructural*, y se define de la forma siguiente:

$$\begin{aligned} Y &= C + I \\ C &= a + b * Y \end{aligned} \quad (6-4)$$

Las proporciones acerca de las relaciones entre las variables, junto con la clasificación de las variables como endógenas y exógenas constituyen el modelo económico. Para que el sistema sea consistente, es decir, para que tenga solución única en términos de los parámetros y de la variable exógena, se hace necesario que el número de variables endógenas sea igual al número de ecuaciones. En este caso resulta ser un sistema de (2x2). La solución se obtiene sustituyendo la ecuación (6-20) en la ecuación (6-18), posteriormente se ordena y se obtiene el siguiente sistema, llamado *la forma reducida* del modelo:

$$\begin{aligned} Y &= \frac{a}{1-b} + \frac{1}{1-b} * I \\ C &= \frac{a}{1-b} + \frac{b}{1-b} * Y \end{aligned} \quad (6-5)$$

Donde $(1/(1-b))$ es llamado *multiplicador de la inversión*.

Las ecuaciones anteriores resultan de colocar todas las variables endógenas en función de todas las variables exógenas. Si se conocen los valores numéricos de: "a", "b", e "I", éstos se pueden utilizar para la predicción y simulación de los valores correspondientes a C y Y. En cuanto a la estimación de los parámetros estructurales, la econometría ha desarrollado un herramental analítico para su obtención a partir de la estimación de los parámetros de forma reducida:

$$\begin{aligned} Y &= \frac{a}{1-b} + \frac{1}{1-b} * I \Rightarrow C = \pi_{1,1} + \pi_{1,2} * I \\ C &= \frac{a}{1-b} + \frac{b}{1-b} * Y \Rightarrow Y = \pi_{2,1} + \pi_{2,2} * I \end{aligned} \quad (6-6)$$

Simplificando el sistema (6-23) se obtiene:

$$\begin{aligned} C &= \pi_{1,1} + \pi_{1,2} * I \\ Y &= \pi_{2,1} + \pi_{2,2} * I \end{aligned} \Rightarrow Y = \Pi * X \quad (6-7)$$

Por su parte la forma estructural viene determinada por:

$$Y = \begin{matrix} a+b*Y \\ C+I \end{matrix} = \begin{matrix} C-b*Y-a & 0=0 \\ -C & Y & 0 & -I=0 \end{matrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} 1 & -b \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C \\ Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -a & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (6-8)$$

$$\begin{aligned} BY + \Gamma X &= 0 \Rightarrow BY = -\Gamma X \Rightarrow B^{-1} BY = B^{-1} \Gamma X \Rightarrow \\ Y &= -B^{-1} \Gamma X \end{aligned} \quad (6-8.1)$$

Por lo tanto la ecuación (6-25.1) es una solución única, es precisamente la forma reducida que se derivó anteriormente. De manera que, la relación entre los coeficientes de la forma reducida y los de la forma estructural es:

$$\begin{aligned} Y &= B^{-1} \Gamma X \Rightarrow \\ \Pi &= -B^{-1} \Gamma X \end{aligned} \quad (6-8.2)$$

Donde Y es el vector de variables endógenas, X el de las variables exógenas y (6-7.2) resulta ser la matriz de parámetros estructurales. En este trabajo el tratamiento estocástico y el llamado sesgo de las ecuaciones simultáneas, es dejado de lado, debido a que el propósito principal es el de discutir la dinámica que se presenta en el desarrollo de este tipo de modelos.

La siguiente etapa se concentra en el estudio de la dinámica del modelo, con el objeto de predecir y simular bajo diferentes escenarios alternativos. Ahora véase el modelo (6-9) y su respectiva dinámica en la Gráfica 6-2.

$$\begin{aligned} C &= 1000 + .75 * Y \\ Y &= C + I \\ \text{con } I &= 2500 \end{aligned} \quad (6-9)$$

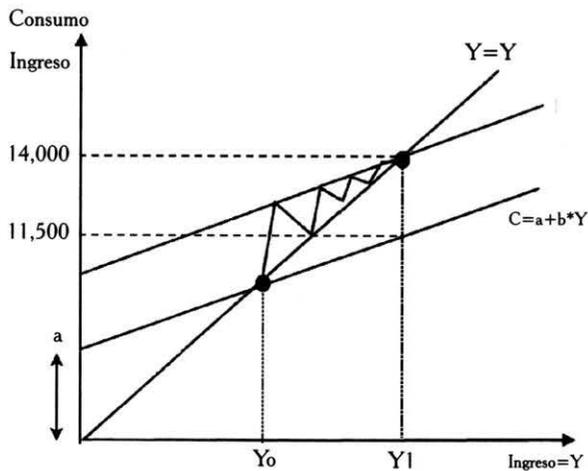
Donde la ecuación del consumo está representada por un acumulador (stock, el cual es alimentado por un flujo que precisamente es la ecuación descrita anteriormente). Tanto el consumo como el ingreso son variables de flujo, el acumulador posee un drenaje que permite

estudiar el nivel del consumo que se alcanza cada vez que se simula (ver Apéndice F)

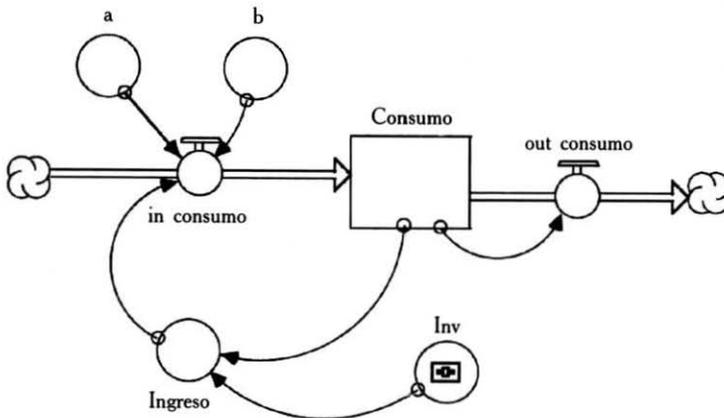
Una vez resuelto el modelo mediante las herramientas tradicionales, se procederá a resolver el mismo problema pero bajo el enfoque de la SDS (Gráfica 6-3). En la Gráfica 6-4 se exhibe la trayectoria de las variables endógenas, el consumo y el ingreso, en función de la variable exógena "I" de los dos parámetros estructurales, consumo autónomo (a) y propensión marginal a consumir (b).

Gráfica 6-2

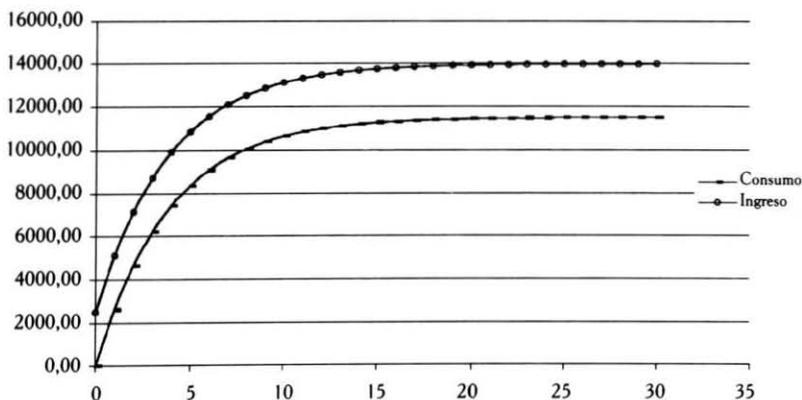
Tendencia al equilibrio iniciando con un cambio autónomo en los gastos de inversión de 2500



Gráfica 6-3
 Modelo de SD, para el caso simple del modelo
 de determinación del ingreso



Gráfica 6-4
 Tendencia al equilibrio del ingreso y el consumo



6.4 MODELO DE KLEIN

El objetivo de esta sección, es la de discutir una ampliación del modelo anteriormente planteado mediante el modelo de Lawrence Klein.³⁰ Por su carácter didáctico este modelo reúne las características necesarias para discutir los alcances y limitaciones que los modelos econométricos poseen para la realización de predicciones a partir de variables endógenas, con base en diversos escenarios de política económica. Como se ha planteado con anterioridad, el enfoque de la SDS posee alcances que permiten reproducir la dinámica interna y sobre todo observar a detalle, las intrincadas relaciones que se producen con el fin de comprender de mejor manera su funcionamiento interno. Ahora bien, aquí se trata de reproducir la forma estructural del modelo (no la forma reducida) planteando éste con todas sus relaciones de interdependencia y causalidad, de forma tal que se pueda replicar su comportamiento en el tiempo ante cambios externos de manera más general. La construcción de modelos econométricos (de especificación y estimación) han alcanzado elevados niveles de sofisticación; sin embargo, en lo referente a la simulación del modelo no se ha cuidado lo suficiente, de tal manera que las cuestiones que inmiscuyen la simulación no suelen ser tan satisfactorias, como lo son otras formas del modelado en SDS.

6.5 EL MODELO

El modelo de Klein tiene en la actualidad un valor pedagógico imponderable, ya que ha servido durante los últimos cuarenta años como estudio de uno de los casos más importantes para los econométricos, y fue estimado por el profesor Klein en 1950 con información de la economía americana de 1920 a 1941 (se anexan los datos resultantes con el propósito de que se puedan contrastar con los resultados de la simulación presentados en este documento). Es por ello, que se intentará corroborar su dinámica y su consistencia interna con la metodología antes enunciada. El paradigma teórico utilizado para la especificación del modelo es la teoría keynesiana. A continuación se presenta el modelo con sus respectivas ecuaciones simultáneas:

³⁰ Lawrence R. Klein (Premio Nobel de Economía 1980).

$$\begin{aligned}
C_t &= \alpha_0 + \alpha_1 P_t + \alpha_2 P_{t-1} + \alpha_3 (W_t^p + W_t^g) + e_{t1} \\
I_t &= \beta_0 + \beta_1 P_t + \beta_2 P_{t-1} + \beta_3 K_{t-1} + e_{t2} \\
W_t^p &= \gamma_0 + \gamma_1 X_t + \gamma_2 X_{t-1} + \gamma_3 A_t + e_{t3} \\
X_t &= C_t + I_t + G_t \\
P_t &= X_t - T_t - W_t^p \\
K_t &= K_{t-1} + I_t
\end{aligned}
\tag{6-10}$$

Donde:

C, I, Wp, X, P, y K es el vector de variables endógenas del modelo.

Los rezagos se toman como variables predeterminadas.

C: Consumo.

I: Inversión Privada.

Wp: Salarios Privados.

X: Producto Interno Bruto.

P: Beneficios de los Empresarios.

K: Formación Bruta de Capital.

Variables exógenas del modelo: Wg, G, y T.

Wg: Salarios de la Burocracia.

G: Gasto del Gobierno.

T: Impuestos.

La estimación tomada para este ejercicio, es la que resulta del proceso de estimación en dos etapas, y que arroja los siguientes resultados:³¹

$$\begin{aligned}
C_t &= 16.5 + .019 P_t + \alpha_2 * P_{t-1} + .810 * (W_t^p + W_t^g) + e_{t1} \\
I_t &= 20.2 + .149 * P_t + .616 * P_{t-1} - .157 * K_{t-1} + e_{t2} \\
W_t^p &= .065 + .43 * X_t + .14 * X_{t-1} + .130 * A_t + e_{t3} \\
X_t + T &= C_t + I_t + G_t \\
X &= W_g + W_p + P \\
K_t &= K_{t-1} + I_t
\end{aligned}
\tag{6-11}$$

³¹ Maddala (1977: 242).

La modelación del sistema anterior se puede apreciar en la Gráfica 6-5, donde se tienen tres stocks para las variables de estado, en este caso corresponden a las variables endógenas que tiene una función de comportamiento. Aunque se ha construido uno adicional para la captura de la formación bruta de capital. Las demás relaciones son identidades contables y se representan por medio de convertidores. En la Gráfica 6-6, se pueden observar las simulaciones para las variables endógenas como: *consumo*, *inversión* e *ingreso*. Como se aprecia en dicha gráfica, el modelo representa fielmente el punto de inflexión para la economía americana que fue la crisis del 29. Es necesario aclarar que esta es una simulación histórica, por lo cual las variables exógenas fundamentales se asumen con sus valores reales (*gasto de gobierno*, *impuestos y salarios gubernamentales*). Por último, en el Apéndice F, son agregados los datos numéricos resultantes de la simulación, con el fin de que se puedan realizar las comprobaciones pertinentes. Cabe destacar que los tres principales stocks representan las variables endógenas, con excepción de la ecuación del capital, mientras que las variables exógenas así como los parámetros estructurales están representados por *converters*.

En cuánto a la función de capital, éste resulta de la acumulación del stock disponible más la inversión nueva. Se supone que en cualquier momento concreto, esta ecuación se cumple. En cuánto a las variables exógenas más importantes en este modelo, como lo es la intervención gubernamental, se supone que el gobierno recauda impuestos al nivel T por unidad de tiempo, realizando además gastos a un nivel G de forma anual. Al mismo tiempo, suponemos que las compras del gobierno no dan lugar a ninguna acumulación de acervos. Por otro lado, se presume que los impuestos reales T , se recaudan de forma que T sea independiente del ingreso real.

Es posible observar que la metodología propuesta resulta ser un medio importante para complementar: 1) las tareas del economista, 2) el análisis, y 3) la simulación de forma estructural. Los resultados numéricos así como la programación de este modelo se presentan en el Apéndice F.

6.6 RESULTADOS CONCEPTUALES

De acuerdo con la clasificación de Richmoon, en contraste, establece que muchos de los modelos mentales que se aplican comúnmente en economía y en general en las organizaciones dependen de los siguientes supuestos:

- 1) Los factores causales actúan independientemente.
- 2) La causalidad opera en un solo sentido.
- 3) Los impactos son instantáneos y muchas veces proporcionales (lineales).

De acuerdo a lo expuesto y desarrollado a largo del estudio, tales supuestos son irrelevantes y absolutamente erróneos debido principalmente a tres razones:

- 1) Los factores causales son interdependientes y este concepto de interdependencia es denominado *Closed-loop Thinking*. Los sistemas de ecuaciones simultáneas son compatibles con el punto de vista del pensamiento sistémico ya que reflejan la interdependencia de dicha realidad. Lo anterior es determinante al momento de analizar la realidad económica, ya en muchas ocasiones resulta difícil el distinguir entre las causas y los efectos, así como dilucidar los factores y resultados de forma clara y precisa, en donde la independencia y dependencia juegan un papel fundamental. Bajo este contexto, la causalidad recíproca (*feedback loop*) es la norma en los sistemas, más aún en los sistemas de la economía y de los negocios.
- 2) Otro elemento importante en economía es el fenómeno de los retardos distribuidos a lo largo del tiempo, es decir, variables como la inversión, cuyo impacto solamente se puede observar a través del tiempo, puede convertirse en una causa. El supuesto de que los impactos son instantáneos, no resulta bajo ninguna circunstancia una visión realista para muchas de las variables dentro de la economía. Es por ello que resulta imperioso abordar los problemas en términos de impactos e influencias entre las variables, pero muchas veces se depende de una simple correlación como elemento suficiente para pasar a la simulación de posibles escenarios. Sin embargo, no siempre es suficiente esta correlación; por ejemplo, el modelo lineal

general $Y=BX$, utilizado profusamente para el análisis y predicción de las variables económicas, en donde Y puede ser predicha mediante el movimiento de la variable X (la forma más común de validar el modelo es el ajuste de la variable estimada con la variable real, pero dentro del vector X pueden existir variables que no son estrictamente esenciales para la generación de Y , puesto que si éstas no ocurren, Y no desaparece. De esta forma la influencia y la correlación no son suficientes para describir de qué forma los elementos están relacionados.

De acuerdo con el pensamiento operacional (*Operational Thinking*) como es el *Closed-loop Thinking*, establece que lo más importante y determinante dentro del sistema son las relaciones causales, es decir, si no existe X , de igual forma no existe Y . La correlación es adecuada si el propósito es el pronóstico, y si las condiciones que prevalecieron, aquellas que determinaron la correlación en el pasado, continúan en el presente. Pero cuando el propósito es la de operar un cambio en alguna variable (consumo por ejemplo), explícitamente buscamos alterar las relaciones que habían en el pasado y crear nuevas relaciones en su lugar. Por lo tanto se deben buscar la relación de causalidad asociada entre Y y X .

- 3) Los impactos no son lineales. El análisis económico utiliza en gran medida las relaciones lineales como herramientas simplificadas para ilustrar los fenómenos que se desean explicar. Como herramientas de pensamiento éstas resultan ser adecuadas; sin embargo, no es difícil encontrar estudios donde algunos especialistas correlacionan alguna clase de información a estas relaciones y traten de obtener conclusiones con base en ellas, las cuales son evidentemente difíciles de encontrar en la realidad. Estos vínculos relacionales son sumamente complejos en su dinámica interna, recuérdese la discusión sobre los fenómenos descritos por los circuitos de retroalimentación positiva y negativa, ya que sus efectos aumentan o disminuyen más que de manera proporcional, ya que estos son precisamente uno de los elementos más importantes en el pensamiento sistémico actual. El suponer que dichos estados permanecen constantes podría distorsionar el proceso de modelación y simulación en la economía y los negocios de una forma no adecuada. Es por ello que la importancia de la plataforma computacional utilizada en el presente trabajo, permite representar problemas complejos, sin perder los detalles que lo

conforman. De este modo se deben utilizar los siguientes supuestos: 1) las variables (X) son interdependientes, la causalidades resultan ser en ambas direcciones ($Y \leftrightarrow X$), 2) los impactos no son instantáneos ni lineales. Si se atienden los supuestos anteriores de manera eficiente y se operan con las herramientas claves del pensamiento sistémico y la simulación dinámica como instrumentos complementarios al análisis matemático, es posible tener modelos realistas y efectivos que sean útiles para el proceso de la toma de decisiones.

6.7 RESUMEN

El presente apartado está dedicado a estudiar la dinámica del modelo simple de determinación de la renta nacional, aunque es un modelo de carácter académico, permite ilustrar el comportamiento de los principales agregados de la economía. Es un modelo de dos ecuaciones con dos variables endógenas y una variable exógena; en donde lo más importante resulta ser la respuesta de las variables endógenas ante movimientos de las variables exógenas en el modelo (solamente se utilizó la variable de *inversión*). De igual forma se estudia el modelo de Klein, el cual es de una dimensión mayor, sin embargo, posee la misma estructura dinámica que el modelo sencillo de la renta nacional. Este ejercicio muestra que la SDS es una herramienta valiosa para el entendimiento de la dinámica interna del sistema (en ocasiones oculta), así como para comunicar de mejor manera su funcionamiento. Cuando se combina la estructura teórica de la economía y la metodología de la simulación dinámica de sistemas, se convierte en una herramienta que posibilita cerrar la brecha entre el concepto económico y los sistemas suaves, en donde las relaciones causales, las preferencias de los consumidores, así como otras variables intangibles, resultan difícil de cuantificar y analizar dentro de los modelos econométricos.

CONCLUSIONES

Los temas expuestos en este trabajo son, en general, de naturaleza teórica, sin embargo, la forma en que se presenta la propuesta metodológica tiene como fin motivar una orientación más pragmática dentro del análisis del comportamiento de los sistemas económicos, bajo la óptica de la SDS; siguiendo el paradigma de la *dinámica comparada*

(estudiando modelos simples pero ilustrativos), iniciando con la *dinámica de la población*, pasando por los conceptos de la *retroalimentación positiva*, la *dependencia inicial* y finalizando con los modelos económicos del *equilibrio parcial* y de la *renta nacional*.

Tanto en la exposición, como en la comprobación de la propuesta, ha sido fundamental el uso de la simulación computacional, la cual resulta de gran utilidad para la representación de dichos fenómenos, siendo una excelente herramienta para el establecimiento de una comunicación efectiva y adecuada entre la realidad, la información y el modelo, produciendo un marco descriptivo con una fuerza conceptual, que permite ofrecer una plataforma complementaria de los esquemas puramente analíticos.

Es importante reconocer que el proceso de modelado también es un proceso de aprendizaje que permite ir capturando todos los aspectos que conforman el espectro del objeto de estudio, permitiendo la afinación y el refinamiento de su estructura, conllevando a descubrir aspectos esenciales sobre el comportamiento del sistema a través del tiempo.

Con la SDS es posible simular una variedad de circunstancias dinámicas de dificultad diversa, su carácter modular le permite ampliarse y conectarse cada vez mejor con las complejas relaciones de la realidad económica. En la actualidad existe una gran disponibilidad de paquetes computacionales muy intuitivos, en los cuales se pueden representar, con facilidad y transparencia, una variedad considerable de sistemas y simularlos adecuadamente. De esta forma, se construye una vía alternativa para el estudio modelación y simulación de situaciones reales, que pueden abarcar desde la microeconomía hasta las finanzas internacionales, pasando por problemas ambientales y las estrategias empresariales.

Dentro de la dependencia inicial, aún siendo todas las rutas igualmente probables, algunos eventos, en ocasiones insignificantes, determinan la trayectoria del curso de acción a seguir, y los elementos de RP se encargarán de amplificar estas pequeñas diferencias iniciales. Una vez que ha surgido el diseño dominante los costos de cambio resultan ser altos. De esta forma, el equilibrio se refuerza y se encierra en sí mismo, persistiendo hasta que surja un nuevo diseño y condene al dominante a la obsolescencia.

Se puede señalar en términos generales que los vehículos conductores de RP que llevan al éxito son, entre otros: la curva de aprendizaje,

los efectos de red, las economías de escala y las economías de alcance. Algunas empresas poseen la inteligencia para la creación de sinergias entre dichos elementos conductores formando un ensamble de éstas, creando con ello estrategias eficaces y eficientes tendientes a la consecución de las metas y objetivos organizacionales.

En cuanto al modelo de oferta y demanda, se demuestra que la solución que se propone con el uso de la SDS, resulta ser más general y de mayor alcance descriptivo, ya que es posible escalar el modelo con mayor complejidad sin necesidad de hacer supuestos demasiado simplificadores que se aparten de la realidad.

El esquema de stocks y flujos utilizado, es una herramienta útil para el manejo de este tipo de modelos económicos. Los stocks son las variables de estado del sistema, sobre los cuales se basan las decisiones y las acciones, siendo éstos una fuente inercia y memoria del sistema. Son por su naturaleza, las variables endógenas dentro un modelo dado como sucede con los precios y las cantidades en el modelo de mercado, y como son el ingreso y el consumo en el modelo de la renta nacional.

El apoyo computacional ha sido determinante para la obtención de los resultados descritos en el trabajo, en donde el lenguaje gráfico ha facilitado sobremanera la tarea de demostración, ya que se puede establecer eficientemente el diagrama de causalidad que describiendo la dinámica de las funciones de comportamiento del sistema. Es un sistema de ecuaciones en diferencias, puesto en un mapa de flujos y stocks, dan como resultado una fácil comprensión y manipulación, añadiendo módulos y realizando el modelo tan general como sea necesario.

Finalmente, se consigue definir de manera concreta la metodología como un ensamble de herramientas entre el *pensamiento sistémico*, las Nuevas Tecnologías Computacionales y de un conjunto de hipótesis sobre el comportamiento de los agentes económicos involucrados demostrándose que el enfoque propuesto posee amplias posibilidades de desarrollo dentro del ámbito económico y empresarial.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, P. and J. M. Mcglade (1987). "Modelling Complex Human Systems: A Fisheries Example", *European Journal of Operational Research*, num. 30, pp. 147–167.
- Arrow, K.J. (1987). "Rationality of self and others in an economic system" in Hogarth, R. M. and Reder, M. W., (eds.), *Rational choice: The contrast between psychology and economics*, Chicago, IL: Univ. of Chicago Press.
- Arthur, W. B. (1989). "Competing Technologies, Increasing Returns and Lock-in by Historical Events", *Economic Journal*, num. 99, pp. 106–131.
- Arthur, W. B. (1990). "Positive Feedbacks in the Economy", *Scientific American*, Feb.
- Arthur, W. B. (1994). *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*, EUA: University of Michigan Press.
- Arthur, W. B. (1996). "Increasing Returns and the New World of Business", *Harvard Business Review*, July–Aug.
- Arthur, W. B. (2000). "Cognition: The Black Box of Economics", *The Complexity Vision and the Teaching of Economics*, David Colander (ed.), Northampton, Mass: Edward E. Publishing.
- Besanko, David (2004). *The Economics of Strategy*, John Wiley and Sons, 3th ed.
- Bessen J. (2002) "Technology Adoption Costs and Productivity Growth: The Transition to Information Technology" *Review of Economic Dynamics*, Volume 5, Issue 2, April 2002, Pages 443–469.

- Booth Sweeney, Linda y John D. Sterman (2000). "Bathtub Dynamics: Initial Results of a Systems Thinking Inventory", Forthcoming, *System Dynamics Review*, Version 1.2. Sep.
- Brickley, James A. (2007). *Managerial Economics and Organizational Architecture*, EUA: McGraw Hill. W. W., 4th ed.
- Calvet González, Gabriela y Carlos Miguel Barber Kuri (2002). "La industria de Telecomunicaciones en México" periódico *El Financiero*.
- Carlton, D. and J. Perloff (2005). *Modern Industrial Organization*, EUA: Pearson.
- Castillo Soto, Manuel y Antonio Cárdenas Almagro (2004). "El conocimiento como insumo estratégico de la Nueva Economía", *Análisis Económico*, revista del Departamento de Economía de la UAM-Azcapotzalco, segundo cuatrimestre, vol. XIX, núm. 41, pp. 95-117.
- Castillo Soto, Manuel y Alfredo Sanchez Daza (2005). "La no-monotonía en el modelo de equilibrio parcial, una aproximación de la simulación dinámica de sistemas", *The Anahuac Journal*, segundo semestre, vol. 5, núm. 2, pp. 49-71.
- Castillo Soto, Manuel y Jesús Lechuga (2005). "Las tecnologías de la información y la nueva Economía", *Reflexiones acerca de la era de la información (New Economics)*, México: UAM Azcapotzalco, pp. 23-68.
- Canton, E., and Nahuis R. (2002) "Vested interests, population ageing and technology adoption" *European Journal of Political Economy*, Volume 18, Issue 4, Pages 631-652.
- Chambers Ch. (2004). "Technological advancement, learning, and the adoption of new technology", *European Journal of Operational Research*, Volume 152, Issue 1, 1 January 2004, Pages 226-247.
- Chiarella, C. (1987). "The Cobweb Model: Its Instability and Onset of Chaos", *Economic Modelling*, pp. 377-384.
- Churchman, C. W. (1968). *The Systems Approach*, New York: Delacorte Press.
- Churchman, C. W. (1971). *The Design of Inquiring Systems, Basic Concepts of Systems and Organizations*, New York: Basic Books.

- Churchman, C. W. (1979). *Systems Approach and Its Enemies*, New York: Delacorte Press, Basic Books.
- Davis, Jason P., Kathleen M. Eisenhardt and Christopher B. Bingham (2007). "Developing Theory Through Simulation Methods", *Academy of Management Review*, Vol. 32, num. 2, pp. 480–499, Stanford University University of Maryland.
- Díaz, Elena L. y Silvio Martínez (2000). *Iniciación a la simulación dinámica*, Barcelona: Ariel.
- Diehl, E., y J. D. Sterman (1995). "Effects of Feedback Complexity on Dynamic Decision Making", *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, num. 62.
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*, Cambridge MA: Productivity Press.
- Forrester, J. W (1968). *Principles of Systems*, Cambridge MA: Productivity Press.
- Forrester, J. W (1973). *World Dynamics*, Cambridge MA: Productivity Press.
- Forrester, J. W (1978). "Market Growth as Influenced by Capital Investment", *Industrial Management Review*, num. 9(2), pp. 83–105, Also reprinted in Roberts.
- Forrester, J. W and P. Senge (1980). "Tests for Building Confidence in System Dynamics Models", *Management Sciences*, num. 14, New York.
- Forrester, J. W (1988). "The System Dynamics National Model: Macrobehavior from Microstructure, in Computer-Based Management of Complex Systems", International System Dynamics Conference, ed. P. M. Milling & E. O. K. Zahn. Berlin: Springer-Verlag.
- Forrester, N. (1982). "A Dynamic Synthesis of Basic Macroeconomic Theory: Implications For Stabilization Policy Analysis", PhD thesis, MIT Sloan School of Management, Cambridge, MA 02142 (unpublished).
- Gandolfo, Giancarlo (1976). *Métodos y modelos matemáticos de la dinámica económica*, Madrid: Tecnos, vol. 40.
- Goodwin, R. M. (1947). "Dynamical Coupling with Especial Reference to Markets Having Production Lags", *Econometrica*, num. 15, pp. 181–204.

- Hannon, B. and M. Ruth (1994). *Dynamic Modeling*, New York: Springer-Verlag.
- Jaffe, A., Stavins, R. (2005) "A tale of two market failures: Technology and environmental policy" *Ecological Economics*, Volume 54, Issues 2-3, 1 August, pp. 164-174
- Khan, A. and Ravikumar, B. (2002) "Costly Technology Adoption and Capital Accumulation" *Review of Economic Dynamics*, Volume 5, Issue 2, April, pages 489-502.
- Karp, L. & Lee, (2001). "Learning-by-Doing and the Choice of Technology: *The Journal of Economic Theory*, Elsevier, Vol. 100(1), pages 73-92, September.
- Maddala, G. S. (1977). *Econometrics*, New York: McGraw Hill, p. 242.
- Mansfield, Edwin (2005). *Managerial Economics*, WW Norton, 6th ed. McDade, S., Oliva, T. "The organizational adoption of high-technology products for use : Effects of size, preferences, and radicalness of impact" *Industrial Marketing Management*, Volume 31, Issue 5, August 2002, pages 441-456.
- Meadows, D. L. (1970). *Dynamics of Commodity Production Cycles*, Cambridge MA: Productivity Press.
- Morecroft, J. D. W. and D. C. Lane (1991). "Modelling Growth Strategy in a Biotechnology Startup Firm", *System Dynamics Review*, num. 7 (2), pp. 93-116.
- M. Kreps, David (1990). "Corporate Culture and Economic Theory", J. E. Alt and K. A. Shepsle (eds.), *Perspectives on positive political economy*, 90-143, Cambridge & New York: Cambridge University Press.
- M. Kreps, David (2004). *Microeconomics for Managers*, Norton.
- Paich, Mark and Corey Peck (2004). *Pharmaceutical Product Strategy: Using Dynamic Modeling for Effective Brand Planning*, Crc. Press.
- Pires, G. D. and Aisbett, J. (2003). "The relationship between technology adoption and strategy in business-to-business markets: The case of e-commerce" *Industrial Marketing Management*, Volume 32, Issue 4, May 2003, Pages 291-300.
- Plott, C. R. (1986). "Laboratory Experiments in Economics: The Implications of Posted-Price Institutions", *Science*, num. 232, pp. 732-38.

- Richmond B. (2004) "Systems Thinking" High Performance Systems.
- Ruth, Matthias (1993). "Integrating Economics, Ecology and Thermodynamics", Kluwer Academic Publishers.
- Ruth, Matthias (1995). "A System Dynamics Approach to Modeling Fisheries Management Issues: Applications for Spatial Dynamics and Resolution", *System Dynamics Review*, num. 11.
- Ruth, Matthias and Bruce Hannon (1997). "Modeling Dynamic Economic System", Springer.
- Senge, P. M. (1990). *The Fifth Discipline: the Art and Practice of the Learning Organization*, New York: Currency-Doubleday.
- Senge, P. M. (1990). "Catalyzing Systems Thinking Within Organizations", *Advances in Organization Development*, F. Masarik (ed.), Norwood NJ: Ablex.
- Senge, P. M. and J. Sterman (1992). "System Thinking and Organizational Learning: Acting Locally and Thinking Globally in the Organization of the Future", *European Journal of Operational Research*, num. 59(1), pp. 137-150.
- Shapiro, Carl and Hal R. Varian (1998) "Information Rules: A Strategy Guide to the Networking Economy", *Harvard Business Review*.
- Stella and ithink (2005). *High Performance Systems*, Hanover NH.
- Sterman, J. D. (1984). "Appropriate Summary Statistics for Evaluating the Historical Fit of System Dynamics Models", *Dynamica*, num. 10(2), pp. 51-66.
- Sterman, J. D. (1985). "A Behavioral Model of the Economic Long Wave", *Journal of Economic Behavior and Organization*, num. 6(1), pp. 17-53.
- Sterman, J. D. (1986). "The Economic Long Wave: Theory and Evidence", *System Dynamics Review*, num. 2(2), pp. 87-125.
- Sterman, J. D. (1987). "Expectation Formation in Behavioral Simulation Models", *Behavioral Science*, num. 32, pp. 190-211.
- Sterman, J. D. (1989). "Misperceptions of Feedback in Dynamic Decision Making", *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, num. 43(3), pp. 301-335.

- Sterman, J. D. (1989b). "Deterministic Chaos in an Experimental Economic System", *Journal of Economic Behavior and Organization*, num. 12, pp. 1–28.
- Sterman, J. D. (1989c). "Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment", *Management Science*, num. 35(3), pp. 321–339.
- Sterman, J. D. and J. Wittenberg (1999). "Path Dependence, Competition, and Succession in the Dynamics of Scientific Revolution", *Organization Science*, num. 10(3), pp. 322–341.
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, EUA: McGraw–Hill.
- Sterman, J. D. (2001). "System Dynamics Modeling: Tools for Learning in a Complex World", *California Management Review*; Summer.
- Tse D. N. and Grossqlause M. (2002). "Mobility increases the capacity of ad hoc wireless networks", *IEEE/ACM Transactions on Networking*, volume 10, pp. 477–486.
- Varian, H. R. (1999). "The Art of Standard Wars", *California Management Review*, Winter.
- Varian, H. R. (2000). "Market Structure in the Network Age", *Understanding the Digital Economy*, Erick Brynjolfsson and Brian Kahin (edits.), EUA: MIT Press.
- Varian, H. R. (2001). "The Computer–Mediated Economy", *Association for Computing Machinery, Communications of the ACM*, Mar.
- Varian, H. R. (2004). "The Economics of Information Technology", Cambridge University Press.
- Wheat, David, Teaching Government with System Dynamics Framework before Lessons, President, Wheat Resources Inc. Adjunct Instructor, Virginia Western Community College (notas de clase).
- Wheat, David, Using STELLA to Teach Macroeconomics, Virginia Western Community College (notas de clase).
- Wittenberg, J. and J. D. Sterman (1999). "Path Dependence, Competition, and Succession in the Dynamics of Scientific Revolution", *Organization Science*, Vol. 10, num. 3, May–June.

APÉNDICES

APÉNDICE A

El paquete computacional

El paquete computacional *I think* es una herramienta que permite integrar en un conjunto coherente, distintos elementos que se relacionan e interactúan en un sistema como un todo.

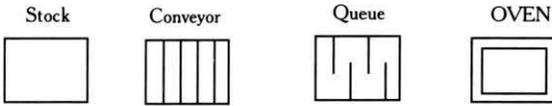
Es un programa basado en cuatro iconos para crear un lenguaje que permite modelar relaciones de cualquier tipo y de cualquier grado, procesos de retroalimentación, circularidades y por supuesto no linealidades.

El lenguaje, con sus cuatro, simples pero funcionales iconos, cada uno con pocas variaciones, es usado para representar cualquier relación sistémica, de esta manera encontramos modelos de la más variada naturaleza; inventarios, finanzas, compras, líneas de espera etcétera. Incluso el programa también es utilizado para conceptos subjetivos como, confianza, compromiso, lealtad etc.

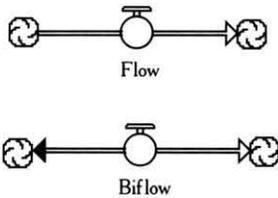
Se trata de construir un mapa inteligente que represente el sistema en cuestión, haciendo más preciso el modelo mental. Lo importante es que este mapa puede ser simulado para estudiar las relaciones que se describen en dicho mapa. Entendiendo como simulación, el cambio del sistema en el tiempo, ante la variación de alguna variable denominada como variable de entrada.

Los modelos presentados en *I think* ofrecen, con todas sus consecuencias, la dinámica intrínseca del conjunto de relaciones entre los elementos que se describen, permitiendo un aprendizaje sobre el funcionamiento y el comportamiento del sistema.

1. Distintas formas de un stock



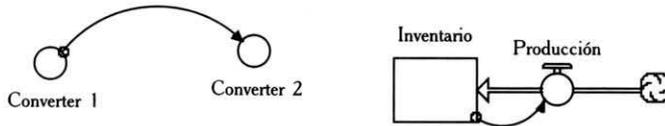
2. Formas distintas de representar un flujo



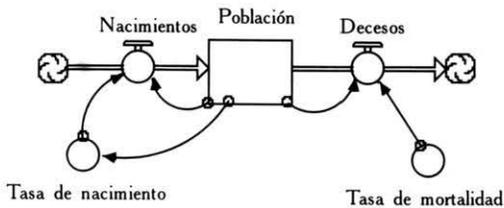
3. El elemento operacional. El convertir



4. El elemento que conecta los distintos elementos: el Conector



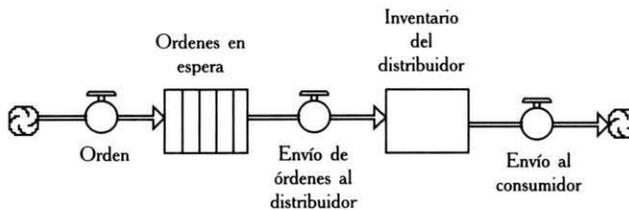
Elemento clásico. La dinámica de la Población



Otro de los elementos importantes de esta solución computacional es que se pueden incluir no sólo elementos cuantitativos, sino también supuestos cualitativos, que los elementos mentales generalmente dejan de lado.

Con este tipo de modelado, se logra mayor detalle y una presentación más congruente del contenido, la cual producirá una simulación más confiable, con un proceso de retroalimentación que mejora el análisis y la predicción de los problemas.

Como ejemplo pensemos en el caso clásico de los movimientos de inventarios y lo importante que es predecir los cambios que se producen en la cadena de suministro, generados por los disturbios ocasionados en el nivel de inventario del distribuidor.



Con este ejemplo gráfico se ilustra que los mapas de *I think* son útiles para desarrollar la capacidad en la intuición del funcionamiento dinámico.

La combinación del paradigma del pensamiento sistémico y la plataforma computacional, ofrecen una poderosa combinación orientada a mejorar la calidad de nuestros modelos mentales e incrementar la confianza en la simulación de éstos.

APÉNDICE B

El paradigma, el método y el lenguaje

Pensamiento Sistémico

Para tener sentido de la realidad, la mente humana la simplifica y la presenta de alguna manera, estas simplificaciones son llamadas modelos mentales.

Y las personas simulan esos modelos mentales para analizar, predecir y determinar:

- a) Qué curso de acción tomar.
- b) Cuál alternativa elegir.
- c) Qué estrategias serán las más adecuadas para alcanzar los objetivos.

Los problemas

1. La estructura de supuestos de los modelos mentales que nosotros construimos, en muchas ocasiones no son suficientemente congruentes con la realidad que ellos están buscando representar.
2. Las simulaciones de estos modelos no rescatan correctamente las consecuencias dinámicas que se implican por los supuestos del modelo.

De acuerdo con Barry Richmond, el pensamiento sistémico es un paradigma, es un método y un lenguaje para construir mejores modelos mentales, simulaciones más confiables y logran mejor la comunicación de sus resultados.

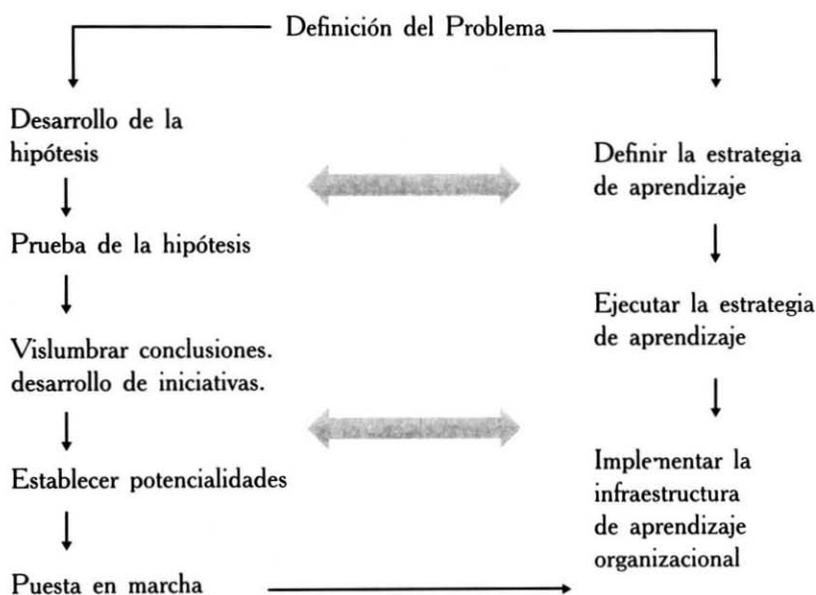
La clasificación de Richmond es:

A) Paradigma:

- 1) Pensamiento dinámico.
- 2) “Visión panorámica” (*View from 10k meters Thinking*).
- 3) Ver el sistema como pensamiento causal.
- 4) Pensamiento operacional.
- 5) Retroalimentación (*Closed-Loop Thinking*).

- 6) Relaciones no lineales (*Nolinear Thinking*).
- 7) Pensamiento científico.

B. El método



APÉNDICE C

Radiografía del proceso de simulación usado en este trabajo

El siguiente esquema está basado en el trabajo publicado en la investigación de Jason P. Davis, Kathleen M. Eisenhardt, Christopher B. Bingham, "Developing Theory Through Simulation Method", *Academy of Management Review*, 2007, Vol. 32, No. 2, pp. 480–499.

<i>Tipo de simulación</i>	<i>Enfoque</i>	<i>Problemas</i>	<i>Supuestos</i>	<i>Teoría Lógica</i>	<i>Experimentos</i>
Sistemas Dinámicos Autores Sastry (1997); Sterman, Repenning y Kofman (1997); Repenning (2002); y Rudolph & Repenning (2002).	Comportamiento de un sistema con temporalidad y causalidad complejas.	¿Cuáles son las condiciones que crean inestabilidad en el sistema?	1. Sistemas de intersecciones circulares y de causalidad. 2. Stocks que acumulan y se vacían en el tiempo. 3. Flujos que especifican tasas dentro del sistema.	1. Descripción. 2. Conexión de un flujo de Insumos a un sistema de circuitos causales, Acumuladores y flujos.	1. Agregar ciclos de RP 2. Cambiar el valor promedio de la tasas del flujo. 3. Cambiar la varianza de las tasas de flujo.

APÉNDICE D

Modelo de tres empresas, para la industria de telefonía celular

Ecuaciones y gráfica

$$Aiusa(t) = Aiusa(t - dt) + (OUTiusa) * dt \text{INIT } Aiusa = 1.$$

INFLOWS: $OUTiusa = Iusa$

$$Amovi(t) = Amovi(t - dt) + (OUTmovi) * dt \text{INIT } Amovi = 1.$$

INFLOWS: $OUTmovi = Movi$

$$Atelcel(t) = Atelcel(t - dt) + (OUTtel) * dt \text{INIT } Atelcel = 1.$$

INFLOWS: $OUTtel = Telcel$

$$Iusa(t) = Iusa(t - dt) + (INiusa - OUTiusa) * dt \text{INIT } Iusa = 1.$$

INFLOWS: $INiusa = \text{IF } PM2 > \text{Rand2 THEN } Iusa * (1 + F2) \text{ else } Iusa.$

OUTFLOWS: $OUTiusa = Iusa$

$$Movi(t) = Movi(t - dt) + (INmovi - OUTmovi) * dt \text{INIT } Movi = 1$$

INFLOWS: $INmovi = \text{IF } PM3 > \text{RAND3 THEN } Movi * (1 + F3) \text{ ELSE } Movi.$

OUTFLOWS: $OUTmovi = Movi$

$$Telcel(t) = Telcel(t - dt) + (INtelcel - OUTtel) * dt \text{INIT } Telcel = 1.$$

INFLOWS: $INtelcel = \text{IF } PM1 > \text{RAND1 THEN } Telcel * (1 + F1) \text{ ELSE } Telcel.$

OUTFLOWS: $OUTtel = Telcel$

$PM1 = Telcel/Total, PM2 = Iusa/Total, PM3 = Movi/Total$

$RAND1 = \text{RANDOM}(0, 1), \text{Rand2} = \text{RANDOM}(0, 1), \text{RAND3} = \text{RANDOM}(0, 1).$

$Total = Telcel + Iusa + Movi$

$F1 = \text{GRAPH}(P1), F2 = \text{GRAPH}(P2), F3 = \text{GRAPH}(P3).$

$P1 = \text{GRAPH}(Atelcel), P2 = \text{GRAPH}(Aiusa), P3 = \text{GRAPH}(Amovi).$

APÉNDICE E

Modelación de la circularidad entre las Ventas y la Publicidad.

Modelo donde se muestra el fenómeno de la circularidad. El ejemplo analiza la relación circular entre Ventas y Gastos de Publicidad.

Modelo:

$$PUB = a + b * BEN \quad (1)$$

$$VEN = c + d * PUB - e * Precio \quad (2)$$

$$ING = Precio * VEN \quad (3)$$

$$CT = CU * VEN \quad (4)$$

$$BEN = ING - (CT + PUB) \quad (5)$$

Programación:

$$PUB(t) = PUB(t - dt) + (EqPub - ExitPUB) * dt \quad INIT \quad PUB = 0$$

INFLOWS:

$$EqPub = a + b * BEN$$

OUTFLOWS:

$$ExitPUB = PUB$$

$$VEN(t) = VEN(t - dt) + (EqVen - ExitVEN) * dt \quad INIT \quad VEN = 0$$

INFLOWS:

$$EqVen = c + d * PUB - e * Precio$$

OUTFLOWS:

$$ExitVEN = VEN$$

$$BEN = ING - (CT + PUB)$$

$$CT = CU * VEN$$

$$CU = 2$$

$$ING = Precio * VEN$$

$$Precio = 7$$

$$a = 1000$$

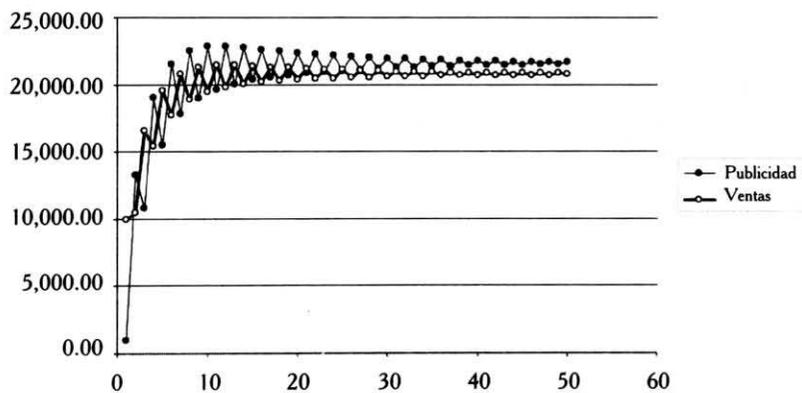
$$b = .25$$

$$c = 1000$$

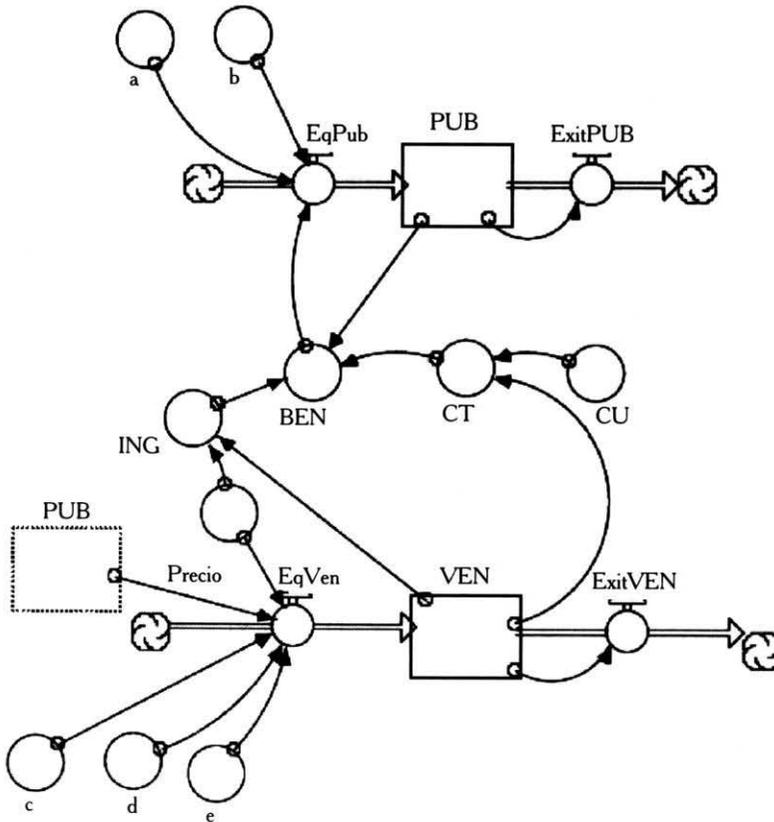
$$d = .5$$

$$e = .2$$

Gráfica 1
 Modelo de Simulación Dinámica para analizar la relación circular
 entre Ventas y Publicidad.
 Ejemplo hipotético



Gráfica 2
Diagrama del modelo para analizar la relación
circular entre Ventas y Publicidad.
Ejemplo hipotético



APÉNDICE F

Resultados y programación del Modelo de Klein

18:12 15/5/07 Table 1 (RESULTADOS. SIMULACIÓN KLEIN)

Years	Ct	P	WtP	It	KT	Y	Wg	G	T
Initial	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.20	2.40	3.40
20	19.14	34.70	0.78	20.14	2.00	35.48	2.70	3.90	7.70
21	20.03	23.43	16.04	20.14	21.14	39.47	2.90	3.20	3.90
22	39.76	40.08	22.97	25.19	22.14	63.05	2.90	2.80	4.70
23	43.28	50.83	34.03	41.87	46.33	84.86	3.10	3.50	3.80
24	56.17	44.05	47.19	37.27	64.02	91.24	3.20	3.30	5.50

35	93.18	35.18	71.25	18.65	273.76	106.43	7.40	2.90	8.30
36	89.66	34.85	65.89	13.48	280.65	100.74	6.70	4.30	6.70
37	83.54	27.12	62.07	7.74	287.25	89.18	7.70	5.30	7.40
38	81.03	25.60	56.27	3.14	288.39	81.87	7.80	6.60	8.90
39	74.74	21.80	51.48	0.74	290.38	73.28	8.00	7.40	9.60
40	70.62	26.07	46.75	0.00	289.13	72.82	8.00	13.80	11.60

RESULTADOS. SIMULACIÓN KLEIN: (1)

Programación del Modelo de Klein.

$Ct(t) = Ct(t - dt) + (InCon - OutCon) * dt$ INIT $Ct = 1$
 INFLOWS: $InCon = a1 + a2 * P + a3 * (WtP + Wg) + a4 * Delay(P, 1)$
 OUTFLOWS: $OutCon = Ct$ $It(t) = It(t - dt) + (InINV - OutINV) * dt$ INIT $It = 1$
 INFLOWS: $InINV = b1 + b2 * delay(P, 1) + b3 * delay(P, 2) - b4 * delay(KT, 1)$
 OUTFLOWS: $OutINV = It$ $KT(t) = KT(t - dt) + (inKt - outKt) * dt$ INIT $KT = 1$
 INFLOWS: $inKt = It + delay(Kt, 1)$
 OUTFLOWS: $outKt = KT$ $WtP(t) = WtP(t - dt) + (InWP - OutWP) * dt$ INIT $WtP = 1$
 INFLOWS: $InWP = g1 + g2 * Y + g3 * DELAY(Y, 1) + g4 * tiempo$
 OUTFLOWS: $OutWP = WtP$
 $a1 = 16.55, a2 = .019, a3 = .810, a4 = .214$

$$b1=20.3, b2=.150, b3=.616, b4=.157$$

$$g1=.065, g2=.439, g3=.147, g4=.130$$

$$P=Y-WtP \quad Y = Ct+It+G-T$$

$$G=\text{GRAPH}(\text{time})$$

(20.0, 2.40), (21.0, 3.90), (22.0, 3.20), (23.0, 2.80), (24.0, 3.50),
 (25.0, 3.30), (26.0, 3.30), (27.0, 4.00), (28.0, 4.20), (29.0,
 4.10), (30.0, 5.20), (31.0, 5.90), (32.0, 4.90), (33.0, 3.70),
 (34.0, 4.00), (35.0, 4.40), (36.0, 2.90), (37.0, 4.30), (38.0,
 5.30), (39.0, 6.60), (40.0, 7.40), (41.0, 13.8)

$$T=\text{GRAPH}(\text{time})$$

(20.0, 3.40), (21.0, 7.70), (22.0, 3.90), (23.0, 4.70), (24.0, 3.80),
 (25.0, 5.50), (26.0, 7.00), (27.0, 6.70), (28.0, 4.20), (29.0,
 4.00), (30.0, 7.70), (31.0, 7.50), (32.0, 8.30), (33.0, 5.40),
 (34.0, 6.80), (35.0, 7.20), (36.0, 8.30), (37.0, 6.70), (38.0,
 7.40), (39.0, 8.90), (40.0, 9.60), (41.0, 11.6)

$$\text{tiempo}=\text{GRAPH}(\text{time})$$

(20.0, 1.00), (21.1, 2.00), (22.2, 3.00), (23.3, 4.00), (24.4, 5.00),
 (25.5, 6.00), (26.6, 7.00), (27.7, 8.00), (28.8, 9.00), (29.9,
 10.0), (31.1, 11.0), (32.2, 12.0), (33.3, 13.0), (34.4, 14.0),
 (35.5, 15.0), (36.6, 16.0), (37.7, 17.0), (38.8, 18.0), (39.9,
 19.0), (41.0, 20.0)

$$Wg=\text{GRAPH}(\text{time})$$

(20.0, 2.20), (21.0, 2.70), (22.0, 2.90), (23.0, 2.90), (24.0,
 3.10), (25.0, 3.20), (26.0, 3.30), (27.0, 3.60), (28.0, 3.70),
 (29.0, 4.00), (30.0, 4.20), (31.0, 4.80), (32.0, 5.30), (33.0,
 5.60), (34.0, 6.00), (35.0, 6.10), (36.0, 7.40), (37.0, 6.70),
 (38.0, 7.70), (39.0, 7.80), (40.0, 8.00), (41.0, 8.50)

GLOSARIO

- AMD.** (*Advanced Micro Device*). Es un procesador para computadora, competidor del procesador Intel.
- Betamax.** Formato de un tipo de cinta que graba video, producido por la empresa Sony.
- Base Instalada.** Se refiere a la conjunción de varios elementos que satisfacen una necesidad en forma complementaria.
- Circularidades.** Son fenómenos difíciles de modelar porque hay una doble causalidad, por ejemplo: Publicidad y Ventas. Si hay Ventas habrá dinero para gastos de Publicidad, pero si hay Publicidad se estimularan las ventas y así.
- Consumo Autónomo.** Es la parte del consumo que es independiente del nivel de ingreso. En una función lineal, sería la ordenada al origen.
- Curva de Aprendizaje.** Gráfica que muestra una relación inversa entre los costos unitarios y la producción acumulada. Se supone que los costos medios se reducen al acumular experiencia en la producción de un bien o servicio.
- Demanda Agregada (DA).** Es la variable que se compone de los componentes que forman la demanda final, como el Consumo, la Inversión, los Gastos del Gobierno y las Exportaciones.
- Dependencia Inicial (DI) (*Path Dependence*).** Fenómeno que se produce cuando el curso de los acontecimientos (cualquiera que éstos sean) son influidos notablemente por aspectos que sucedieron al inicio del proceso.
- Enfoque Analítico.** Analiza con detalle los componentes de un fenómeno. Es muy potente, aunque en ocasiones puede perder la visión del conjunto. Su implementación matemática en ocasiones depende de fuertes supuestos.

- Enfoque Sistémico.** Analiza los fenómenos desde una perspectiva global. Estudiando la interacción de todos sus componentes y su funcionamiento simultáneo.
- Economías de Escala.** Se refieren a la reducción de los costos unitarios cuándo aumenta el nivel de producción.
- Economías de Alcance.** Es cuando caen los costos al usar los mismos recursos para distintos propósitos.
- Elasticidad.** Indicador que muestra el grado de respuesta del mercado, ante cambios de los factores de demanda. Por ejemplo se habla de la elasticidad precio, elasticidad ingreso, elasticidad publicidad etc.
- Equilibrio de Mercado.** Se refiere a la intersección entre la curva de oferta y demanda. En este trabajo nos referimos al equilibrio parcial de mercado.
- Economía de Red.** Funcionamiento de un mercado donde se establece una red y los consumidores se agregan a ella sin aumentar de manera significativa los costos por este hecho. Por ejemplo la televisión por cable, la red de gas etc.
- Equilibrio Estable.** Cuando se alcanza un equilibrio y ya no existen otras fuerzas que lo modifique.
- Equilibrio Inestable.** Cuando se alcanza un equilibrio y existen otras fuerzas que lo modifican.
- Economía Industrial.** Se le domina a la economía basada en activos físicos (Grandes factorías). Y que dominó en el mundo hasta los años setenta.
- Economía del conocimiento.** Es la economía basada, en gran medida, en activos “digitales”, está fundamentada en las tecnologías de la Información y orientada más al consumidor.
- Efectos de Red.** Son los círculos virtuosos que se forman cuando se establece una comunicación entre consumidores de un mismo bien o uno parecido, lográndose una red que amplifica los beneficios.
- Estándar.** Se denomina estándar a un tipo o patrón uniforme muy generalizado de un producto, proceso o servicio.
- Externalidades Positivas.** Suceden cuando las acciones de terceras personas afectan positivamente sobre el bienestar, los ingresos, las ventas etcétera, de otras personas que no asumieron ningún costo para generarlas.
- Externalidades Negativas.** Suceden cuando las acciones de terceras personas afectan negativamente sobre el bienestar, los ingresos, las

ventas etcétera, de otras personas que no produjeron las condiciones para generarlas.

Equilibrio Parcial. Se refiere al equilibrio entre oferta y demanda, pero en el marco de un solo producto y por lo tanto del mercado de ese producto.

El modelo de la telaraña (*The Cobweb Model*). Es la trayectoria que se forma cuando se desarrolla la tendencia al equilibrio, provocadas por algunas diferencias específicas de las elasticidades de la oferta y la demanda.

Equilibrio Macroeconómico. Así se le denomina a la intersección entre Oferta y Demanda Agregada.

Flujos. Aquí y en este contexto, el flujo es el mecanismo que alimenta a un stock y que representa la razón de cambio del stock.

Integración Horizontal. Es un modelo de negocios que consiste en integrar a varias empresas de giros muy diferentes a un solo mando corporativo.

Integración Vertical. Es un modelo de negocios donde empresas relacionadas (proveedores o distribuidores) se integran en una sola empresa.

I Pod. Aparato minúsculo que sirve para almacenar y escuchar música, video y programas de radio.

I Think. Paquete computacional utilizado para desarrollar modelo gráficos y hacer simulación dinámica. Su lenguaje está compuesto de cuatro iconos básicos. (Acumulador, Flujo, Convertidor y Conector).

Lock in. Cuando el equilibrio se encierra a si mismo. Es decir se generan fuerzas que lo mantienen y lo refuerzan.

Modelo mental. Son los modelos que los seres humanos hacen, generalmente, antes de tomar una acción. Estos modelos son basados fuertemente en la estructura de las intuiciones.

Modelación. Acción de construir modelos, que generalmente representan sistemas, y sirven para reproducir sus comportamientos. Esto es mediante el funcionamiento interrelacionado de los mecanismos parciales que lo componen.

Modelo. Es la representación de un sistema. Una vez definido y acotado el sistema, el modelo se usa para reproducir su funcionamiento y modelarlo.

- Modelo de oferta (O).** Es una función real que depende del precio, de los costos de los insumos y de la capacidad instalada entre otros factores. La propiedad más importante, es que la derivada con respecto al precio es positiva.
- Modelo de Demanda (D).** Función real que depende del precio, de los precios de los bienes sustitutos, de los precios de los bienes complementarios, de los gastos de publicidad, entre otros factores. La propiedad más importante, es que la derivada con respecto al precio es negativa.
- Multiplicador de la Inversión.** Se dice del efecto final que tiene sobre el Ingreso Nacional los gastos de Inversión.
- MS.** Son las siglas en inglés de *Market Share* (Participación de Mercado).
- Monotonía.** Es una propiedad matemática de algunas funciones cuyo comportamiento es continuo y siempre creciente, o decreciente según sea el caso.
- Modelo Simple de Renta Nacional.** Es el modelo keynesiano elemental, donde se tienen dos funciones; una de comportamiento donde se determina el Consumo y otra identidad contable donde se determina el nivel de Ingreso, como la suma del Consumo y de la Inversión.
- Oferta Agregada (OA).** Se le conoce a la variable que concentra la producción nacional de un país, es decir, es el PIB. Algunas veces también se complementa con el monto de importaciones.
- Pensamiento Sistémico.** El enfoque sistémico consiste en analizar los sistemas mediante la descripción de sus partes.
- Producto Interno Bruto (PIB).** Es la producción generada en un país, en un tiempo determinado, y dentro de las fronteras nacionales.
- Propensión Marginal a Consumir.** Parte del ingreso que se destina al consumo, es un valor entre cero y la unidad. En una función lineal sería la pendiente de la recta.
- Qwerty.** Se refiere al teclado convencional en máquinas de escribir y ahora en las computadoras y que es un estándar en todo el mundo.
- Revolución Industrial.** El conjunto de cambios que se dieron en el ámbito económico con la aparición de nuevas fuentes de energía y

de locomoción. Liderando este movimiento, la máquina de vapor y su uso en la locomotora.

Revolución Informática. Son los cambios que vienen experimentando las nuevas generaciones con el uso de una gran red cuyos nodos son las computadoras, esta revolución es caracterizada por la conectividad, la velocidad de comunicación y la digitalización.

Retardos Distribuidos. Cuando una variable distribuye su efecto en otra o en otras variables, en el transcurso del tiempo.

Retroalimentación. Es el retorno de una porción del resultado de un proceso o sistema al insumo que origina el proceso.

Retroalimentación Positiva (RP) (PF). Se refiere a los efectos que origina el retorno y que refuerzan las tendencias en una dirección, amplificando los efectos.

Retroalimentación Negativa (RN) (NF). Son los efectos que origina el retorno y que contrarrestan las tendencias y sirven de balance en el proceso, amortiguando las influencias.

Rendimientos Decrecientes. Segmento de la función de producción, donde el crecimiento de los insumos provoca crecimientos del producto en forma menos que proporcional.

Rendimientos Crecientes. Es el segmento de la función de producción, donde el crecimiento de los insumos provoca crecimientos del producto en forma más que proporcional.

Simulación Dinámica (SD). Es una herramienta de modelado y simulación que permite representar sistemas y simular sus comportamientos pasados y futuros. Es adecuada para estudiar la evolución de fenómenos dinámicos desde la perspectiva del pensamiento sistémico.

Sistema. Un sistema es la percepción de la realidad que se requiere representar y va tomar formas diferentes, de acuerdo a lo que se quiera representar.

Sistema Dinámico. Un sistema que está en función del tiempo. Cambia a cada instante. Generalmente se representa como una ecuación o un conjunto de ecuaciones diferenciales o en diferencias.

Simulación Computarizada. Es la simulación de sistemas por computadora, la potencia de la herramienta computacional permite incorporar y entrelazar submodelos que den cuenta de los detalles

relevantes. De esta forma se logra una complementariedad de los enfoques: analítico y sistémico.

Stocks. Es uno de los elementos más importantes de *I Think*, se puede representar variables que se acumulan o bien que se disipan en el tiempo. En este componente se establece la ecuación en diferencias.

Self-Reinforcing. Se refiere a los procesos de Retroalimentación Positiva que se refuerzan a sí mismos.

Self-Correcting. Se refiere a los procesos de Retroalimentación Negativa que se contrarrestan a sí mismos.

Sesgo de Ecuaciones Simultáneas. Se refiere a la correlación que tiene una variable X con un error aleatorio, debido a la relación que tiene con otra y con la cual está asociada en otra ecuación.

Self-fulfillin. Cuando las expectativas se autocumplen.

Variables endógenas. Son las variables que se determinan dentro del sistema.

Variables exógenas. Se refiere a las variables que se determinan fuera del sistema, son de carácter autónomo.

VHS. Formato de un tipo de cinta que graba video, muy generalizado, producido por varias empresas productoras de electrodomésticos.

Vapor-Ware. Es cuando surge un producto sin que le sean aplicadas todas las pruebas de rigor, a veces sólo es un prototipo.

WINTEL. Se refiere a la conjunción entre el procesador Intel y la plataforma computacional Windows.

WOM. Por sus siglas en inglés (Word of Mouth). Se refiere a la publicidad que se genera verbalmente.

XBOX. Sistema de videojuegos desarrollado por la empresa multinacional Microsoft.

Modelación económica. Una interpretación de la simulación dinámica de sistemas, se terminó de imprimir en enero de 2009, en Artes Impresas Eón, S.A. de C.V. Fiscales núm. 13 Col. Sifón, C.P. 09400, Del. Iztapalapa, Tels.: 56 33 02 11 y 56 33 90 74; <info@arteon.com> La edición estuvo a cargo de Alejandro Martínez Saldívar y consta de 1 000 ejemplares.

Otros títulos de Eón sociales

Poder, actores e instituciones.

Enfoques para su análisis

Ignacio Gatica Lara

Gisela Landázuri Benítez

Juan Reyes del Campillo L.

Ernesto Soto Reyes Garmendia

Gerardo Zamora Fernández de Lara

(Coordinadores)

Enfrentando el cambio: Estrategias de
inserción de los países de la Cuenca
del Pacífico en la Posguerra Fría

Ricardo M. Buzo de la Peña

Enrique Pino Hidalgo

Ana Teresa Gutiérrez del Cid

(Coordinadores)

Integración latinoamericana.

Organismos y Acuerdos 1948-2008

Rodrigo Páez Montalván

Mario Vázquez Olivera

(Coordinadores)

Las transformaciones de la política
y los nuevos movimientos naciona-
les: los casos de Québec y Cataluña

Gabriel Pérez Pérez

César Arturo Velázquez Becerril

2000 - 2006. Reflexiones acerca de
un sexenio conflictivo (3 tomos)

Luis H. Méndez B.

Marco Antonio Leyva P.

(Coordinadores)

Representación política,
instituciones y gobernanza

Laura Valencia Escamilla

(Coordinadora)

Linaje y vida empresarial:

el caso de una familia

judeo-mexicana

Linda Hanono Askenazi

La presente obra es una introducción a la *Simulación Dinámica de Sistemas* y su aplicación en algunos modelos elementales del análisis económico. La vía alterna que aquí se explora, permite modelar situaciones complejas, en las cuales se encuentran presentes estructuras dinámicas igualmente complicadas. El problema de la retroalimentación, las relaciones no lineales y los impactos distribuidos en el tiempo, son características propias de los sistemas dinámicos y son susceptibles de modelarse con esta herramienta. Los modelos mentales no pueden ser confiables para estimar las consecuencias dinámicas de fenómenos cuyos elementos interactúan entre ellos. Y los modelos de la economía-matemática son robustos en muchos sentidos pero su aplicación y difusión, en ocasiones, requieren de un conjunto de supuestos simplificadores que los despegan de la realidad. La ausencia de un enfoque de sistemas dinámicos presupone que muchos problemas a los cuales se enfrentan los encargados de la toma de decisiones, surgen por efectos inesperados de sus propias acciones. La complejidad y la dinámica de la realidad requieren que el modelado considere esta herramienta. Como ejemplo se estudia la competencia de la industria de telefonía celular en México. En dicho modelo se aborda el concepto de la retroalimentación positiva y se discute el concepto de dependencia inicial y la creación de estándares. Asimismo se estudian dos ejemplos prototipos del análisis del equilibrio económico: el modelo de equilibrio parcial y el modelo simple de la renta nacional, son modelos muy intuitivos y su naturaleza es esencialmente dinámica. Su forma elemental nos sirve para mostrar los alcances y las limitaciones de la propuesta que aquí se desarrolla.



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA

