

De la linealidad a la complejidad: hacia un nuevo paradigma

Elena OLMEDO FERNÁNDEZ

PROF. TITULAR ESCUELA UNIVERSITARIA
Departamento de Economía Aplicada I
Universidad de Sevilla
olmedo@us.es

Juan Carlos GARCÍA VILLALOBOS

Profesor Adjunto
Departamento de Empresa
Universidad San Pablo-CEU
garvil@ceu.es

Ruth MATEOS DE CABO

Profesora Adjunta
Departamento de Empresa
Universidad San Pablo-CEU
matcab@ceu.es

Fecha de recepción: 28/06/2005

Fecha de aceptación: 15/07/2005

RESUMEN

La Teoría del Caos y la Complejidad proponen un nuevo enfoque que reconcilia características propias de las organizaciones empresariales en un principio contrapuestas como el orden y la impredecibilidad. La Teoría de la Complejidad surge estrechamente vinculada a conceptos como incertidumbre, contradicción y totalidad, la Teoría del Caos, por su parte, podría entenderse como la ciencia de los sistemas complejos. Dado que las organizaciones empresariales se configuran como sistemas dinámicos, complejos y no lineales, el Enfoque de la Complejidad resulta especialmente adecuado para su estudio. Por ello, en el presente trabajo se abordan las posibles implicaciones de dicho enfoque sobre la gestión, la estrategia y la dinámica de las organizaciones empresariales, basadas en la importancia de conceptos tales como comportamiento cualitativo, retroalimentación, desorden, globalidad, adaptabilidad, flexibilidad, inestabilidad, endogeneidad, creatividad, aprendizaje, integración y fragilidad.

Palabras clave: Teoría del Caos, Complejidad, No linealidad, Organización Empresarial

From linearity to complexity: towards a new paradigm

ABSTRACT

Chaos and Complexity Theory propose a new approach that reconciles business organizations characteristics that are apparently opposed such as order and unpredictability. Complexity Theory is linked to concepts such as uncertainty, contradiction and totality, meanwhile Chaos Theory, can be considered as the complex systems science. Provided that business organizations are defined as dynamical,

complex and nonlinear systems, the Complexity Paradigm turns out to be specially useful for its study. Therefore, in the present work the implications of this paradigm in management, strategy and business dynamics are shown. These implications are based on concepts such as qualitative behavior, feedback, globality, disorder, adaptability, flexibility, instability, endogenously, creativity, learning, integration and fractality.

Keywords: Chaos Theory, Complexity, Nonlinearity, Business Organizations

SUMARIO: 1. Introducción. 2. Complejidad y caos. 3. Evolución de la gestión empresarial. 4. La dinámica de la empresa como sistema complejo. 5. La estrategia empresarial en un entorno complejo. 6. Implicaciones de la complejidad en las capacidades de gestión. 7. Conclusión.

1. INTRODUCCIÓN

La Teoría del Caos trata de estudiar, describir y explicar el comportamiento de los sistemas dinámicos complejos, no lineales y alejados del equilibrio, reconciliando dos conceptos aparentemente opuestos, como son la impredecibilidad y la emergencia de patrones de comportamiento distinguibles, dicho de otro modo, caos y orden. Estas dos figuras de impredecibilidad y orden son características de las organizaciones empresariales y por este motivo el enfoque proporcionado por esta nueva ciencia parece sugerente para avanzar en el campo de la gestión empresarial.

Y es que, aunque los conceptos derivados de la Teoría del Caos surgieron en el contexto de la física, se han ido aplicando con éxito a numerosas disciplinas diferentes, como la ecología, la medicina, la economía y el marketing. Sin embargo, y aunque en principio parecen campos más apropiados para desarrollar las ideas propuestas por la Teoría del Caos, por ahora los avances reales son limitados. Los motivos pueden estar derivados de las diferencias existentes entre los sistemas sociales y los físicos. Los sistemas sociales se caracterizan por la presencia de numerosos agentes y numerosas interrelaciones entre ellos, potencialmente caóticas, de manera que la búsqueda de un sistema de ecuaciones simple que explique la realidad es una tarea quimérica. Por otro lado, la fuente de impredecibilidad es, podríamos decir, más amplia que en la física ya que no sólo hay que contar con las interacciones, no linealidades y la definición de las condiciones iniciales, sino con la misma definición del sistema y la imprecisión inherente a las mediciones. Adicionalmente, las leyes que rigen los sistemas sociales están sujetas a intervención por parte tanto de los individuos como de las organizaciones, de manera que su evolución a lo largo del tiempo es cambiante. Por estos motivos generalmente se opta por definir los sistemas económicos o empresariales como sistemas complejos, definición en la que más adelante abundaremos.

De cualquier modo, los términos caos y complejidad están muy relacionados, y ambos han marcado la evolución de los esquemas mentales que se tienen para enfocar y analizar la realidad. En las próximas páginas se abordarán las relaciones existentes entre el caos, la complejidad y los sistemas caóticos, complejos y *caórdicos*, tratando de resumir las principales implicaciones de estos nuevos conceptos en la gestión de empresas.

2. COMPLEJIDAD Y CAOS.

2.1. ¿QUÉ ES LA COMPLEJIDAD?

La aplicación del paradigma newtoniano al análisis del mundo lo reduce a mecánica simple aunque la complejidad del mundo sea evidente. Por otro lado, el éxito del paradigma newtoniano es innegable, y prueba de ello es el desarrollo de la ciencia y tecnología moderna. Que tenga límites no implica que no funcione en un determinado ámbito sino que son precisamente estos límites los que dan lugar al concepto de Complejidad.

La ciencia trabaja combinando la observación de la realidad con algún tipo de actividad inductiva para obtener generalizaciones a partir de esta observación. En definitiva, con el método científico se relaciona el mundo real (o sistema natural) con el mundo de las ideas (sistema formal), codificando el sistema natural en otro sistema, desarrollado por el investigador, que es el sistema formal. Se trabaja con este sistema formal hasta conseguir que represente adecuadamente el sistema natural. Entonces se decodifica el sistema formal para verificar si representa o no adecuadamente el fenómeno natural observado. Si este esquema funciona, se obtiene un modelo del mundo real.

El problema con el que nos encontramos es que, debido a que el mundo es complejo, el sistema formal no va a poder capturarlo por completo, y por eso no puede representarlo adecuadamente. Durante mucho tiempo, el sistema formal adecuado fue el proporcionado por el paradigma newtoniano, y esto fue tanto así que el mismo paradigma reemplazó al mundo real: el sistema formal tomó el lugar del sistema natural. Pero conforme los problemas fueron examinados con mayor profundidad, hubo aspectos que el paradigma newtoniano no explicaba adecuadamente, y que por tanto necesitaban una explicación diferente. Aquí es donde nace el concepto de complejidad.

Como señalan Colander, Holt y Rosser (2004), no hay acuerdo en la definición del vocablo complejidad. De hecho, cada una de las definiciones proporcionadas se centra en una característica diferente de la complejidad, quedando claro que se trata de un concepto multidisciplinar. Es indudable que la complejidad acerca las disciplinas científica y filosófica, rehusando parcelar los problemas fundamentales comunes en todas las disciplinas.

Day (1994) trabaja con una definición matemática de complejidad: un sistema es complejo si endógenamente no tiene a un punto fijo, ni a un ciclo límite, ni a un comportamiento explosivo. Pryor (1995) y Stodder (1995) trabajan con una visión estructural de la complejidad, incidiendo en la cantidad de estructuras implicadas, y en las complicadas interrelaciones entre ellas. Otros autores (Leijonhufvud, 1993; Stodder, 1995; Albin y Foley, 1998) trabajan con una definición computacional: una situación es compleja cuando existe una gran dificultad para calcular las soluciones a los problemas de optimización. Horgan (1995) también proporciona otras definiciones de complejidad: complejidad como entropía, desorden de un sistema; com-

plejidad como la capacidad de un sistema para informar a un observador; complejidad como la borrosidad de un sistema, el grado de detalle que muestra a escalas cada vez menores; complejidad como el tiempo requerido para que un ordenador describa un sistema, o la cantidad de memoria requerida para esa descripción; complejidad como el grado en que una parte del sistema proporciona información acerca de otras partes, etc.

En base a la propuesta de Edmonds (1995), proporcionamos la siguiente definición de complejidad:

La complejidad es la propiedad del sistema del mundo real que se manifiesta en la incapacidad de cualquier tipo de sistema formal para capturar adecuadamente todas sus propiedades, su comportamiento completo, aunque se disponga de una información completa de sus componentes y sus interrelaciones.

De cualquier modo, la complejidad está unida (Morin, 1995) a conceptos como incertidumbre, contradicción y totalidad. Visto lo anterior, queda preguntarnos por los motivos que conducen a esta incapacidad de los sistemas formales para capturar las propiedades de los sistemas, cuando éstos son complejos. Existen distintos conceptos relacionados con la complejidad de un sistema (Edmonds, 1995):

1. **el tamaño del sistema:** bajo esta perspectiva, el tamaño indica la dificultad que conlleva el manejo del sistema. Pero el tamaño no conduce indefectiblemente a la complejidad del sistema, sino que es necesaria una suposición adicional: la existencia de un gran número de interrelaciones entre los elementos del sistema,
2. **la ignorancia:** la complejidad es una causa de la ignorancia, pero puede no ser la única,
3. **la información:** la cantidad de información de un sistema está relacionada con su complejidad de manera que si un sistema tiene poca información, será poco complejo pero no todo sistema con mucha información será necesariamente complejo ya que puede haber mucha información, pero pocas interrelaciones entre los elementos del sistema,
4. **la variedad:** la variedad es necesaria para la complejidad, pero no es una condición suficiente,
5. **el orden y el desorden:** el sistema complejo se mueve entre el orden y el desorden. Algo completamente desordenado no es complejo, ni algo totalmente ordenado tampoco.

Después de todo lo dicho, cabría preguntarse qué es entonces un sistema complejo. Al igual que ocurre con el vocablo complejidad, no hay una definición única. De hecho, existe un número especial de la revista Science (Vol. 284, n. 5411) dedicado a esta cuestión. En este número se encuentran, entre otras, las siguientes definiciones:

1. sistemas altamente estructurados, pero cuya estructura es cambiante,
2. sistemas cuya evolución es muy sensible a las condiciones iniciales o a pequeñas perturbaciones, con un elevado número de elementos interactuantes o con múltiples trayectorias por las que evolucionar,
3. sistemas difíciles de comprender y contrastar mediante diseños o funciones,
4. sistemas en los que existen numerosas interacciones entre diferentes componentes,
5. sistemas que evolucionan constantemente con la posibilidad de existencia de bifurcaciones.

A partir de todo lo mencionado, Pavard y Dugdale (2000) enumeran las siguientes propiedades de los sistemas complejos:

EMERGENCIA Y AUTO-ORGANIZACIÓN

Lo que distingue a un sistema complejo de uno simplemente complicado es fundamentalmente la propiedad de emergencia, que supone la creación de estructuras, patrones de comportamiento o propiedades entre los elementos del sistema, resultado de las relaciones entre dichos elementos, y que no son observables a nivel micro (propiedades emergentes). Esto lleva a la dificultad en localizar algunas funciones o propiedades del sistema, lo que se denomina información o representación distribuida. Por este motivo el comportamiento del sistema no puede entenderse a partir del mero entendimiento de sus componentes, mediante una sencilla extrapolación. Adicionalmente, las relaciones entre los elementos de un sistema complejo funcionan tanto en un rango corto como en un rango amplio: las interacciones directas funcionan en el rango corto pero, a través de corrientes de retroalimentaciones y conexiones entre elementos, pueden influir al resto de los componentes del sistema. Esta riqueza en las conexiones implica que las comunicaciones pasarán por todo el sistema, al mismo tiempo que serán modificadas durante el proceso.

SISTEMAS ABIERTOS

Los sistemas complejos son sistemas abiertos, en los que la energía y la información fluyen a lo largo del sistema y más allá de sus fronteras. Por este motivo generalmente se trata de sistemas en constante evolución pero alejados del equilibrio. Otra consecuencia es la dificultad en la determinación de las fronteras del sistema.

DESCOMPONIBILIDAD LIMITADA

Un sistema complejo tiene una estructura dinámica, de manera que es imposible estudiar sus propiedades descomponiéndolas en elementos estables. Así, la permanente interacción del sistema con el entorno y de sus elementos entre sí induce propiedades de auto-organización y de reestructuración del sistema. Los elementos no conocen la totalidad, de manera que ningún elemento por sí mismo puede controlar el sistema.

RELACIONES NO LINEALES ADAPTATIVAS

Raramente las relaciones existentes entre los elementos son simples o lineales. Generalmente una pequeña causa genera una gran consecuencia, o no genera ninguna consecuencia. Además, existen retroalimentaciones tanto positivas como negativas: los efectos de la acción de un elemento vuelven al mismo elemento y por tanto afectan a su comportamiento futuro. Así existe un conjunto de relaciones no lineales adaptativas evolucionando en el tiempo.

DEPENDENCIA DEL PASADO

Como consecuencia de lo anterior, en los sistemas complejos es importante el conocimiento de la información acerca del pasado (la historia). Un pequeño cambio puede originar grandes modificaciones (lo que se denomina «efecto mariposa» o sensibilidad a las condiciones iniciales), de manera que el corto plazo influirá necesariamente en el largo plazo, de modo que los cambios tienen consecuencias permanentes.

AUSENCIA DE DETERMINISMO

Aunque se conozca de manera precisa el comportamiento de sus partes constituyentes, debido a todo lo anteriormente dicho no es posible anticipar con certeza su evolución futura.

ENCADENAMIENTO DE SISTEMAS COMPLEJOS

Los sistemas complejos generalmente están encadenados unos a otros, de manera que los elementos de un sistema complejo son, a su vez, sistemas complejos formados por otros sistemas complejos, y así sucesivamente.

2.2. ¿QUÉ ES EL CAOS?

Al igual que ocurre con el término Complejidad, no existe una definición única de Caos, aunque podría entenderse que es la ciencia de los sistemas complejos, dinámicos, no lineales, creativos y alejados del equilibrio. Los sistemas de los que se ocupa la Ciencia del Caos, se caracterizan, por tanto, como complejos, no lineales, dinámicos y alejados del equilibrio siendo, por tanto, impredecibles y ordenados simultáneamente.

La Teoría del Caos no surge, por tanto, como sustituta del enfoque convencional, sino como complementaria, para explicar fenómenos que quedaban fuera del alcance de ésta. Esta Teoría del Caos se rige por una serie de principios contrapuestos a los del enfoque tradicional de análisis de la realidad. Podría utilizarse la metáfora clarificadora de la existencia de unas gafas, provistas por la Teoría del Caos, que permite al que las lleva tener en cuenta al sistema completo, iluminando las características de los sistemas caóticos. Los principios de la Teoría del Caos se exponen en la Tabla 1:

Tabla 1. Principios de la Teoría Convencional frente a la Teoría del Caos

Principios de Análisis Convencional	Principios de la Teoría del Caos
Materialismo o Positivismo: La materia es primordial, ya que la única realidad es la que se aprehende por los cinco sentidos o sus extensiones instrumentales	Conciencia: La mente es la esencia fundamental del universo
Reduccionismo: El todo es la suma de sus partes constitutivas, cada una de ellas con sus propias propiedades	Conectividad: El universo es único, un conjunto irrompible de relaciones en la que ningún elemento existe o puede existir independientemente del resto
Determinismo: Cada causa produce un efecto correlado en tamaño y aproximado en el espacio (linealidad), de manera que el futuro del universo está sujeto a predicción y a control humano (predecibilidad)	Indeterminismo: El universo es tan sumamente complejo que cualquier relación entre causa y efecto es impredecible en el futuro, aunque sin embargo está relacionado con el presente
Mecanicismo: El universo funciona como una máquina. Se hace más complejo únicamente por la existencia de una inteligencia externa a él	Emergencia: En la totalidad surgen propiedades que no tienen las partes constitutivas. El universo crecerá hacia mayores grados de diferenciación, coherencia y complejidad
Conservación: El potencial del universo para crecer permanece ilimitado si se mantiene en estado de equilibrio	Disipación: El universo es una estructura disipativa

Fuente: Elaboración propia a partir de Fitzgerald (2002).

2.3. CAOS VERSUS COMPLEJIDAD

A pesar de que ambos vocablos generalmente se emplean como sinónimos, existen diferencias substanciales entre ellos. En primer lugar, sus raíces históricas son diferentes. La Teoría del Caos tuvo como germen los trabajos sobre sistemas no lineales de una serie de científicos de la Universidad de California-Santa Cruz, sistemas en los que descubrieron una serie de propiedades interesantes derivadas básicamente de la propiedad de sensibilidad a las condiciones iniciales que hacía impredecibles sistemas dinámicos deterministas sumamente simples. Sin embargo, la Teoría de la Complejidad no puede ser atribuida a una escuela en concreto, ni tampoco existe una fecha de su formulación. Por este motivo hay quien duda de calificarla como de teoría científica, sino más bien como una colección de conceptos y nociones, varias de las cuales proceden de diferentes ramas de la ciencia, entre ellas la Teoría del Caos.

Para incidir en las diferencias entre Caos y Complejidad, resulta de utilidad la siguiente tabla:

Tabla 2. Caos frente a Complejidad

Caos	Complejidad
Cómo surgen comportamientos complejos a partir de sistemas simples	Cómo surgen comportamiento simples a partir de sistemas complejos
Sistemas no lineales simples conducen a comportamientos extremadamente complicados (s.c.i.)	Interacciones simples de muchos elementos conducen, a niveles superiores, a patrones de comportamiento reconocibles
Cómo reconocer, describir y predecir sistemas que exhiben la propiedad de dependencia sensible a las condiciones iniciales	Cómo un sistema que es complicado puede conducir a patrones de comportamiento reconocibles cuando el sistema se considera como un todo

Fuente: Elaboración propia a partir de Fitzgerald y Eijnatten (2002^a).

Sin embargo, es indudable la relación entre Caos y Complejidad. La Teoría del Caos ha incidido en un nuevo concepto de complejidad no meramente cuantitativo sino cualitativo. Además hay que tener en cuenta que el Caos no supone una ausencia completa de orden, sino que más bien supone una unión de los conceptos de desorden y orden: no se trata de conceptos opuestos, sino dos aspectos de la misma realidad. De hecho se ha acuñado un nuevo término para unificar aún más las características de los sistemas caóticos con las de los sistemas complejos. Se trata del término *caórdico*, acuñado por Dee Hock a mediados de la década de los noventa (Fitzgerald y Eijnatten, 2002b). Este término es, en definitiva, una amalgama de los vocablos caos y orden, remarcando la idea de su estrecha relación hasta el punto de que uno no puede existir sin el otro. Un sistema caórdico es un conjunto complejo y dinámico de conexiones entre elementos que forman un todo unificado, cuyo comportamiento es simultáneamente impredecible (caótico) y organizado (ordenado).

3. EVOLUCIÓN DE LA GESTIÓN EMPRESARIAL

Existe una relación entre los paradigmas o modelos mentales, y cómo esos modelos mentales se trasladan al modo en que se piensa que se debe organizar o dirigir la empresa. Por este motivo es indudable pensar que la organización de empresas ha estado tradicionalmente dirigida por la visión occidental derivada de la mecánica newtoniana en la que se potenciaba la idea de la predicción y el control en base a tres supuestos clave:

1. la realidad es objetiva (positivismo),
2. las relaciones entre las causas y las consecuencias son lineales, y por tanto los efectos son predecibles (determinismo),
3. el conocimiento se adquiere a través de los sentidos mediante la recolección de datos y el análisis (reduccionismo).

Teniendo en cuenta el éxito de este enfoque es fácil comprender su traslación a otros campos, como la Economía y la Empresa, que se desarrollaron en el siglo XVIII. De hecho, las empresas que surgieron con la industrialización se organizaron utilizando estas pautas. En concreto, la metáfora de la máquina se trasladó al campo de la organización empresarial, concebidas como grandes máquinas, en la que los empleados eran los elementos que formaban la máquina, elementos podían ser dirigidos, controlados o reemplazados. Se trasladó también la importancia de la predicción y el control en base a los mismos tres principios enunciados para la Física clásica.

Derivada de esta visión clásica del mundo, las empresas eran consideradas entidades estables, que funcionaban de una manera lineal y predecible. Esta visión se reforzó durante el siglo XX, con los trabajos de Taylor en Estados Unidos y Fayol en Francia, para los que era importante llevar predecibilidad y control a la empresa. En definitiva, el papel del gestor empresarial era observar, establecer y comprender la estructura causal de la organización para, una vez determinadas las relaciones entre causas y efectos, tenerla bajo control (Stacey, Griffin y Shaw, 2000). Bajo esta perspectiva, los conceptos importantes eran los de localidad, orden y equilibrio, frente a los de globalidad, desorden y desequilibrio.

En esta primera etapa (Nieto de Alba, 1996, 1998 y 1999) la gestión supone una organización cerrada, con una dinámica estable. Los cambios a los que se enfrenta la empresa son predecibles y, por tanto, se habla de gestión reactiva: la adaptación al cambio opera a priori, desde el pasado, para adaptarse a un futuro cierto. Esto conduce a su vez a una gestión caracterizada por tener aversión al riesgo y ser fuertemente centralizada y jerarquizada, generando límites restrictivos entre los diferentes niveles organizativos y en la necesaria colaboración entre ellos, produciendo conflictos. Los valores organizacionales son descendentes, y el control es externo.

Existe una segunda etapa, correspondiente al Paradigma Aleatorio o Estadístico, que supone la existencia de un cierto grado de incertidumbre predecible, que sustituye el Principio de Causalidad Fuerte por el Débil. Se sigue suponiendo la existencia de relaciones causales determinables, aunque ahora en términos aleatorios. Por tanto, sigue siendo factible determinar y controlar estas relaciones aumentando el nivel de información. La gestión en esta etapa es anticipativa, en el sentido de que opera desde el presente en anticipación del futuro. El aumento de la información requiere sustituir en cierta medida la jerarquía por redes horizontales, en las que se pone de manifiesto la importancia del grupo para alcanzar el éxito, ya que dicho éxito es consecuencia de los esfuerzos de todos sus miembros, y el éxito de cada uno depende de la contribución del resto. Debido a ello se prima la importancia de la tarea sobre la del rango. Los valores emergen de abajo a arriba, y se deja paso al autocontrol frente al control externo. En esta etapa surgen como conceptos fundamentales la información y el aprendizaje simple.

La última etapa corresponde al Paradigma de la Complejidad, en el que la incertidumbre deja de ser predecible en contraste con la etapa anterior. Las relaciones entre causas y efectos ya no son determinables aumentando la información, debido a los procesos de retroalimentación positiva (sensibilidad a las condiciones inicia-

les). En esta etapa las organizaciones son sistemas caracterizados por el no equilibrio, las relaciones no lineales y las propiedades emergentes, caracterizándose su dinámica por la inestabilidad limitada. La gestión debe ser creativa e innovadora, y a través de ella el futuro pasa de ser anticipado a ser creado. Pierden importancia los conceptos de orden, estabilidad y control frente a los de desorden, conflicto, inestabilidad y diálogo como fuente de estrategias creativas, favoreciendo la autoorganización espontánea. Los valores son tanto ascendentes como descendentes. Para la gestión es fundamental el aprendizaje complejo o generativo. El control alterna la gestión ordinaria para la supervisión de la actividad cotidiana y la gestión estratégica a través del aprendizaje.

A continuación se incidirá en las implicaciones de los nuevos conceptos desarrollados en el Enfoque de la Complejidad sobre la dinámica de la organización, la estrategia y las capacidades de gestión.

4. LA DINÁMICA DE LA EMPRESA COMO SISTEMA COMPLEJO

Las aplicaciones de estos conceptos en la gestión empresarial suelen trabajar simultáneamente con nociones de Complejidad y de Caos, debido en parte a que los principios de organización en los que se sustentan son similares en ambos casos. Por este motivo, generalmente en el ámbito de las aplicaciones en la organización de empresas del término Complejidad éste se usa en el sentido más general de los atributos de un sistema *caótico*, de manera que se une la impredecibilidad con la existencia de patrones ordenados. En definitiva, las empresas se conceptualizan como sistemas dinámicos, complejos y no lineales, caracterizados por la existencia de un gran número de elementos que interactúan de manera compleja entre sí y con el entorno, que evoluciona a lo largo del tiempo generalmente alejada del equilibrio, que es dependiente de su pasado, en la que nacen propiedades emergentes y cuya evolución futura es difícilmente predecible.

Debido a lo anterior, y derivadas ambas de la existencia de relaciones no lineales, es razonable esperar que la dinámica de las organizaciones empresariales tenga dos características esenciales de estos sistemas, a su vez relacionadas entre sí: la inestabilidad limitada y la existencia de propiedades emergentes (autoorganización).

Si las relaciones entre causa y efecto son lineales, sólo dos tipos de comportamiento pueden ocurrir en el largo plazo: la estabilidad y la inestabilidad. Sin embargo, cuando las relaciones son no lineales, se puede producir un comportamiento paradójicamente estable e inestable de manera simultánea: hay inestabilidad en el sentido de que el comportamiento específico es inherentemente impredecible en el largo plazo, pero hay estabilidad en el sentido de que existen estructuras cualitativas reconocibles. En definitiva, el comportamiento en el borde de la inestabilidad sigue una dinámica inherentemente impredecible, pero dentro de unos límites (inestabilidad limitada). Así, cuando existen relaciones no lineales en el sistema, los elementos que lo forman desconocen los resultados a largo plazo que pueden producir sus propias acciones, ya que estos resultados dependerán de las interacciones entre

todos los elementos. Sin embargo, surgen nuevos patrones de comportamiento que son reconocibles.

Cuando se supone que las organizaciones funcionan desde un punto de vista clásico, se parte de la base de que existe un cierto número de comportamientos con resultados deseables, a los que la empresa debe dirigirse, y además se sabe la relación entre la posición que ocupa la empresa y estos equilibrios futuros (predecibilidad). Así, la organización debe modificar su posición para dirigirse a uno u otro equilibrio, de manera que no puede hablarse de innovación ni creatividad. Esta es la perspectiva tradicional de la gestión empresarial.

Por el contrario, si la organización funciona en el ámbito de la inestabilidad limitada, los cambios surgen de manera interna y espontánea en el sistema, debido a las relaciones internas entre los elementos que provocan que no se puedan predecir las consecuencias de las decisiones tomadas. A pesar de tener leyes deterministas se tienen resultados emergentes, impredecibles. Las elecciones no están restringidas a un número limitado de equilibrios predecibles, de manera que están realmente abiertas sin resultados conocidos. Este desorden no es resultado de la inercia, incompetencia o ignorancia, sino que es una propiedad fundamental de los sistemas creativos. Esta nueva visión no puede ser explicada utilizando las perspectivas tradicionales de la gestión empresarial, pero responde bastante bien a los conceptos reales del mundo empresarial (paradojas, retroalimentación positiva, emergencia...), y a los comportamientos observados en las organizaciones. Las hipótesis respecto a la dinámica de las organizaciones bajo la perspectiva tradicional y bajo esta alternativa se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3. Dinámica de la organización bajo las perspectivas tradicional y alternativa

Perspectiva tradicional	Perspectiva alternativa
Las relaciones causa-efecto son lineales e identificables, de manera que las acciones a implementar se seleccionan de acuerdo a los resultados a largo plazo	Las relaciones causa-efecto son no lineales y no claramente identificables, de manera que las acciones a implementar no pueden seleccionarse de acuerdo a los resultados a largo plazo
Las organizaciones buscan (o son seleccionadas para buscar) el equilibrio	Los elementos de las organizaciones mantienen comportamientos de conflicto, ambigüedad, aprendizaje y diálogo alejados del equilibrio
Los resultados a largo plazo son, por tanto, buscados por la propia organización, o por medio de una selección competitiva	Los resultados a largo plazo surgen mediante autoorganización espontánea y selección competitiva
El comportamiento está regido por la retroalimentación negativa	El comportamiento está regido por retroalimentación tanto negativa como positiva

Fuente: Elaboración propia a partir de Stacey (1995).

Resumiendo, existen tres posibles comportamientos de las organizaciones: la estabilidad, la inestabilidad y la inestabilidad limitada, caracterizados por una serie de propiedades, que inciden tanto en los sistemas formales de la empresa como en los informales, como se resume en la Tabla 4:

Tabla 4. Tipos de dinámicas

Tipo de comportamiento	Sistema formal	Sistema informal
Estabilidad	Jerarquía y burocracia integradora. Sistemas de control basados en retroalimentación negativa	Conformismo, aversión al riesgo, modos culturales comunes
Inestabilidad	Sistemas de control demasiado descentralizados e inefectivos	Amplia diversidad cultural, conflicto, actividades reivindicativas
Inestabilidad limitada	Jerarquía y burocracia integradora. Sistemas de control basados en retroalimentación negativa	Amplia diversidad cultural, conflicto, actividades reivindicativas, diálogo, aprendizaje, ambigüedad. Modos culturales no contrapuestos.

Fuente: Elaboración propia a partir de Stacey (1995).

Es importante destacar que, si la tarea de la organización es generar nuevos productos y servicios, adaptables y cambiantes a lo largo del tiempo, no son válidos ni el comportamiento estable ni el inestable ya que, en ambos casos, el sistema cambia de manera predecible. Para generar cambio e innovación de manera espontánea deben existir en la organización relaciones de retroalimentación positiva (sensibilidad a las condiciones iniciales) y, por tanto, la organización debe actuar en una inestabilidad limitada.

De esta manera, teniendo en cuenta que la emergencia es una propiedad fundamental de los sistemas complejos, este nuevo enfoque surge una perspectiva alternativa al proceso estratégico, enfocada a las relaciones informales de retroalimentación entre los individuos de la organización. Sobre esa base, los procesos de transformación y evolución en las organizaciones se deben a autoorganización creativa, que hace que la organización evolucione y se produzcan nuevos patrones emergentes de comportamiento.

5. LA ESTRATEGIA EMPRESARIAL EN UN ENTORNO COMPLEJO

Bajo el enfoque tradicional, el proceso estratégico suponía que era posible identificar las conexiones entre las causas y los efectos o resultados que se querían conseguir. Esta idea posibilita al líder para tomar decisiones acerca de la dirección que debe tomar la organización en función de un plan (estrategia) organizado. Pero si las empresas se comportan como sistemas complejos, según lo antes visto, es indudable que existirán ciertas implicaciones (Levy, 1994) a la hora de formular la estrategia a seguir.

En primer lugar, la planificación a largo plazo resulta sumamente complicada dado que pequeñas perturbaciones pueden generar, supuestas relaciones no lineales, grandes consecuencias, los sistemas muestran sensibilidad a las condiciones inicia-

les, que dificulta la predicción a largo plazo. La formulación de una planificación a largo plazo ha sido tradicionalmente un punto clave en la estrategia de cualquier organización, y esta formulación ha trabajado bajo el supuesto de que era posible mejorar los modelos y la recolección de datos para mejorar así las predicciones. Sin embargo, si existe dependencia sensible a las condiciones iniciales, no será posible mejorar la predicción debido a la inherente inestabilidad del sistema analizado. Por consiguiente, no tiene sentido una estrategia empresarial basada en la anticipación del futuro. Sin embargo, dado que los sistemas caóticos mantienen su inestabilidad limitada a unos patrones reconocibles de comportamiento (atractores), será más adecuado tener en cuenta un número de posibles escenarios, siendo fundamental aumentar la flexibilidad de la empresa y su capacidad de autoorganización.

Además, las empresas no alcanzan un equilibrio estable. El enfoque tradicional de la estrategia empresarial se ha basado en la existencia de relaciones determinadas entre causas y efectos para, una vez fijado el objetivo a alcanzar, dirigir los esfuerzos a conseguirlo. En definitiva, se suponía la existencia de un cierto número de posibles equilibrios, y el conocimiento de la relación entre la posición de la empresa y estos posibles equilibrios futuros. Sin embargo, si la empresa se entiende como un sistema complejo, no alcanzará nunca un equilibrio estable, aunque esto no debe entenderse como algo negativo, sino positivo ya que la supervivencia de la empresa depende, en gran medida, de su capacidad de innovación y adaptación. El enfoque de la complejidad sugiere que los cambios en la dinámica y estructura de las empresas pueden ser generados de manera endógena (emergencia) mediante la propiedad de autoorganización. En el contexto de la estrategia empresarial, esta autoorganización podría aplicarse a la evolución de las relaciones organizacionales hacia nuevas formas (cooperación técnica, joint-ventures...).

Por último, pueden ocurrir cambios bruscos de manera inesperada. Los enfoques estratégicos tradicionales se basan en la existencia de relaciones lineales, suponiendo que pequeños cambios en las causas producirán pequeños cambios en las consecuencias. La sensibilidad a las condiciones iniciales pone de manifiesto que pequeñas modificaciones en las causas pueden producir grandes cambios posteriores. Bajo el punto de vista de la estrategia empresarial es importante tener en cuenta que la entrada de un nuevo competidor o el desarrollo de un producto pueden tener efectos substanciales.

6. IMPLICACIONES DE LA COMPLEJIDAD EN LAS CAPACIDADES DE GESTIÓN

Debido a la importancia de la predicción para la determinación de las relaciones entre las causas y las consecuencias, la gestión empresarial bajo el Paradigma de la Simplificación iba encaminada a disminuir la incertidumbre para aumentar el control. Por este motivo, los valores fundamentales de la gestión en esta época, que rigieron la mentalidad empresarial durante todo el siglo fueron las siguientes:

1. planificación
2. organización
3. dirección
4. coordinación
5. control

Estas capacidades tradicionales han sido fundamentales para el progreso económico conseguido a lo largo del siglo XX. Lo que ocurre es que, en un mundo complejo tan cambiante como el actual, estas capacidades organizacionales, aunque todavía útiles, están quedando, en ocasiones, inapropiadas para las empresas actuales. Actualmente nuestro entorno no es considerado estable y predecible, sino altamente cambiante e impredecible, de manera que cada vez se hace más difícil planificar, organizar, dirigir o controlar en este tipo de entorno. Esto se traslada a la empresa por lo que los directivos deben aceptar que las capacidades tradicionalmente aceptadas pueden estarse quedando obsoletas.

Ahora bien, estos supuestos básicos de la visión Newtoniana son cuestionados en el marco de la Ciencia Compleja. La nueva visión del mundo lo concibe como un sistema dinámico, impredecible, no lineal, subjetivo y autoorganizado, todas ellas características que, si se trasladan al mundo de la gestión empresarial, explican la obsolescencia de las capacidades antes enunciadas en favor de otras nuevas (Shelton y Darling, 2003):

1. visión compleja
2. pensamiento complejo
3. sentimiento complejo
4. conocimiento complejo
5. actuación compleja
6. confianza compleja
7. ser complejo

VISIÓN COMPLEJA

Está basada en la premisa de que la realidad es inherentemente subjetiva. Se piensa que alrededor de un 80% de la percepción externa es función de las creencias internas, de manera que la experiencia individual depende en gran medida de los propios esquemas mentales. Se entra así en un bucle en el que las propias creencias influyen sobre la percepción del mundo, y la percepción del mundo influye en las creencias, de manera que los directivos, si no son conscientes de ello, entrarán en un ciclo repetitivo, ya que continuarán percibiendo la realidad como siempre la han percibido debido a sus percepciones individuales. La capacidad de visión compleja permite a los directivos ser más conscientes de sus propias intenciones (un comportamiento que podría calificarse como de más enfocado), para así aprender a cambiarlas, modificando así su percepción del mundo y produciéndose, por tanto, un aprendizaje. Es importante que el directivo tenga en cuenta a todos los agentes implicados en el proceso, para así proporcionar soluciones diferentes a las que conduce su propia percepción de la situación.

PENSAMIENTO COMPLEJO

Dado que el mundo muchas veces funciona de manera aparentemente ilógica y paradójica, es importante que los directivos aprendan a pensar de este modo, de un modo que podría calificarse como complejo. Muchas de las cuestiones clave de la empresa son paradójicas (aumentar calidad vs. reducir costes) de forma que el proceso de toma de decisiones no puede ser meramente lineal o lógico, sino no lineal o complejo. Este tipo de pensamiento complejo está relacionado con el desarrollo del lado derecho del cerebro, que es el lado que podría calificarse como creativo, en el que rigen las imágenes sobre las palabras y, por tanto, no está acotado por la lógica. Es importante que la gente aprenda a pensar de modo creativo, a estar en desacuerdo, ya que las organizaciones necesitan para progresar de la energía creativa generada por las diferencias.

SENTIMIENTO COMPLEJO

Está basado en la premisa de que los seres humanos están compuestos de la misma energía que el resto del universo, y que el corazón es la primera fuente de energía para la mente, por medio de las señales electromagnéticas. La potencia de estas señales depende de las emociones, de modo que emociones positivas incrementan la energía, y las emociones negativas la reducen. Por consiguiente, es importante que los directivos sean capaces de mantener altos niveles de energía enfocando los aspectos positivos de las situaciones, en definitiva, comportarse de manera vitalista.

CONOCIMIENTO COMPLEJO

La necesidad de esta capacidad surge en la base de que el universo emerge a partir de un campo de energía subyacente, una especie de base de datos cósmica. Y se está estudiando la posibilidad de acceder a esta información subyacente a través de procesos basados en la intuición, tales como la meditación. De este modo se pretende conseguir una toma de decisiones más rápida en situaciones novedosas por medio de una mayor confianza en uno mismo y en su capacidad de percepción.

ACTUACIÓN COMPLEJA

Esta capacidad se basa en el reconocimiento de la globalidad. Todo en el universo está conectado, forma parte de un todo complejo en el que cada parte influye y está influenciada por el resto de las partes. La actuación compleja es la capacidad de actuar de acuerdo con el beneficio de la globalidad, y no sólo de la individualidad. Los líderes que sigan este modo complejo de actuación tomarán decisiones que pueden calificarse como responsables o éticas, siendo conscientes de que cuando toman una buena decisión aumentan la probabilidad de que otros actúen de acuerdo con ella, aumentando de este modo el bien común.

CONFIANZA COMPLEJA

Está basada en los principios de la Teoría del Caos y la Complejidad, que pone de manifiesto la presencia del caos en los procesos naturales. Por este motivo es

importante que los líderes confíen en los procesos naturales, y que aprecien la necesidad de la presencia del caos y la complejidad, ya que los sistemas que funcionan con estas premisas se caracterizan por auto organizarse para aumentar sus niveles de coherencia. Estos sistemas, que fluctúan de manera impredecible entre el caos y el orden se denominan sistemas caórdicos. Es importante, por consiguiente, que se abandonen las ideas de predicción y control para aprender a aprovechar la potencia creativa del caos, aumentando así la flexibilidad de los comportamientos y, por tanto, de la organización.

SER COMPLEJO

Está relacionada con la importancia de las interrelaciones en la naturaleza del universo. El ser complejo es la capacidad de estar abierto a un aprendizaje continuo basado en las relaciones, teniendo en cuenta que todas las relaciones son oportunidades de aprender, que cualquiera, y no siempre las personas favoritas, pueden contribuir a este aprendizaje, y que las cosas suelen ocurrir con motivo. Es importante, por tanto, la comunicación y la comprensión dentro de la empresa en todas direcciones, tanto horizontal como verticalmente, suprimiendo así el encorsetamiento y las fronteras íter departamentales.

Por último, pueden señalarse las relaciones entre estas diferentes capacidades, y los actuales cambios que se observan en las organizaciones empresariales hoy en día:

Tabla 5. Relación entre las capacidades complejas y los cambios organizacionales

Cambio	Capacidad Compleja	Definición	Comportamiento
Calidad	Visión compleja	Capacidad de ver intencionalmente	Enfocado
Innovación	Pensamiento complejo	Capacidad de pensar paradójicamente	Creativo
Motivación	Sentimiento complejo	Capacidad de comportarse vitalmente	Vitalista
Auto potenciación	Conocimiento complejo	Capacidad de conocer intuitivamente	Seguridad
Responsabilidad social	Actuación compleja	Capacidad de actuar responsablemente	Responsabilidad ética
Cambio/Caos	Confianza compleja	Capacidad de confiar en los procesos naturales	Flexibilidad
Trabajo en equipo/Diversidad	Ser complejo	Capacidad de estar relacionado	Comprensión

Fuente: Elaboración propia a partir de Shelton y Darling (2003).

7. CONCLUSIÓN: LA GESTIÓN COMPLEJA

La evolución del pensamiento científico y de la misma gestión empresarial muestra la necesidad de un nuevo enfoque que nos lleve a pensar en términos no lineales y complejos. Dicho de otro modo, la reconceptualización compleja del universo provoca una nueva forma de contemplar, pensar, conocer y ser en el mundo y, por consiguiente, en la empresa. El paradigma de la complejidad (Morin, 1995) proporciona el marco conceptual para el pensamiento complejo. Y este pensamiento complejo es simplemente otro modo de pensar que no busca complicar, sino abrir la mente hacia otros conceptos y progresar hacia la comprensión de lo complejo. Y esta comprensión de lo complejo implica saber cómo aceptar la ambigüedad, la contradicción, la falta de precisión, y aceptar la impredecibilidad.

Según Morin (1995), existen tres características fundamentales en este pensamiento complejo:

1. el principio dialógico, que permite la asociación de nociones contradictorias que forman parte del mismo fenómeno complejo
2. el principio de recursividad, ya que se rompe la relación lineal entre causas y consecuencias, existiendo relaciones recursivas entre ambas. Es la base para la autoorganización
3. el principio holográfico, que supera el reduccionismo, que sólo se centra en las partes, así como el holismo, que únicamente se centra en el todo. Se basa en suponer que no sólo las partes están en el todo, sino también el todo en las partes

Este pensamiento complejo es aplicable a las organizaciones para ofrecer un enfoque diferente a las relaciones existentes entre los individuos y la empresa. El principio dialógico permite la conjunción de las relaciones individuales y las relaciones de la empresa. El principio de recursividad justifica que los individuos interaccionan produciendo la empresa, mientras que la empresa simultáneamente, produce las relaciones entre los individuos. En cuanto al principio holográfico, es claro que la organización está presente en sus miembros, a través de sus normas y las relaciones que implica.

En definitiva, y hablando concretamente de la gestión empresarial, a lo largo de la exposición ha quedado suficientemente claro que ha de trabajar en una dinámica de inestabilidad limitada, en lo que se denomina «borde del caos», manteniendo un alto nivel de flexibilidad y aprendizaje que le permite, en lugar de anticipar, crear el futuro a partir de las propiedades emergentes de la organización. Por último nos gustaría resumir algunas de las características más importantes de esta nueva forma de gestión compleja que son consecuencia directa de la modificación de las hipótesis básicas que gobiernan la idea de gestión empresarial (Kiel, 1994), (Nieto de Alba, 2000) y (Stacey, 1994):

1. En los entornos de innovación es fundamental asimilar las nuevas tecnologías e invertir en intangibles. El éxito requiere de una creatividad continua, y es

la propia compañía la que debe fomentarla mediante una destrucción creativa, es decir, generando incertidumbre de manera deliberada para favorecer la creatividad y la innovación. Se han de desarrollar nuevos modelos, técnicas y prescripciones para cada situación, utilizando no sólo la experiencia cuantitativa, sino fundamentalmente la cualitativa.

2. En una organización dinámica es fundamental la capacidad del directivo para plantear nuevas situaciones y problemas de manera activa y cambiante. Para enfrentar estas situaciones será fundamental un proceso de aprendizaje complejo en tiempo real que utiliza el diálogo, el cuestionamiento de las posturas y la modificación de las mentalidades. A través de este proceso las personas deben descubrir y elegir nuevas perspectivas, avanzando el proceso de manera espontánea y autoorganizada.
3. Antes de poner en práctica las propuestas para combatir un problema es importante que éstas estén legitimadas mediante los apoyos necesarios. Este apoyo debe producirse, no mediante un procedimiento formal, sino mediante relaciones informales, espontáneas y autoorganizadas.
4. El éxito de la gestión dependerá de la capacidad de combinar la gestión ordinaria de la actividad diaria, aplicando los controles para las tareas predecibles y repetitivas con la gestión compleja no ordinaria. En esta gestión compleja el control debe entenderse como un control en general, es decir, un control sobre las condiciones restrictivas de la incertidumbre necesaria para la autoorganización y la emergencia. Esta incertidumbre es de vital importancia para que surjan nuevas ideas, nuevos proyectos en la organización, y de hecho un control demasiado fuerte puede inhibir este enorme potencial de progreso. Por este motivo una planificación excesivamente precisa no es beneficiosa para la organización, ya que hay demasiadas variables que pueden cambiar y alterarían el plan.
5. Bajo esta perspectiva no hay diferencias acusadas entre gestión y control. Es importante que los directivos cedan una cierta autoridad a sus empleados para que controlen aspectos de sus responsabilidades diarias. De esta manera los mismos empleados potenciarán su capacidad de encontrar soluciones creativas para afrontar los problemas. Esto se traslada al ámbito del diseño organizacional, que debe caracterizarse por la existencia de estructuras flexibles de tipo fractal o informal que evite el autoritarismo y los grupos formales y que, por el contrario, estimule la polivalencia del trabajador y la existencia de grupos autogestionados. También es importante la existencia de elementos diversos que generen opiniones encontradas y que produzcan, en definitiva, diálogo y aprendizaje.

En las organizaciones que funcionan dentro de esta inestabilidad limitada, dado que la predicción del futuro de la compañía a largo plazo es imposible en términos cuantitativos, es importante la existencia de un pensamiento estratégico continuado, basado en modelos cualitativos generales acerca de la estructura y la posición que mantiene la organización, de manera que se pueda identificar y entender la problemática a la que se enfrenta la empresa. Por este motivo se debe avanzar en lo que hemos denominado pensamiento

complejo, adecuado para comprender la naturaleza cualitativa de las interconexiones.

6. Actualmente la sociedad demanda, por parte de las empresas, la existencia de ciertos valores éticos, de manera que los directivos deben favorecer la vocación de servicio al cliente, los valores democráticos y ecológicos, así como la búsqueda continua de la excelencia

BIBLIOGRAFÍA

- ALBIN p. S. y FOLEY D. K. *Barriers and Bounds to Rationality: Essays on Economic Complexity and Dynamics in Interactive Systems*. Princeton: Princeton University Press, 1998.
- COLANDER, D., HOLT, R.p. F. y ROSSER Jr, B.J. The changing face of mainstream economics. *Review of Political Economy*, Vol. 16, no 4, 2004. pp. 485-299.
- DAY R.H. *Complex Economic Dynamics, Volume 1: An Introduction to Dynamical Systems and Market Mechanisms*. Cambridge: MIT Press, 1994.
- FITZGERALD, L.A. Chaos: the lens that transcends. *Journal of Organizational Change Management*, Vol. 15, no 4, 2002. pp. 339-358.
- FITZGERALD, L.A. y EIJNATTEN, F.M. 2002a: Chaos speak: a glossary of chaordic terms and phrases. *Journal of Organizational Change Management*, Vol. 15, no 4, 2002a. pp. 412-423.
- FITZGERALD, L.A. y EIJNATTEN, F.M. Reflections: chaos in organizational change. *Journal of Organizational Change Management*, Vol. 15, no 4, 2002b. pp. 402-411.
- HORGAN, J. From complexity to perplexity. *Scientific American*, Vol. 95, 1995. pp. 74-79.
- KIEL, G.E. *Managing chaos and complexity in government: a new paradigm for managing change, innovation and organizational renewal*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1994.
- LEIJONHUFVUD, A. Towards a not-too rational macroeconomics. *Southern Economic Journal*, Vol. 60, 1993. pp. 1-13.
- LEVY, D. Chaos Theory and strategy: theory, application and managerial implications. *Strategic Management Journal*, Vol. 15, 1994. pp. 167-178.
- MATEOS, R. y OLMEDO, E. Implicaciones del caos determinista en la gestión empresarial. *Encuentros Multidisciplinares*, Vol. 11, no 3, 2002. pp. 39-46.
- MATEOS, R., OLMEDO, E. y VALDERAS, J.M. The new complex perspective in economic analysis and business management. *Emergence: Complexity and Organization*, Vol. 4, no 2, 2002. pp. 147-163.
- MORIN, E. *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa, 1995.
- NIETO DE ALBA, U. Gestión del caos y aprendizaje complejo. *RIDE*, Vol. 1, 1998. pp. 37-47.
- NIETO DE ALBA, U. La gestión del caos en la economía. *Análisis Financiero*, Vol. 68, 1999. pp. 98-111.
- NIETO DE ALBA, U. *Gestión y control en la nueva economía. Innovación, integración y globalización*. Madrid: Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, 2000.
- OLMEDO, E., VALDERAS, J.M. y MATEOS, R. La Economía en el marco de la ciencia compleja. *Encuentros Multidisciplinares*, Vol. 17, nº 4, 2004, pp. 56-61.
- OLMEDO, E., VALDERAS, J.M., GIMENO, R. y MATEOS, R. Utilización de redes neuronales en la caracterización, modelización y predicción de series temporales económicas en un entorno complejo. *Inteligencia Artificial*, Vol. 8, no 23, 2004. pp. 7-25.

- PRIGOGINE, I. *El nacimiento del tiempo*. Barcelona: Tusquets, 1993.
- PRIGOGINE, I. *Las leyes del caos*. Barcelona: Crítica, 1997.
- PRYOR F. L. *Economic Evolution and Structure: The Impact of Complexity on the U.S. Economic System*. New York: Cambridge University Press, 1995.
- SHELTON, C. y DARLING, F.R. From theory to practice: using new science concepts to create learning organizations. *The Learning Organization*, Vol. 10, no 6, 2003. pp. 353-360.
- STACEY, R.D. The science of complexity: an alternative perspective for strategic change processes. *Strategic Management Journal*, Vol. 16, 1995. pp. 477-495.
- STODDER, J. p. The evolution of complexity in primitive economies: theory. *Journal of Comparative Economics*; Vol. 20, 1995. pp. 1-31.