

El enfoque sistémico y la dinámica de sistemas como metodología de la NTE para el estudio de fenómenos complejos¹

The systemic approach and systems dynamics as a methodology of the NTE to the study of complex phenomena

Recibido: 11-04-2016 – Aceptado: 11-05-2016.

Francisco Serra²

Resumen

En el presente artículo se propone la adopción del pensamiento sistémico como enfoque y la dinámica de sistemas como método de investigación en el ámbito de la Nueva Teoría Estratégica (NTE).

El pensamiento sistémico y la dinámica de sistemas son ramas de la Teoría General de Sistemas (TGS). En un sentido amplio la TGS se presenta como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad y, al mismo tiempo, como una orientación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo interdisciplinarias. En cuanto paradigma científico, se caracteriza por su perspectiva holística e integradora, en donde lo que más importa son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen. En cuanto práctica, ofrece un ambiente adecuado a la comunicación entre especialistas y utilizadores.

El objetivo es profundizar la NTE, enmarcada en los conceptos de complejidad, comunicación estratégica, cohesión y articulación social, como retos de las ciudadanías y organizaciones del siglo XXI. A este efecto, se ha organizado una descripción del enfoque sistémico y de la dinámica de sistemas, que son los pilares teóricos fundamentales de la metodología que recomendamos para fortalecer el desarrollo de la NTE.

La metodología consiste en la presentación de un modelo dinámico y un simulador de caja transparente para administrar estratégicamente un destino turístico, proponiendo unas hipótesis dinámicas que, a través de su comparación con modos de referencia basados en la realidad, permitirán retirar importantes conclusiones sobre la utilidad del enfoque sistémico aplicado al estudio de sistemas sociales complejos.

Como resultado de la aplicación del enfoque sistémico para estudiar un fenómeno complejo como es la administración estratégica de un destino turístico mediante dinámica de sistemas, se considera fundamentada, con este ejemplo, que es tan solo uno de tantos que podrían haberse listado, la propuesta de utilizar el enfoque sistémico y la dinámica de sistemas como metodología de la NTE para el estudio de fenómenos complejos, como es *la cohesión y la articulación social como retos de las ciudadanías y organizaciones del siglo XXI*.

Palabras clave

Nueva Teoría Estratégica, pensamiento sistémico, dinámica de sistemas, complejidad, estrategia.

Abstract

The present article intends the adoption of the systems thinking approach and systems dynamics modelling as a research method in the field of the New Strategic Theory (NSE). Systems thinking and systems dynamics are branches of the General Systems Theory (GST). In a broad sense the GST is presented as a systematic and scientific approach for the representation of the reality and, at the same time, as a stimulant for interdisciplinary forms of working and learning. In this scientific paradigm, characterized by its holistic and integrative perspective, what matters most are the relationships and datasets arising from the observation of systemic modes of behavior influenced

¹ Artículo resultado de investigación sobre la Nueva Teoría Estratégica (NTE).

² Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales. Director de la Escuela Superior de Gestión, Hostelería y Turismo de la Universidade do Algarve. Correo electrónico: fserra@ualg.pt

by feedback. Has a practice, offers a suitable environment to communication between experts and users. The objective is to deepen the NST, framed in the concepts of complexity, strategic communication, cohesion and social articulation as challenges of citizenships and organizations of the 21st century. In order to demonstrate this effect, a description of the systemic approach and the systems dynamics is elaborated, since they constitute the fundamental theoretical pillars of the methodology that we recommend to strengthen the development of the NST. The methodology consists in the presentation of a dynamic model and a transparent box simulator to strategically manage a tourist destination, offering dynamic hypothesis which, through its comparison with reality-based reference modes, allow to draw important conclusions about the usefulness of the systems approach applied to the study of complex social systems. As a result of the application of the systems approach to study a complex phenomenon, the proposal to use this approach as a methodology of the NST is consubstantiated.

Keywords

New Strategic Theory (NST), systems thinking, systems dynamics, complexity, strategy.

Introducción

La complejidad de un sistema es la característica única de este sistema y varía según el número de elementos y las relaciones entre ellos. Toda la realidad está organizada en niveles de complejidad. Estos niveles no existen solamente en relación con el mundo vivo y natural, pueden encontrarse en el sistema lingüístico propio y sistemas lógicos y teóricos.

La gerencia de la complejidad representa un intento de concebir una nueva forma de la acción gerencial. Se trata de redefinir el mundo de la gerencia y de las organizaciones, para incluir no solamente las acciones de las personas y sus resultados, sino también los deseos y los puntos de vista de todos los tomadores de riesgo dentro del ecosistema empresarial.

Las características de la creciente globalización agudizan la necesidad de afrontar la complejidad dinámica, para lo cual es necesario avanzar desde un enfoque tradicional de análisis reduccionista a la concepción de determinados fenómenos como sistemas. Consideraciones de esta naturaleza permitieron la incorporación de la Teoría General de Sistemas (TGS) en la filosofía contemporánea de la ciencia, cuya tarea es mostrar cómo los modos de comportamiento de un sistema surgen de su estructura matemática.

El interés por incorporar la TGS al estudio de las organizaciones dio lugar al pensamiento sistémico que, de acuerdo con Senge (1992), nos permite afrontar y resolver problemas complejos, superando nuestra visión fragmentada de la realidad.

Cuando una acción tiene repercusión en el corto y en el largo plazo se dice que tiene “complejidad dinámica”, pues afecta de una manera u otra al sistema y otros sistemas que no alcanzamos a percibir. Así, se tiene que el pensamiento sistémico origina:

Cambio de enfoque en la realidad:

- Conocimiento de interrelaciones en lugar de solo observar la causa-efecto lineal de los elementos.
- Conocimiento de procesos de cambio (a lo largo del tiempo) en vez de momentos estáticos en el tiempo).
- *Feedback* o retroalimentación que es necesario comprender cuando se relacionan los actos, tendiendo a reforzarse o compensarse.

Arquetipos: en el campo del pensamiento sistémico es necesario reconocer e identificar las normas que determinan el ritmo del cambio. Somos prisioneros de estructuras que no conocemos correctamente y con las que debemos aprender a trabajar, así que podemos proceder

a cambios de comportamiento. Sabemos que ciertas estructuras replican comportamientos que se observan en sistemas de diferentes tipos (naturales y sociales). Estas estructuras “genéricas” o “arquetipos sistémicos” son los secretos para aprender a ver estructuras en nuestra vida personal y en las organizaciones.

Los arquetipos sistémicos sugieren que no todos los comportamientos son específicos, y hay un número relativamente pequeño de los arquetipos que se repite en una gran variedad de situaciones. Su dominio pone la organización en su camino a la aplicación de la perspectiva sistémica.

El propósito de los arquetipos es reorientar nuestras percepciones para que podamos identificar las estructuras de acción y darse cuenta de la capacidad de aprovechar en estas estructuras. Una vez identificado, siempre sugerir cambios hacia arriba o hacia abajo de la palanca. Los arquetipos se componen de procesos de fortalecimiento, equilibrio y desplazamiento.

Para entender y modelizar a los sistemas complejos, existe “una forma de pensamiento sistémico que se ha vuelto sumamente valiosa como idioma para describir el logro de un cambio fructífero en las organizaciones [...] llamada dinámica de sistemas” (DS) (Senge et al., 2005, p. 94), para cuya comprensión debemos revisar su versión original: la dinámica industrial (Forrester, 1961), que estudia las características de retroalimentación de la información en esa actividad con el fin de demostrar cómo la estructura organizativa, la amplificación (de políticas) y las demoras (en las decisiones) interactúan e influyen en el éxito de la empresa.

La DS es una metodología de modelado, con características complementarias a las de los métodos cuantitativos y de base estadística, donde los parámetros se derivan directa e individualmente de la base de datos mental, escrita o numérica, permitiendo la construcción

de modelos de sistemas sociales y ecológicos (Aracil, 1986), caracterizados muchas veces por la existencia de escasas bases de datos numéricas, debido a que se centra en el estudio evolutivo de patrones de comportamiento (Bertalanffy, 1976).

La DS es adecuada para modelizar sistemas que presentan complejidad dinámica, bucles de retroalimentación, relaciones no lineales, existencia de retrasos en el envío de la información y de los materiales, y que describen un comportamiento que, en muchos casos, es diferente del que cabría esperar. De hecho, se ha utilizado para modelar, sistemas urbanos, económicos, ecológicos, psicológicos y otros.

Por otra parte, en el ámbito empresarial, la DS tiene aplicación en el diseño de la estrategia, la toma de decisiones, el aprendizaje de las organizaciones, el cambio de modelos mentales y la simulación de escenarios.

Su utilidad radica en que permite una visión integrada de los sistemas, una mejor comprensión de su comportamiento, percibir la situación actual como consecuencia de acciones pasadas, y apreciar cómo las decisiones actuales perfilan el comportamiento futuro de cualquier sistema que se estudie.

El proceso iterativo de modelado mediante DS comprende distintas etapas, como sigue:

1. Descripción o conceptualización del sistema,
2. consiste en determinar el propósito y los límites del modelo;
3. el modo de referencia y la naturaleza de sus mecanismos básicos.

En esta etapa se debe describir el sistema y generar unas hipótesis (teoría) de cómo la estructura genera el comportamiento problemático, su escasa comprensión, o la dificultad para intercambiar información sobre

el mismo, para lo cual es conveniente utilizar los diagramas causales.

Formulación del modelo, es una descripción rigurosa del sistema que consiste en trasladar los diagramas causales en ecuaciones de niveles y tasas, además de los valores de los parámetros. Su formulación podría revelar inconsistencias que obligarían a modificar la descripción previa.

Simulación del modelo, ejecutar el modelo y probar las hipótesis dinámicas, su comportamiento, y su sensibilidad ante perturbaciones externas. La existencia de discrepancias frente al sistema real obligaría a un refinamiento en las ecuaciones o, incluso, a redefinir el modelo, verificando su consistencia estructural.

Realización de pruebas del modelo. El probar las respuestas del modelo ante diferentes políticas, busca determinar aquellas que permitan su mejora. Las alternativas pueden venir de la intuición generada en las etapas previas, la experiencia del analista, o de una prueba automática y exhaustiva de los parámetros. Esta última opción debería ser la menos utilizada, porque se espera que con el proceso de modelado se aliente la creatividad de los participantes.

Educación y diálogo en busca del consenso, consiste en un cambio de enfoque en el liderazgo: los directivos, que suelen estar de acuerdo con el propósito de la organización, pero discrepan en los objetivos y los métodos, pueden experimentar cómo las políticas, a veces, generan comportamientos contrarios a los esperados. Eso es lo que permite el aprendizaje, el diálogo y la búsqueda del consenso.

Implementación de las nuevas políticas. Superados los pasos previos, y las deficiencias propias del proceso interactivo, la implementación puede progresar suavemente, aun cuando pueda necesitar mucho tiempo.

Una realidad socioeconómica y medioambiental compleja

Una teoría de las dinámicas del sistema turístico

La naturaleza dinámica y compleja de la actividad turística, condicionada por múltiples factores (sociales, económicos, ambientales, políticos, etc.), requiere que sea estudiada mediante enfoques integrados y dinámicos, capaces de contemplar todas las variables que condicionan la evolución de un destino. En este sentido, el presente trabajo describe el proceso de elaboración de un modelo desarrollado mediante DS, que pretende reproducir el comportamiento de la actividad turística en un territorio de destino.

A partir del modelo se ha elaborado un *software* de simulación de fácil uso para no iniciados en esta metodología, lo que lo hace factible de ser usado por directivos y decisores públicos para explorar estrategias alternativas en la búsqueda de la información necesaria sobre la evolución posible de las diferentes variables turísticas para la adopción de decisiones.

Seguidamente se comentan sus características y, mediante un breve ejercicio, mostramos su capacidad para generar la evolución esperada de las principales variables de la actividad turística, ante diferentes posibles escenarios futuros que se deseen simular, con lo que proporciona una gran cantidad de información, para la adopción de decisiones estratégicas por parte de la empresa o la Administración Turística.

El turismo se viene afirmando hace tiempo como el conjunto de actividades líder del sector servicios en esta civilización del ocio (Fernández, 1985). De acuerdo con la OMT¹ (1997), las llegadas del turismo internacional alcanzarán los 1.602 millones en el año 2020. Los factores que permiten mantener un ritmo de crecimiento estable parecen ser: la realización de múltiples viajes de corta duración en los países industrializados y la fuerte expansión de los viajes al extranjero (especialmente de

vacaciones a los países en desarrollo). Sin embargo, aun cuando el sector en su conjunto continuará creciendo, la tasa del mismo tiende a disminuir y su dirección y distribución también se modificará (Poon, 1993).

De hecho, bastantes destinos empiezan a mostrar signos de saturación, mientras otros se encuentran en pleno desarrollo. Las empresas turísticas con estrategias de crecimiento se plantean acudir a estos últimos a desarrollar sus nuevas inversiones, a la vez que pueden seguir pensando en potenciar su presencia en los primeros.

Ya se trate de ampliar, modificar o abandonar las actividades que una firma desarrolla en una zona, o de implantar otras nuevas en otra en la que hasta ahora no actuaba, estamos ante decisiones estratégicas de crucial importancia. Decisiones que deben adoptarse con la mayor cantidad de información posible de los diferentes aspectos que configuran la evolución de la actividad turística de un destino.

A pesar de que el turismo es una actividad económica con múltiples componentes, muchos de los trabajos realizados en este ámbito son estudios parciales que revelan propuestas fragmentadas. Por ello creemos que hacen falta estudios multidisciplinarios, que establezcan y demuestren las implicaciones de los conocimientos parciales disponibles en el funcionamiento conjunto de la evolución turística.

Las investigaciones que proponen un marco integrado para el estudio dinámico del sistema turístico son todavía escasas. Los trabajos encontrados ponen de manifiesto la importancia del medio ambiente en el turismo (Briassoulis, 1992), el desarrollo de esta actividad (Bergh, 1991), y sus efectos sobre la renta de la población local (González, 1992a; 1992b).

Esta falta de investigación multidisciplinar no ayuda a que potenciales destinos turísticos oferten sus productos, al igual que no evita que los existentes, a costa de explotar productos maduros, encuentren límites a su crecimiento.

Ante tal situación, la información que una empresa puede disponer para adoptar sus decisiones estratégicas en el contexto de un destino turístico difícilmente será completa si no incluye las claves de la evolución que va a tener el mismo, es decir, de las expectativas de cambio que se pueden esperar con el tiempo, en todos y cada uno de los aspectos implicados: demanda, oferta, competencia, renta, aspectos socioculturales, medioambientales y políticos, infraestructuras de apoyo y ocio, etc.

Metodología

Partiendo de los conceptos fundamentales de la TGS, es fácil caracterizar al sistema turístico como dinámico, abierto y complejo y, como tal, cumplirá las tres características que Richardson (1976) destaca para esta tipología: la existencia de bucles de realimentación, de retardos y de la necesidad de obtener soluciones no lineales. A ellas, Domínguez et al., (1993) añaden una cuarta: la existencia de conflictos de objetivos.

Para entender y modelizar este tipo de sistemas se utiliza la DS como idioma para describir el comportamiento estructural de los fenómenos. La DS es una metodología de modelado, con características complementarias a las de los métodos cuantitativos y fundamentados en la estadística, donde los parámetros se derivan directa e individualmente de la base de datos mental, escrita o numérica, permitiendo la construcción de modelos de sistemas sociales y ecológicos (Araçil, 1986), caracterizados muchas veces por la existencia de escasas bases de datos numéricas, debido a que se centra en el estudio evolutivo de patrones de comportamiento (Bertalanffy, 1976). Se adecua bien al caso que nos ocupa, dado que, al contrario que otros enfoques:

- No pierde la percepción del conjunto al descomponerlo en partes elementales para su estudio (se pierden de vista las interacciones).
- Contempla los bucles de realimentación y retardos, al no trabajar bajo

hipótesis de relaciones causa-efecto unidireccionales y lineales (Goodman, 1974).

- Considera la sinergia provocada por las interacciones entre los elementos, asumiendo que la suma de los comportamientos de estos será diferente al del conjunto.
- Tiene en cuenta la influencia de un entorno cambiante, al tratar la realidad estudiada como sistema abierto.
- Es de caja transparente, lo que permitirá, como es nuestro propósito, no solo estimar el comportamiento que se puede esperar de las variables ante diversos escenarios externos y políticas internas, sino además, el porqué del mismo, lo que contribuirá a aumentar el conocimiento sobre el sistema y, con ello, a mejorar la toma de decisiones (Domínguez et al., 1993).
- Permite aprovechar la información de los profesionales y responsables políticos que trabajan dentro del sistema objeto de estudio.
- Puede incluir la información estadística (tal como son las bases de datos elaborados por agentes independientes) que permitirá conectar variables entre las que existe alguna relación de causa-efecto (López & Martínez, 2000). Con ello se puede establecer la evolución de los elementos endógenos (representados por las variables dependientes), a partir de los valores que formalizan el comportamiento de elementos exógenos en el mismo espacio temporal (Sterman, 1986).
- Será informatizado, lo que permitirá realizar con rapidez múltiples estimaciones sobre cualquiera de los objetivos planteados, permitiendo estudiar a futuros alternativos.
- Se podrá convertir, gracias al *software* actualmente disponible, en un simulador de fácil acceso para los no iniciados en esta metodología, pues nos

conduce a través de menús simples, con un interfaz gráfico muy amigable.

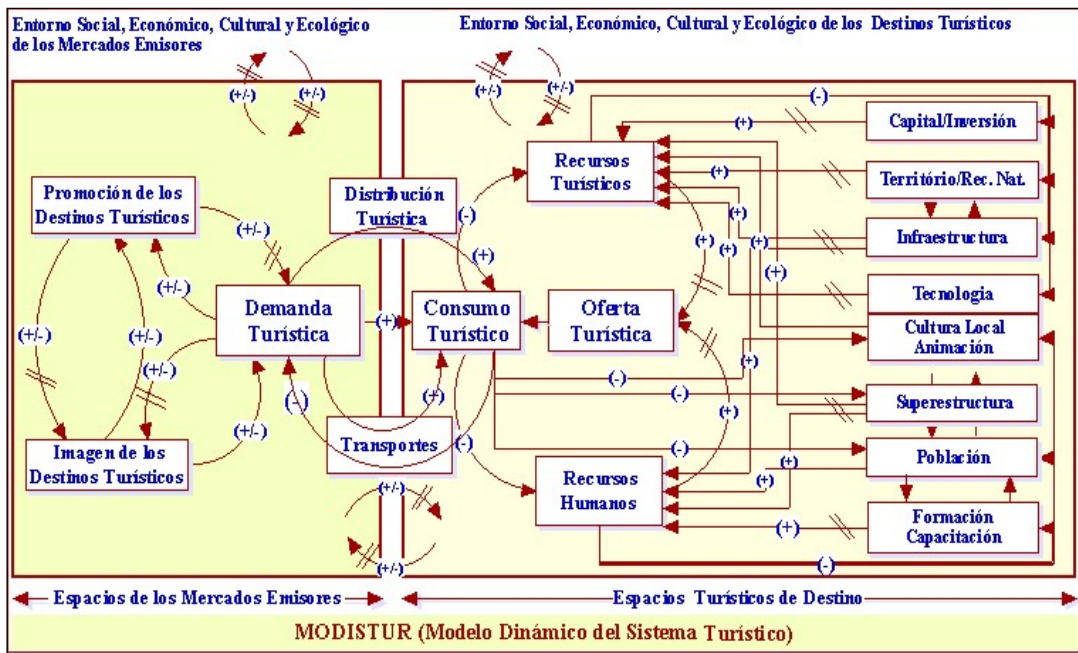
Por todo ello, la DS es considerada la metodología adecuada para el estudio y modelización de este tipo de sistemas como comprueban, por ejemplo, los trabajos de Domínguez (1978), Sterman (1986), Goodman (1996), Schoonbeek, Sterken y Kuipers (1995), Coyle (1996) o Deaton y Winebrake (2000), porque ayuda a estudiar el sistema turístico permitiendo la obtención de un modelo de simulación donde se pongan de manifiesto “las relaciones entre la estructura del mismo y su comportamiento” (Aracil & Gordillo, 1997, p. 11). De esta forma, dispondremos de un modelo matemático, réplica del fenómeno observado.

Conceptualización

Esta primera fase de la obtención de un modelo mediante DS (Forrester, 1994) consiste en determinar los límites del modelo, su estructura y la naturaleza de sus mecanismos básicos. En esta etapa se debe describir el sistema y generar unas hipótesis de cómo la estructura genera el comportamiento problemático, su escasa comprensión, o la dificultad para intercambiar información sobre el mismo.

En cuanto a la determinación de los límites del sistema, permiten identificarlo como una totalidad distinta de otras, es decir, determinar su individualidad. En el caso del fenómeno turístico, estamos en presencia de un conjunto de actividades e interacciones muy amplias, complejas y a veces difusas, que por un lado permiten múltiples enfoques, pero, por otro, dificultan la tarea de definición del sistema. No obstante, basándonos en los conocimientos consolidados en la bibliografía sobre la investigación aplicada al turismo, hemos elaborado el modelo de sistema turístico al que hemos designado como MODISTUR (Modelo Dinámico del Sistema Turístico). Su representación esquemática se recoge en la ilustración 1

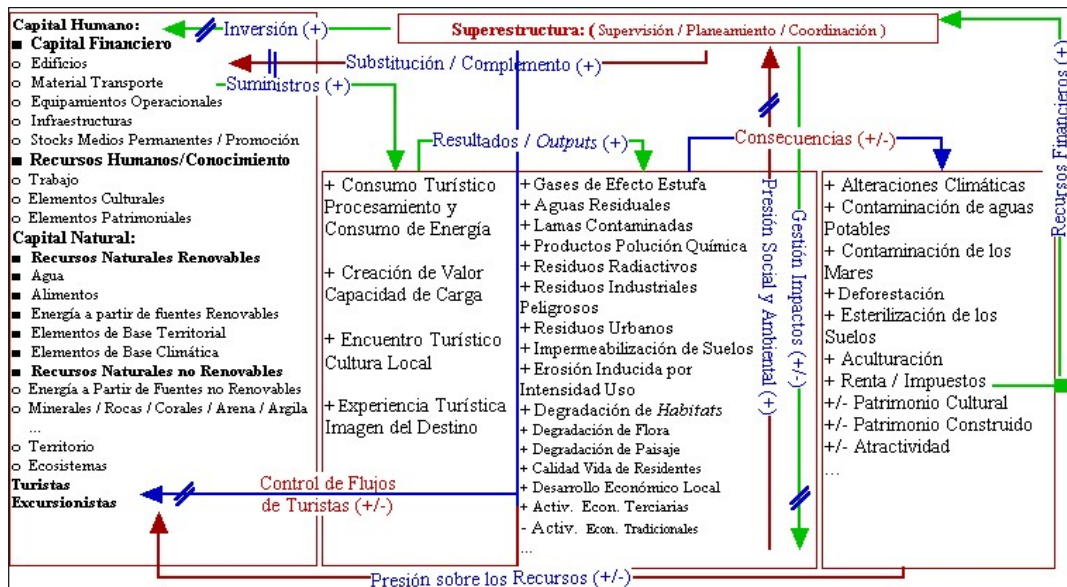
Ilustración 1
Representación del modelo dinámico del sistema turístico



Fuente: Serra (2009).

En la ilustración 2, dinámicas globales en el funcionamiento del sistema turístico, se recogen las principales dinámicas de la interacción entorno-sistema del modelo.

Ilustración 2
Dinámicas globales en el funcionamiento del sistema turístico



Fuente: Serra (2009).

En la estructura del modelo propuesto, como se puede apreciar, los subsistemas ecológico, económico y cultural fueron agrupados en el entorno del sistema turístico, una vez que, en cuanto sistema autónomo están fuera de éste, aunque al mismo tiempo, como sistemas vecinos y controladores, condicionan y son condicionados por la acción del turismo.

En cuanto a las hipótesis dinámicas, deben explicar de qué manera una estructura (elementos e interrelaciones) causa un determinado comportamiento. En nuestro caso, las hipótesis fundamentales pueden ser articuladas por las siguientes proposiciones:

La complejidad del turismo obliga a comprender y gestionar un conjunto de variables correspondientes a diversos ámbitos del conocimiento, por este motivo se hace necesaria una administración multidisciplinaria del destino turístico.

El turista potencial percibe una imagen del destino que le impulsa a viajar, aumentando así el número de turistas y reforzando la percepción de que el destino es atractivo. El turista potencial ante la presión propia de la vida moderna, se siente impulsado a buscar su propio equilibrio psicosocial, entre otros medios, mediante los viajes y el turismo.

La decisión de viajar a determinado destino turístico se explica por el componente cognitivo y afectivo que la promoción y marketing del producto tienen sobre la imagen del destino y las expectativas desarrolladas en la mente del consumidor.

La creciente afluencia a un destino turístico lleva consigo el efecto demostración, originando una crisis de identidad que obliga a la población local a representarse a sí misma, reafirmando su identidad cultural e incrementando su atractivo turístico.

El incremento del número de turistas no solo produce el efecto demostración, sino que hace que, en ocasiones, el número de visitantes exceda la capacidad de carga, obligando a establecer límites a su afluencia. Los turistas demandan servicios, pero si éstos no son satisfechos con la oferta existente, obligan a una mayor inversión, tras un retardo explicable por el financiamiento y la construcción.

Las condiciones del entorno determinan una calidad medioambiental percibida. Esta se compara con un estándar y, en caso de existir discrepancia, determinará una acción correctiva que permita la restauración de las condiciones medioambientales.

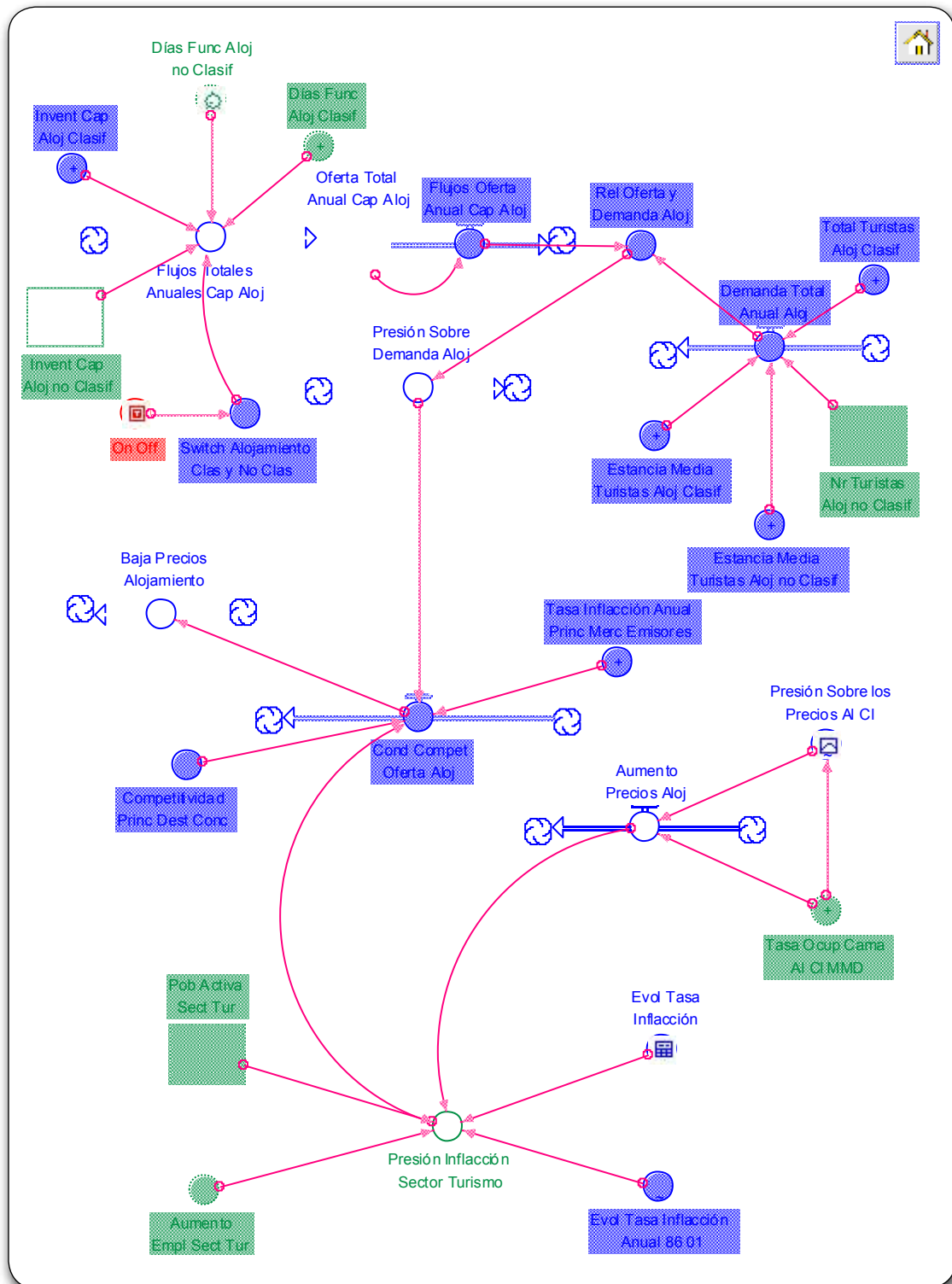
Esta fase de conceptualización se culmina con la elaboración del Diagrama Causal², que no es más que una representación esquemática de las relaciones existentes entre los diferentes elementos del sistema y del entorno (variables y parámetros), los cuales se unen por arcos orientados.

Desde cada variable se trazará una flecha hasta todas aquellas sobre cuyo comportamiento influya directamente, colocándose además un signo para indicar si las variables se mueven o no en el mismo sentido (Aracil & Gordillo, 1997).

Formalización

Se trata de elaborar las relaciones causales determinadas en la fase anterior, hasta convertirlas en formulaciones matemáticas, precisas y operativas. Se identifican las variables estado, flujo, auxiliares y parámetros, asegurando que todas estén medidas en unidades compatibles, pues de lo contrario se darán desajustes y errores (Richardson & Pugh, 1981). Se procede luego a la construcción del Diagrama de Forrester (ver ejemplo de la ilustración 3) y a partir del mismo, de las ecuaciones del modelo.

Ilustración 3
Diagrama de la Oferta de Alojamiento



Fuente: Serra (2009).

El denominado Diagrama de Forrester no es más que un Diagrama Causal en el que los elementos del sistema se han clasificado mediante un convenio de representación a través de símbolos. Dado el *software* utilizado en el desarrollo de nuestro trabajo, esos símbolos serán los empleados por la aplicación utilizada, basados por supuesto, en los empleados por Forrester. Este diagrama suministra información relativa al sentido y al signo de las relaciones entre los elementos del sistema, siendo necesaria la definición de las mismas.

Para ello, se han empleado ecuaciones que reflejan las conexiones entre los elementos incluidos en el modelo (ecuaciones de estado o de nivel, ecuaciones de flujos y ecuaciones auxiliares), asignando valores a los parámetros del sistema, de tal forma que se representen fielmente.

El modelo resultante es una descripción formal de la teoría dinámica del sistema turístico aplicada al caso del Algarve. Contiene series estadísticas correspondientes a dicho destino y no linealidades introducidas mediante funciones gráficas; se ha puesto especial énfasis en describir los procesos de retroalimentación que caracterizan el sistema. Toma como período de referencia el correspondiente al intervalo 1986-2000 (años para los que se introduce toda la información histórica), que se utiliza posteriormente como base para simular el comportamiento del sistema hasta el 2020.

Contiene en total de 250 variables de estado, 400 de flujo y 900 auxiliares, con las correspondientes ecuaciones que las desarrollan y que, por motivos obvios, no podemos reproducir aquí. A título de ejemplo, la ilustración 4 contiene las principales ecuaciones (136 a 155) que recogen las relaciones entre las variables que componen dicho sector.

Ilustración 4 **Ecuaciones del Diagrama de la Oferta de Alojamiento**

$$\begin{aligned} \text{Oferta_Total_Anual_Cap_Aloj}(t) &= \text{Oferta_Total_Anual_Cap_Aloj}(t - dt) + \\ &\quad (\text{Flujos_Totales_Anuales_Cap_Aloj} - \text{Flujos_Oferta_Anual_Cap_Aloj}) * dt \\ \text{INIT Oferta_Total_Anual_Cap_Aloj} &= \\ &\quad (\text{Invent_Cap_Aloj_no_Clasif} * \text{Días_Func_Aloj_no_Clasif}) + ((\text{Invent_Cap_Aloj_Self_Catering} + \text{Inve} \\ &\quad \text{nt_Cap_Aloj_Hotel_Trad}) * \text{Días_Func_Aloj_Clasif}) \\ \text{Flujos_Totales_Anuales_Cap_Aloj} &= \\ &\quad (\text{Invent_Cap_Aloj_no_Clasif} * \text{Días_Func_Aloj_no_Clasif}) + (\text{Invent_Cap_Aloj_Clasif} * \text{Días_Func_Al} \\ &\quad \text{oj_Clasif}) \\ \text{Flujos_Oferta_Anual_Cap_Aloj} &= \text{Oferta_Total_Anual_Cap_Aloj} \\ \text{Aumento_Precios_Aloj} &= \text{IF}(\text{Tasa_Ocup_Cama_Al_Cl_MMD} > (\square)) \end{aligned}$$

Fuente: Serra (2009).

Para simular un modelo dinámico tienen que desarrollarse sus ecuaciones. Este modelo es continuo, por tanto, los niveles deberán calcular-

se como la integral de los valores netos de los flujos de entrada y salida. La imposibilidad de representar numéricamente cambios continuos en

la simulación nos conduce a dividir el horizonte en intervalos, con una amplitud denominada paso de simulación (Garcillán, 1996), realizándose mediciones de los flujos en cada uno de esos momentos (se considera un proceso de integración que supone aproximar numéricamente el valor de la integral).

Como los datos correspondientes a la mayoría de las variables utilizadas se encuentran expresados en valores anuales, se optó por considerar cada paso de simulación como equivalente a un año. El proceso de integración es el método de Euler. Se fijan las condiciones iniciales para los niveles, así como los valores de las variables exógenas. Aquellos permiten calcular los valores de las variables auxiliares a partir de las cuales se determinan los flujos con los cuales se vuelven a calcular los niveles. Tras cada iteración, el tiempo se incrementa en una unidad.

Como ya hemos mencionado, es necesario utilizar un *software* con el cual simulamos el modelo para obtener los valores producto del cálculo de las ecuaciones; dichos valores de salida se ordenan mediante herramientas dinámicas como tablas y gráficas de tiempo. En lo referente a las variables de estado, los niveles consideran como valores iniciales los correspondientes al sistema real en un determinado momento del tiempo.

Contrastación del modelo

Con la finalidad de inspirar confianza en los modelos, Forrester y Senge (1979) desarrollaron un gran número de pruebas para evaluar la estructura, el comportamiento y las implicaciones políticas de los mismos. Posteriormente, Barlas (1994) sintetiza dicha propuesta en tres tipos: pruebas de la estructura consistente en evaluar los enunciados frente al conocimiento empírico y teórico acerca del sistema; pruebas del comportamiento como consecuencia de la estructura; y pruebas de patrones de comportamiento, que intentan verificar la reproducción de los patrones (tendencia, período, frecuencia, fase, o amplitud) en lugar de realizar una predicción puntual.

El MODISTUR ha sido sometido a las pruebas propuestas por Forrester y Senge (1979). Hemos considerado tanto las dimensiones formales como empíricas del modelo. Al comparar sus distintas variables con sus correspondientes modos de referencia, se puede afirmar que reproduce de manera razonable el comportamiento de las variables: visitantes, turistas, oferta de alojamiento y oferta complementaria, entre otras. En la evaluación cuantitativa, se han utilizado las medidas que propone Sterman (1984):

Mean Square Error [MSE= $1/n \sum (St - At)^2$]; medida que asigna una mayor ponderación a los errores más significativos, impidiendo que los errores por exceso o por defecto se compensen.

Root Mean Square Error [RMSE = \sqrt{MSE}]; medida normalizada, que se revela como un instrumento sencillo para medir la magnitud del error total entre la variable actual y la simulada.

Mean Absolute Perceptual Error [MAPE= $\sum |XS - XA| / XA$]; señalado por Barlas (1994) como una medida adecuada para comparar los promedios de las series actual (XA) y simulada (XS).

El coeficiente de Desigualdad o de Discrepancia de Theil, una medida que ha recibido especial atención, tanto por Sterman (1984) como por Barlas (1994): $U = \frac{1/n \sum (St - At)^2}{[1/n \sum SA^2]} = MSE / XA$, es una medida adecuada para los modelos de dinámicas de sistemas porque permite separar la fracción del error debida a diferencias sistemáticas entre el modelo y la realidad. Al dividir el componente del error entre el error cuadrado medio MSE se obtiene la “proporción de desigualdad”: UM, US, y UC. Para que el modelo brinde confianza el error debería ser pequeño y no sistemático, debiendo concentrarse en US o UC, no en UM. El cuadro de los principales indicadores de la validación de las variables de nivel del modelo, en todos los casos el coeficiente de desigualdad

de Theil es pequeño y no sistemático, pues no se concentra en UM.

Para llevarlas a cabo se utilizó un *software* específico, desarrollado por Barlas y Serkan (2002), para este tipo de modelos. Fueron utilizados datos reales entre los años 1986 y 1997, como series históricas y datos reales entre 1998 y 2000, inclusive, para verificar la calidad de los datos simulados; todo ello para las variables que consideramos significativas y que recogen la influencia de las restantes (aproximadamente 250).

Como es obvio, la totalidad de los resultados no pueden recogerse aquí, pero tras las desviaciones detectadas en las primeras pruebas, y las correcciones correspondientes en las ecuaciones del modelo, todas las pruebas finales resultaron satisfactorias, arrojando errores que se pueden considerar insignificantes y no sistemáticas.

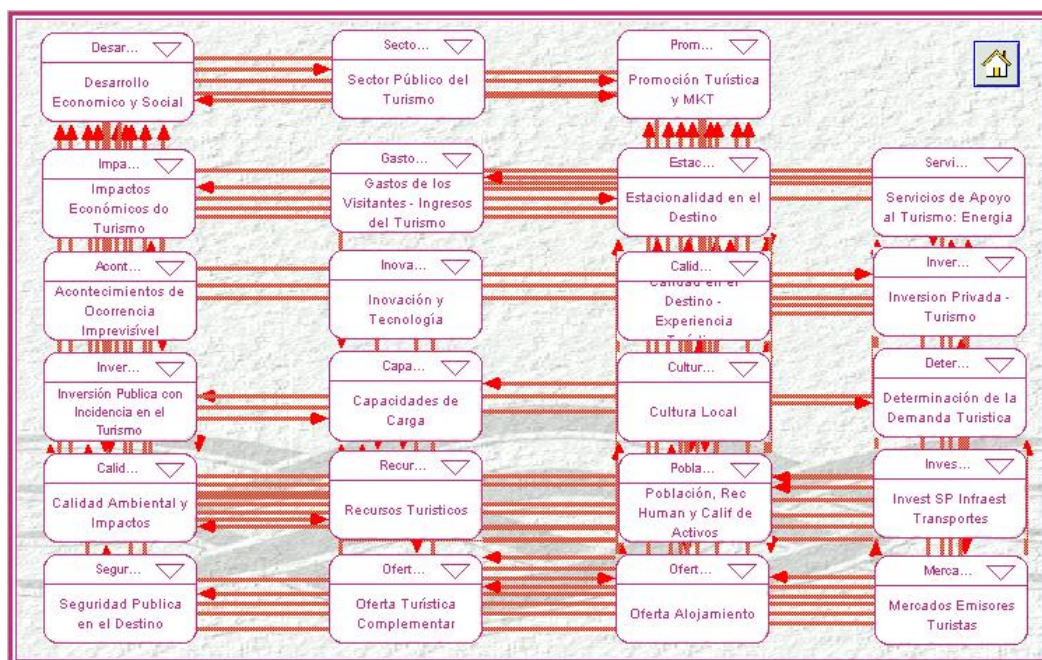
Adicionalmente, se ha realizado un análisis de la sensibilidad del modelo ante variaciones en

determinadas variables exógenas, encontrando que es altamente sensible a variaciones en la novedad del destino turístico y la tendencia del turismo internacional.

Simulación de estrategias

A partir del modelo contrastado, procedimos a desarrollar un simulador que permite su utilización a través de menús muy simples, para cuyo uso no se necesita estar formado en la metodología de DS. El usuario puede introducir los datos correspondientes a los escenarios futuros, cuyas consecuencias quiere estimar y, una vez ejecutado el modelo, observar las consecuencias que se producen en el comportamiento de aquellas variables que considere más importantes para las decisiones que desea adoptar. Esto, además, nos ayuda a mejorar el comportamiento problemático del sistema así como la posibilidad de trasladar las políticas simuladas en el modelo al sistema real (Richardson & Pugh, 1981).

Ilustración 5
Mapa de sectores definidos en el simulador



Fuente: Serra (2009).

Por supuesto, ni el modelo ni el *software* nos indicarán exactamente qué hacer para lograr unos objetivos concretos para un escenario esperado del entorno, correspondiendo al usuario proponer las políticas específicas de evolución del sistema que hagan posible lograrlos. El modelo nos ayuda a experimentar las reacciones del sistema ante las diferentes propuestas. Ni que decir tiene, que los escenarios de evolución futura del entorno que se pueden introducir son innumerables, al igual que las combinaciones de políticas de evolución del sistema.

A título de ejemplo, pensemos en el caso de una empresa que deseara invertir en la creación de plazas hoteleras en el Algarve, que sabe que la evolución futura de este destino se verá condicionada por el poder político, habiéndose producido recientemente reacciones negativas de la sociedad ante el turismo y ante el deterioro medioambiental que provoca.

Un ejercicio interesante para esta empresa sería poder estimar la evolución que se podría esperar para los próximos años (hasta 2020) en algunas variables que pueden ser importantes para adoptar su decisión (tales como la demanda, la oferta –de alojamiento, restauración, ocio, etc.–, el desarrollo de infraestructuras –aeropuertos, carreteras, depuración de aguas, campos de golf, puertos deportivos–, etc.), en función de cual sea la política que siga la Administración Turística responsable que, de forma resumida, podría optar por un desarrollo sostenible (E1), un crecimiento agresivo (E2) o la conservación de los recursos naturales (E3).

A continuación, procedemos a comentar de manera resumida el comportamiento de algunas variables relevantes del modelo en los distintos escenarios atrás mencionados.

Así, en cuanto a la demanda, el modelo nos enseña que la decisión de viajar a un destino tiene una relación causal con la experiencia turística propia o de terceros que, a su vez, es una de las variables que más influye en la con-

solidación de la imagen del destino turístico. La decisión de viajar tiende a crecer en tasas moderadas con el paso del tiempo (excepto en el escenario de crecimiento agresivo). El hecho de que el número de turistas tienda a moderar su ritmo de crecimiento en los escenarios (E1) y (E3), originará que se establezca la presión sobre los recursos y sobre la población local, así como que disminuyan las exigencias de inversión en infraestructuras y servicios auxiliares, una situación que sería grandemente alterada (en sentido contrario) si se verificara el escenario (E2).

Un comportamiento peculiar es el mostrado por los turistas en el escenario de conservación. El número de turistas y de pernoctaciones continúa creciendo a tasas inferiores a las verificadas en la estrategia de desarrollo sostenible, pero estos pueden disfrutar de una mejora de las condiciones medioambientales del destino y consecuentemente, del producto turístico, con reflejo también positivo en los ingresos. Sin embargo, es la administración del destino turístico la que mejor puede gestionar adecuadamente los parámetros y la que puede realizar estudios de la demanda extranjera, la que puede incentivar la obtención de créditos y facilidades financieras hacia dicha actividad, y es quien puede incentivar a los empresarios a la tarea de promocionar prácticas alternativas de gestión, capaces de concretar las opciones estratégicas más coherentes con la idea de sostenibilidad.

El comportamiento de la variable oferta de alojamiento es homogéneo para todos los escenarios durante los períodos simulados, siguiendo la tendencia de adaptarse a la demanda. En el caso de la estrategia (E1) la demora de la oferta en adecuarse a la demanda es debido a la existencia de capacidad instalada ociosa. En el caso de la estrategia (E2) el ritmo de crecimiento de la demanda es demasiado alto para los objetivos que fueron definidos al iniciarse la simulación para la oferta de alojamiento. Eso va a provocar una insuficiencia de oferta, que deberá obligar a la revisión de los

objetivos en un tiempo útil, considerando las demoras inherentes al proceso de aprobación y construcción de alojamiento.

Conclusiones

La utilización de la DS nos ha permitido comprender un sistema complejo, en su dinámica y detalle, como es el turístico. Permitted verificar que la estructura de un destino condiciona su comportamiento, afectando la decisión de viajar del turista potencial.

Por otro lado, la capacidad de simulación que proporciona el modelo permite probar múltiples escenarios futuros alternativos, estableciendo la evolución que se puede esperar de las variables fundamentales. Las múltiples simulaciones realizadas con él nos han permitido constatar en buena medida que la Teoría de las Dinámicas del Sistema turístico que le sirve de base se ha mostrado bastante consistente con los resultados producidos por los diversos escenarios.

Consideramos además, que esta capacidad de simulación de escenarios puede resultar bastante útil en la práctica, porque: nos permite adquirir un conocimiento más sólido y global del comportamiento del modelo ante las diversas alteraciones en los parámetros. A nuestro modo de ver, el modelo se ha comportado de forma adecuada a las expectativas que teníamos.

Ayuda a obtener conclusiones que consideramos que pueden ser importantes, en relación con las opciones estratégicas enunciadas y sus respectivas políticas y objetivos. Al final tenemos una noción más precisa de cuáles serían las variables que tendríamos que controlar con más cuidado, en cada una de las situaciones previstas, así como de los horizontes temporales en que sería necesario materializar los resultados de las acciones correctivas a implementar.

Como consecuencia, puede proporcionar información muy interesante tanto para la empresa como para la administración, a la hora

de adoptar decisiones estratégicas de expansión, modificación, etc., dado que estas se verán afectadas por múltiples variables del sistema, muchas de cuyas tendencias son capaces de estimar el modelo.

Creemos que las alternativas propuestas en el ejercicio descrito fueron realistas, en el contexto del desarrollo que caracteriza el turismo en el Algarve y que, a pesar de tratarse de un ejercicio académico, sus resultados podrían tomarse en consideración en futuros diálogos entre la administración y los distintos agentes interesados en este proceso.

Si bien los pronósticos a largo plazo suelen ser percibidos como poco confiables, esta actitud no puede negar el hecho de que es necesario considerar dicho horizonte para identificar algunas tendencias que afectarán el futuro mediato de nuestra gestión. Además, la evidencia demuestra que las estructuras de un sistema difícilmente cambian a corto plazo, y son éstas las que condicionan su comportamiento.

Por todo lo descrito se considera fundamentada, con este ejemplo, que es tan solo uno de tantos que podrían haberse listado, la propuesta de utilizar el enfoque sistémico y la Dinámica de Sistemas como metodología de la NTE para el estudio de fenómenos complejos, como es *la cohesión y la articulación social como retos de las ciudadanías y organizaciones del siglo XXI*.

Notas

¹ Organización Mundial de Turismo.

² Que por motivos de extensión es materialmente imposible de reproducir aquí.

Referencias

Aracil, J. (1986). *Introducción a la dinámica de sistemas* (3a Edición.). Madrid: Alianza Editorial.

- Aracil, J., & Gordillo, F. (1997). *Dinámica de Sistemas*. Madrid: Alianza Universidad Textos.
- Barlas, Y. (1994). *Model validation in system dynamics*. Proceedings of the 1994 International System Dynamics Conference. Recuperado de http://www.systemdynamics.org/conferences/1994/proceed/papers_vol_1/barla002.pdf
- Barlas, Y., & Serkan, H. (2002). *BTS – Behaviour Validity Testing Software*. Istanbul: Bogazici University.
- Bergh, J. (1991). *Dynamic Models for Sustainable Development*. Amsterdam: Thesis Publishers.
- Bertalanffy, L. (1976). *Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. Madrid: FCE.
- Briassoulis, H. (1992). Environmental Impacts of Tourism: A Framework for Analysis and Evaluation. En H. Briassoulis & J. van der Straaten (Eds), *Tourism and the Environment* (pp. 11–22). Netherlands: Springer. Recuperado de http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-2696-0_2
- Coyle, R. (1996). *System dynamics modelling: a practical approach*. London: Chapman & Hall.
- Deaton, M., & Winebrake, J. (2000). *Dynamic modeling of environmental systems*. New York: Springer-Verlag.
- Domínguez, J. (1978). La dinámica de sistemas: una aportación al método operativo de la economía de la empresa. *Revista de Economía y Empresa*, 2, 83–108.
- Domínguez, J., Domínguez, M., Ruiz, J., & Ruiz, A. (1993). Los juegos de “caja transparente” como nueva vía para la formación en dirección de empresas. *Revista europea de dirección y economía de la empresa*, 2(1), 153–168.
- Fernández, L. (1985). *Introducción a la teoría y técnica del turismo*. Madrid: Alianza.
- Forrester, J. (1961). *Industrial Dynamics*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology Press.
- Forrester, J., & Senge, P. (1979). Test for building confidence in system dynamics models. *TIMS Studies in the Management Sciences*, 14, 209-228.
- Forrester, J. (1994). *Learning through system dynamics as preparation for the 21st century*. Keynote Address for Systems Thinking and Dynamic Modelling Conference for K-12 Education, Concord, USA.
- Garcillán, J. (1996). *Análisis de un modelo de mercado de trabajo mediante la dinámica de sistemas* (Tesis Doctoral). Universidad de Valladolid, España.
- González, J. (1992a). *Turismo, demografía y ocupación del suelo en el Valle de la Orotava. La dinámica de sistemas en la simulación de un modelo de dinámica regional* (Documento de trabajo Núm. 37). Universidad de la Laguna.
- González, J. (1992b). *Nivel de vida y propiedad del suelo: impacto del turismo en el desarrollo socioeconómico del Valle de la Orotava* (Documento de trabajo Núm. 41). Universidad de la Laguna.
- Goodman, M. (1996). *Study notes in system dynamics*. Portland, Oregon: Productivity Press.
- Goodman, M. (1974). *Study Notes in System Dynamics*. Portland, Oregon: Productivity Press.

- López, E., & Martínez, S. (2000). *Iniciación a la Simulación Dinámica: Aplicaciones a Sistemas Económicos y Empresariales*. España: Ariel.
- OMT. (1997). *Turismo: Panorama 2020. Influencias, flujos discrecionales y tendencias claves*. Resumen ejecutivo. Madrid: OMT.
- Poon, A. (1993). *Tourism, Technology and Competitive Strategies*. Wallingford, UK: CAB International.
- Richardson, G. (1976). *Problemas con los diagramas de ciclos causales*, en J. Sterman, (Working Paper D-3312-2). MIT Systems Dynamics Group.
- Richardson, G., & Pugh, A. (1981). *Introduction to System Dynamics Modeling with Dynamo*. Cambridge: Productivity Press.
- Schoonbeek, L., Sterken, E., & Kuipers, S., (1995). *Methods and Applications of Economic Dynamics*. Netherlands: Elsevier Science P.V.
- Senge, P. (1992). *La quinta disciplina. Cómo impulsar el aprendizaje en la organización inteligente*. Buenos Aires: Ediciones Granica.
- Senge, P., Roberts, C., Ross, R., Smith, B., & Kleiner, A. (2005). *La quinta disciplina en la práctica: estrategias y herramientas para construir la organización abierta al aprendizaje*. Barcelona: Ediciones Granica.
- Serra, F. (2009). *Modelización del sector turístico y simulación de estrategias mediante dinámica de sistemas: aplicación al Algarbe portugués*. Huelva: Universidad de Huelva.
- Sterman, J. (1984). Appropriate summary statistics for evaluating the historical fit of system dynamics models. *Dynamica*, 10(2), 51–66.
- Sterman, J. (1986). The economic long wave: theory and evidence. *System Dynamics Review*, 2(2), 87–125.