

# **“UNA NUEVA VISION DE LAS ORGANIZACIONES. UN APORTE DESDE LA TEORIA DE LA COMPLEJIDAD DE LA COMPLEJIDAD”**

**AUTOR: Doctor Fernando Guerrero**  
**El Salvador**

## **Introducción**

El trabajo se presenta en el marco de la IX Asamblea General de la Asociación Latinoamericana de Facultades y Escuelas de Contaduría y Administración, a realizarse en La Habana, Cuba, en septiembre de 2005. Estos eventos son espacios de reflexión y análisis sobre la problemática teórica y práctica de las ciencias administrativas y contables; por eso, revisten mucha importancia para el desarrollo de la ciencia en general, particularmente, las ciencias que definen el contenido de esta asamblea. La investigación pretende sensibilizar a gerentes y profesores de universidades de nuestros países a abandonar ya, de una sola vez, los viejos paradigmas empresariales y se decidan a sumergirse en las aguas profundas de la complejidad. Es hora ya de que los profesores universitarios de la teoría gerencial nos equipemos con pensamiento nuevo para una nueva realidad. Una oportunidad son estos diálogos de discusión para exponer nuestras ideas y enriquecer la teoría gerencial.

## **Un acercamiento a la problemática**

Los escasos trabajos que se realizan sobre la teoría gerencial, en los países poco desarrollados, para usar un término menos cruel, son muy débiles desde el punto de vista científico y se dedican a repetir, y a veces mal, lo que otros investigadores de otras latitudes han dicho sobre aspectos tradicionales de la Administración; por eso, sus resultados son poco novedosos. El método aplicado en esos trabajos dista mucho de ser científico. Es una ofensa al método y a la mentalidad científicas. Muchos trabajos de investigación presentan esa debilidad; pero, en los trabajos referidos a la teoría gerencial, esa debilidad es más profunda. Quizás, si existiera un premio nobel en Administración, la cosa cambiaría; pero, algo habrá que hacer, aún sin premio nobel, para provecho nuestro y de la humanidad. Me parece que es hora ya de que miremos a la teoría gerencial con nuevos ojos, con otra perspectiva, con los principios del paradigma de la complejidad. Ese es, precisamente, mi objetivo, plantear unas ideas muy preliminares sobre este enfoque

que provoquen el debate, aplicar un *remezón* en la teoría gerencial tradicional que aprendimos en las universidades, de tal manera de sacudir el árbol con fuerza para que caigan las hojas secas que poco aportan ya a la vitalidad del árbol.

En ese sentido, he tratado de ofrecer algún tipo de respuestas a las siguientes preguntas: ¿Qué es la teoría de la complejidad?, ¿Cuáles son sus postulados principales?, ¿Cuál es el nivel de aplicación a las Ciencias Sociales y, en especial, a la teoría gerencial? Las respuestas planteadas deben ser consideradas como propuestas iniciales, colocadas en borrador para el debate. Estas y otras preguntas que se generen en el desarrollo de este trabajo constituyen el objeto central de estudio. Por la naturaleza de este trabajo, no fue posible responder con profundidad las anteriores preguntas; sin embargo, espero haber logrado un alcance tal que las ideas aquí expuestas motiven a los profesionales de nuestras universidades a continuar debatiendo y desarrollando este interesante tema.

El gerente es un ser privilegiado de la complejidad y del caos. El mundo en que le toca actuar al Administrador es uno de los más paradójicos: la empresa. Un mundo en donde existen trabajadores, cada uno con su propio mundo y con lógicas distintas: *la lógica del mundo del operario no es la lógica del mundo del empresario*. La empresa es un conjunto de mundos paralelos que responden a actuaciones con lógicas distintas, caracterizadas por la existencia de incertidumbre, complejidad, ambigüedad y caos. Para entender esta lógica, si es que la hay (al menos como se la entiende tradicionalmente), es necesario cambiar nuestra forma de pensar acerca de la vida y del mundo, cambiar los actuales paradigmas por otros más totalizadores, más complementarios. ¿Cuáles son los conceptos básicos del paradigma emergente que harán cambiar nuestra cosmovisión? En esta oportunidad, el paradigma al que me voy a referir más adelante está representado por la Teoría de la Complejidad y la Teoría del Caos.

Ofrecer respuestas, aunque sean iniciales, a las interrogantes arriba planteadas no es una tarea fácil. Para hacerlo, tenemos que dar respuesta también a otra pregunta: ¿Qué es la realidad? Y, hasta el momento, nadie ha podido definir el concepto de realidad. Hay tantas concepciones de ella como autores la han intentado definir. Nadie sabe qué es la realidad. Lo que tenemos son percepciones de la realidad; pero, sólo son eso: percepciones. Estas percepciones están contenidas en los modelos o teorías que intentan explicar la realidad.

La realidad es muy escurridiza y que nunca podremos conocer la absoluta y total realidad. Lo más que podemos hacer es acercarnos a ella por aproximaciones sucesivas,

sabiendo que el siguiente paso está más cerca de ella que el anterior; pero, siempre será una verdad aproximada, puesto que ésta se encuentra en permanente cambio. La situación es parecida a aquella persona que quiere alcanzar el arco iris, por más que se acerca para tocarlo, nunca lo logrará. Además, cómo observemos y cómo interpretemos la realidad dependerá de qué enfoque teórico estemos utilizando para observarla. *La realidad objetiva – dice Heisenberg - se ha evaporado y lo que nosotros observamos no es la naturaleza en sí sino la naturaleza expuesta a nuestro método de interrogación” (citado por Raiza Andrade y Cadenas, Evelin et al. , 2002).*

### **Una breve revisión de las Teorías del Caos y de la Complejidad**

Existe una discusión sobre el significado y el alcance de los términos *caos* y *complejidad*. Muchos argumentan que la Teoría del Caos estudia la dinámica no lineal y que la Teoría de la Complejidad es parte de aquella. Otros, por su parte, mantienen lo contrario, y hay otros que ven pequeñas diferencias entre ambas. Incluso, algunos sostienen que ambas teorías son dos caras de la misma moneda y que el término *complejidad* es, algunas veces, intercambiable con *caos*; pero, que el primero es usado para referirse a irregularidades en el espacio, mientras *caos* se refiere a irregularidades en el tiempo. Russ Marion (1999, 5) es de la idea que, aunque *complejidad* presente características del *caos*, es distinto de él. Los dos conceptos comparten la característica de la no linealidad; pero, representan diferentes fenómenos. Los teóricos mantienen que la dinámica de ambas teorías va más allá de “*si A, entonces B*”, relaciones en que las salidas es simple función de las entradas. Ellos sostienen que la conducta del sistema es el resultado de la complejidad, interacciones no lineales entre sus partes constituyentes y que, debido a la no linealidad, es difícil o imposible predecir la conducta del sistema. La característica de la no linealidad, concepto clave en la Teoría del Caos y en la Teoría de la Complejidad, significa que el efecto está desconectado de la causa; es decir, un cambio en una variable causal, no necesariamente genera un cambio proporcional en la variable que afecta. Más bien, pueden suceder las siguientes situaciones: que no haya ninguna respuesta; que haya una respuesta dramática o que haya una respuesta a ciertos niveles de la causa.

Considere, por ejemplo, la conducta de un trabajador y de un superior de una organización y asuma, por el momento, que las emociones que ellos experimentan únicamente son de cólera y temor. Cuando el jefe se aproxima al trabajador para reprenderle, ambos pueden experimentar cólera y discutir acaloradamente. Un simple modelo de causalidad podría predecir que la cólera de cada uno podría incrementarse en

proporción al grado de intensidad de la discusión. Los teóricos de la no linealidad plantean que la discusión no es una respuesta conocida de antemano; más bien, cuando la situación alcance cierto nivel de intensidad, el estado emocional de uno de ellos puede, de repente, convertirse en temor, someterse y retirarse. Discutir o retirarse: el resultado tiene una dependencia sensible al estado preciso de las emociones de cada uno de ellos, a los sutiles matices de la interacción entre ellos y entre cada individuo y entre otras cosas más.

### *La Teoría del Caos*

La Teoría del Caos, conocida también como teoría de las estructuras disipativas, se refiere a ciertos modelos matemáticos y a sus aplicaciones. Plantea que el desarrollo de los fenómenos del universo no sigue una conducta previsible y determinada, como la de un reloj, sino que presenta aspectos caóticos; pero, que esta imprevisibilidad o inestabilidad no son producto de la ignorancia del observador, más bien, son una característica inherente a la realidad misma.

Una característica del caos es *su dependencia sensible a las condiciones iniciales*; esto significa que la realidad depende de muchos factores inciertos: un sistema caótico, que parte de dos estados iniciales muy similares, puede tener resultados completamente diferentes. Esta dependencia sensible es conocida como el *efecto mariposa*. Cambios muy pequeños, en las condiciones iniciales, pueden tener efectos enormes imprevisibles por acontecimientos posteriores, lo que ha llevado a algunos teóricos de la caología a afirmar que cualquier predicción sería inútil. Veremos, posteriormente, en qué medida eso es cierto. Pero, esto no es nuevo. La teoría de las decisiones nos plantea las enormes consecuencias de una decisión que pueden cambiar la historia de una organización de un modo totalmente impredecible. ¿En qué radica el *giro radical* de la teoría del caos con respecto a la tradicional *idea de que los microcambios pueden producir macroefectos impredecibles*?

La Teoría del Caos, por su naturaleza, emplea un modelo matemático determinista, expresado en ecuaciones dinámicas, para predecir la evolución que tendrá un fenómeno de la realidad y, si queremos utilizar esta teoría, nuestro primer paso es fijar las condiciones iniciales con las que trabajará el modelo. Pero, nunca estaremos plenamente seguros de conocer la realidad, por lo que solamente estamos en capacidad de conocer las condiciones iniciales con algún nivel de error; únicamente podemos conocer la verdad con alguna aproximación. Como las condiciones iniciales, que se introducen en las

ecuaciones, llevan un grado de error, el modelo producirá una solución errónea que puede crecer con el tiempo. Para que el modelo sea útil para establecer predicciones, debemos conocer con qué velocidad nuestro modelo dinámico aumenta los errores introducidos en las condiciones iniciales y, de acuerdo a los teóricos del tema, los modelos caóticos de mayor interés son aquellos que reproducen el error a una velocidad exponencial.

Cuando decimos que los modelos que emplea la Teoría del Caos son dinámicos y deterministas, nos estamos refiriendo a que tratan con fenómenos del mundo real que cambian con el tiempo y que determinan una evolución única para unas condiciones dadas y a lo largo de un período. Las ecuaciones deterministas, que representan a los modelos caóticos, son aquellas que, para cualquier conjunto de valores iniciales, plantean una solución *única* a lo largo de un plazo de tiempo; por consiguiente, las trayectorias en el espacio de fases no pueden intersectarse ni unirse, y una trayectoria única tampoco puede cortarse a sí misma, porque si esto sucediera contradeciría el supuesto determinista. Puede suceder que la variable de estado única sea atraída hacia un punto fijo. En el caso de ecuaciones con dos variables, las trayectorias pueden tomar la forma de bucles varias veces y definir un ciclo cerrado. Estos puntos fijos y ciclos de atracción son llamados atractores: *conjuntos delimitados de puntos en el espacio de fases tales que las trayectorias que comienzan en sus inmediaciones convergen hacia ellos* (Smith, Peter, 2001, 16). Los atractores son muy importantes para explicar el comportamiento de las trayectorias a largo plazo.

### *Atractores*

Un atractor es estable; si sufre alguna perturbación, regresará a su movimiento original. Es también finito, ya que su conducta queda confinada a un área, de la que no saldrá. En la física clásica, un atractor es periódico o casi periódico; es decir, su conducta es repetitiva o casi repetitiva. Este tipo de atractor constituyó el fundamento de la física newtoniana.

A principios de 1960, Edward Lorenz descubrió otro atractor que fue denominado el *atractor extraño* por David Ruelle y Floris Takens. Lorenz construyó un modelo muy sencillo de convección en la atmósfera, a partir de las ecuaciones clásicas del flujo de fluidos incompresibles, representado por un conjunto reducido de ecuaciones diferenciales ordinarias integrado por sólo tres variables. Cuando Lorenz realizó la integración numérica valiéndose de un computador, descubrió que, para casi cualquier

estado inicial, los valores de las variables quedaban confinados dentro de límites definidos; sin embargo, dentro de esos límites, los valores varían de una manera aleatoria e imprevisible. Además, descubrió, accidentalmente, que si asignaba valores iniciales con pequeñas diferencias a las variables, los resultados del modelo variaban significativamente. El modelo era muy sensible a las condiciones iniciales. Al trazar las trayectorias de los valores de las variables en 3D, adopta una figura de dos alas o bucles.

Revisemos, ligeramente, el comportamiento, en el tiempo, de estas variables a partir de valores iniciales. Si tomamos un solo punto de partida, éste define una trayectoria que finalizará *girando en forma de una estructura de dos bucles, atraída asintóticamente cada vez más cerca del llamado atractor de Lorenz (Smith, Peter, 2001, 18)*. Ahora, si seguimos la pista, *ya no a un punto, sino a dos puntos de partida que están cercanos el uno al otro y próximos a uno de los bucles del atractor de Lorenz, observaremos que las trayectorias de estos puntos se irán separando cada vez más conforme vayan avanzando y, al final, no coincidirán en nada. Además, no hay una sola trayectoria que se reproduzca exactamente. El atractor de Lorenz – afirma Peter Smith (2001, 19) – enrolla, pues, las trayectorias atraídas hacia él formando un manojo casi plano de hilos infinitamente largos, que jamás se cortan, en el que los vecinos divergen ininterrumpidamente. Una atracción extraña, qué duda cabe.* A diferencia de los atractores clásicos, no es ni periódico ni casi periódico; es decir, la conducta del sistema que representa nunca se repite. Este atractor extraño es el resultado de la no linealidad y de la interactividad.

En las relaciones entre los individuos y organizaciones, el cambio de una variable está directamente relacionado con el cambio de otra variable. Los sistemas dinámicos son asincrónicos, un cambio en una variable provoca un cambio en la otra; pero, este cambio no es proporcional. Una simple palabra mencionada frente a un público, por ejemplo, puede no ocurrir nada o puede ocasionar ira en todo un pueblo. La conducta de los sistemas no lineales es impredecible. La incertidumbre de lo que puede ocurrir con cada palabra que se diga, en el ejemplo mencionado, ilustra esto. ¿La gente estará contenta o indiferente por cada palabra que se mencione? ¿Qué sucederá?

La ausencia de predicibilidad en la conducta de ese extraño atractor se debe a dos factores. El primero está relacionado a lo que Lorenz llamó *dependencia sensible en las condiciones iniciales*. Los sistemas no lineales son sensibles a pequeños cambios en las condiciones iniciales. Esto quiere decir que algo tan pequeño como el aleteo de una

mariposa puede tener resultados significativamente diferentes que aquellos que hubieran ocurrido en su ausencia. Por ejemplo, Ian Stewart (Stewart, 1989, 141) nos dice:

*El aleteo de una mariposa hoy produce un cambio diminuto en el estado de la atmósfera. A lo largo de un periodo de tiempo, el modo en que se comporta la atmósfera diverge de lo que habría hecho en su ausencia. Así que, al cabo de un mes, un tornado que habría devastado la costa de Indonesia no se desarrolla. O puede que suceda lo que no habría sucedido. (Citado por Smith, Peter, 2001, 73).*

La *mariposa* es un elemento que forma parte de un sistema interactivo, un sistema caótico y, por lo tanto, cualquier cosa que aquella haga influirá, de manera imprevisible, en todos los elementos del sistema. A este fenómeno se le llama *efecto mariposa*. Los microerrores al fijar las condiciones iniciales se amplificarán hasta convertirse en macroerrores y los resultados no son nada despreciables. Una insignificante palabra mencionada ante los trabajadores puede hacer bajar enormemente la producción en una empresa. Bajo estas condiciones la predicción es muy difícil.

El segundo factor, que determina la impredecibilidad, tiene que ver con lo que el famoso matemático francés (1854-1912), Jules-Henri Poincaré, denominó *resonancia*. De acuerdo a Poincaré, cada partícula posee dos tipos de energía. La energía cinética, que utiliza la partícula para la conducta presente, y la energía potencial, fuente de su futura conducta. Por eso, el movimiento de una sola partícula puede ser descrita por ecuaciones determinísticas, puesto que la cantidad de energía actual que tiene la partícula se puede medir, es la energía cinética. Sin embargo, muchas partículas próximas entre sí interactuarán, liberando energía potencial de un modo impredecible; de tal manera que, si fuera posible medir con mucha exactitud las condiciones iniciales de un sistema de partículas, siempre existiría el caos, debido a la interacción y a la energía potencial. De modo que un pequeño error en las condiciones iniciales, en vez de crear también un pequeño error en los resultados finales, propagaría un error de enormes proporciones en éstos, por lo que el fenómeno se torna impredecible y no es nuestro desconocimiento de la realidad el que provoca el error, sino que es la misma realidad que es escurridiza y no permite conocerla plenamente.

Las partículas de un sistema interactúan, dando lugar a un fenómeno de mucha importancia llamado *correlación*. Este concepto ayuda mucho a entender la conducta humana. Cuando dos partículas colisionan, sus conductas reflejan cierto grado de sincronización, de armonía en sus acciones. Se observa aquí la presencia de la conducta estable en el caos, descrita por lo que conocemos como atractores. Lo mismo ocurre en

las organizaciones. Los individuos interactúan en toda la organización, estableciéndose un conjunto de interacciones con causalidad y complejidad bi-direccional, como cadenas enrolladas de interrelaciones y sus conductas están correlacionados con un resultado. Vemos aquí la aparición del caos.

El caos, que estamos estudiando, es una característica inherente de algunos modelos dinámicos del mundo, los cuales presentan *dependencia sensible a las condiciones iniciales, confinamiento y aperiodicidad*. Es decir, la dependencia sensible hace que las trayectorias tienden a dispersarse cada vez más en el tiempo; el confinamiento consiste en el repliegue de las trayectorias sobre sí mismas para que puedan permanecer dentro de sus límites y la aperiodicidad significa que las trayectorias típicas nunca se repiten. Esta dispersión y repliegues simultáneos, junto a la aperiodicidad y el *no cruce* alguno entre trayectorias da lugar a una situación muy compleja. Esta intrincación es propia de unas estructuras geométricas llamadas *fractales*.

El concepto *fractal* fue introducido por el matemático Benoit Mandelbrot y es una estructura geométrica que si la dividimos en partes por medio de plegamientos y estiramientos (sin roturas, intersecciones ni contactos consigo misma), cada una de sus partes es una réplica exacta de sí misma. Las construcciones de curvas de Koch y del conjunto Cantor son algunos mecanismos para generar fractales. Los caólogos consideran que los atractores extraños, como el de Lorenz, tienen una geometría fractal.

### *La Teoría de la Complejidad*

Cuando intentamos comprender la realidad, ésta se nos muestra muy elusiva, muy esquiva y lo que nos enseña es que para poder entenderla se hace necesario estudiarla desde diversos ángulos, desde diversos puntos de vista, de un modo multifacético. Al individuo no podemos entenderlo si lo estudiamos al margen de su cultura, de su entorno, de su historia, de su origen, de su componente biológico, psicológico y social. La realidad es compleja. Pero, ¿qué es la complejidad?.

El término *complejidad* se refiere a nuestra incapacidad para entender los fenómenos reales, a nuestra confusión e inseguridad cuando tratamos con ellos, a nuestra perturbación y frustración cuando no podemos dar una definición simple de todo aquello que, por su propia naturaleza, no puede ser simple, porque la realidad, por simple que parezca a veces, nunca lo es. La ciencia tradicional, en su intento de conocer y explicar los fenómenos de la realidad, aplica métodos simplificadores, mutilando los procesos y, por lo tanto, produciendo pensamientos mutilados. Existen dos formas de

interpretar la complejidad. Una subjetiva, que se refiere a la incapacidad del sujeto de conocer la realidad; otra, objetiva, como una característica inherente al objeto que se pretende conocer. El pensamiento complejo plantea que la realidad es un sistema en permanente cambio y que sus elementos constituyentes interactúan, facilitando un proceso de generación de nuevas estructuras. En este sentido, Steven Levy (en Russ Marion, 1999), define los sistemas complejos así:

*Un sistema complejo es aquel cuyos componentes interactúan con tanta intrincación que no puede ser predecible por ecuaciones lineales estándares; son tantas las variables que funcionan en el sistema que su conducta total únicamente puede ser entendida como una consecuencia emergente de la suma holística de sus innumerables conductas contenidas en él.*

La complejidad es la característica que presentan la mayoría de los fenómenos que existen en las organizaciones; por lo tanto, para obtener una mayor comprensión de ellos se hace necesario considerarlos desde distintos enfoques, desde la *transdisciplinariedad*. Etimológicamente, *transdisciplinariedad* significa lo que está más allá de toda disciplina, lo que atraviesa todas las disciplinas (del latín, *trans* = a través de). La *transdisciplinariedad* se ubica en el borde, en el espacio de las distintas disciplinas y representa el ámbito de lo desconocido y nos permite la comprensión del mundo libre de dogmatismos.

Un análisis de las diferencias entre la ciencia del siglo XIX y XX, es decir, la posición determinista y la nueva Física, la Física Cuántica nos servirá para entender el enfoque complejo.

### *Determinismo*

La Física clásica newtoniana describe una realidad independiente del observador, una realidad que existe fuera del individuo, en el espacio. Esta es la imagen que se encuentra en el tercer libro de los *Principia* (Newton, 1687) y que considera al universo como una máquina. Aquí determinismo equivale a mecanicismo. Los mecanismos se rigen por leyes causales exactas y sujetas a una necesidad o determinismo; en la mecánica cuántica ambos conceptos no son equivalentes. Considero que la mejor explicación del determinismo se encuentra en la física de Pierre Simon de Laplace, quien retomó el concepto de la mecánica de Newton. Las leyes newtonianas *para el movimiento implican que la conducta futura de un sistema de cuerpos está determinada completamente con saber las posiciones y velocidades en un solo instante de tiempo.*

...en planes y empresas propios tenemos en cuenta el efecto de los motivos sobre los hombres con una seguridad que vendría a ser del todo igual a aquella con la que se calculan los efectos mecánicos de los dispositivos mecánicos, siempre y cuando conociésemos los caracteres individuales de los hombres a tratar aquí con la misma exactitud con que allí se conoce el largo y grosor de la viga, los diámetros de la rueda, el peso de las cargas, etc. (Schopenhauer, *Los dos problemas fundamentales de la ética*, 1993; en López Corredoira).

#### *Determinismo y predictibilidad o computabilidad*

*Predictibilidad o computabilidad* se refiere a que los seres humanos podemos predecir el estado futuro de un sistema físico; es decir, podemos calcular los valores de todas sus variables. El concepto nos remite a la epistemología, a lo que podemos observar, analizar o calcular. Depende en parte de la naturaleza y en parte de nosotros. El *determinismo*, en cambio, está referido a cómo son las cosas en sí, a la ontología; depende del comportamiento de la naturaleza, independientemente de sus observadores. *Determinismo* es un concepto más amplio que *predictibilidad o computabilidad*. Debemos aclarar que determinismo no implica predictibilidad y que un sistema determinista no tiene por qué ser conocible. Así, puede haber un destino que determine un hecho y, sin embargo, no sea posible conocer ese destino y, por lo tanto, no sea predecible. Pero, predictibilidad implica determinismo; de tal manera que, si pretendemos predecir exactamente la conducta de los individuos en las organizaciones, ésta debe responder a leyes deterministas exactas y nosotros debemos de conocer esas leyes. Gödel, quien desarrolló el famoso *principio de incompletitud*, planteaba que es posible la existencia de una teoría determinista que explique el comportamiento de un individuo apoyándose en su herencia genética y su entorno; sin embargo, al ser humano no les posible conocerla para poder cambiar su destino, a menos que él no quiera cambiar su destino y ese no querer cambiarlo también esté predestinado (Rucker, 1983; en López Corredoira).

#### *La Física Cuántica*

Fue el físico alemán Werner Heisenberg el que sentó las bases definitivas de la nueva física con su famoso *principio de incertidumbre*, el cual transforma completamente la relación entre el observador y lo observado. En la física clásica, se supone que la acción recíproca entre el observador y el objeto observado es insignificante porque el primero casi no afecta al segundo y, por lo tanto, puede despreciarse o puede eliminarse del

resultado. En cambio, en la física cuántica, la interacción entre el observador y el objeto produce enormes cambios imposibles de controlar y, por lo tanto, todo intento para conocer en forma exacta los valores simultáneos de dos variables, resulta, en muchos casos, imposible. La exactitud con que pueden conocerse tiene límites: cuanto más conozca el valor de una variable, menos conocimiento podrá obtener sobre el valor de la otra y esto no se debe a la incapacidad de los instrumentos de observación, sino que es una característica propia de la realidad. A mayor determinación de una, mayor indeterminación de la otra. Este es el principio de incertidumbre o de indeterminación.

Existe otro principio relacionado con el principio de incertidumbre, el de *complementariedad* formulado por Niels Bohr. *El principio de complementariedad* consiste en que para describir los sistemas atómicos pueden utilizarse diferentes imágenes que pueden ser perfectamente adecuadas, a pesar de que se excluyan mutuamente. En el caso de la luz, algunas veces se comporta como partícula, otras veces como onda. Onda y partícula son estados complementarios. La luz es ambas cosas, mientras no la observemos. Si queremos interrogarla como onda, nos responderá como onda; pero, si la interrogamos como partícula, nos responderá como tal. Todo estudio modifica al objeto observado. La física cuántica se expresa a través de paradojas; de aquí la famosa expresión de Bohr: *si al pensar en la mecánica cuántica usted no siente vértigo... es que realmente no ha entendido*. Richard Feynman, premio Nobel de Física en 1965, levantando los hombros, comentaba que nadie entiende la mecánica cuántica.

Los principios de la física cuántica resquebrajaron los principios tradicionales de la ciencia y marcaron una gran diferencia con los postulados de la lógica tradicional. La lógica, que tiene como objeto de estudio, las normas de la verdad, siempre rigen los actos de los individuos y de los líderes en las organizaciones; detrás de toda conducta de las personas en las empresas existe siempre una determinada norma. Por lo tanto, es una determinada lógica la que rige las acciones de un individuo, de los grupos sociales, de una empresa, de un estado. Las correlaciones entre los individuos y entre los grupos está determinada por una lógica específica. Hay una relación directa entre la lógica y el clima existente en las organizaciones. El medio ambiente, la conducta y la comprensión de los individuos en las organizaciones cambian con el tiempo y, por lo tanto, también, cambia la lógica. Hay una conducta organizacional para cada época y una lógica que explica esa conducta. Siempre se ha creído que la lógica no cambia, sin darnos cuenta que la evolución de los grupos sociales obedece a ciertas lógicas y actuamos, consciente o inconscientemente, de acuerdo a la lógica aristotélica. Es esta lógica que ha gobernado y

gobierna hoy la comprensión de la conducta en las organizaciones. La lógica aristotélica se fundamenta en tres axiomas bien conocidos:

1. El axioma de identidad: A es A
2. El axioma de no contradicción: A no es no A
3. El axioma del tercero excluido: No existe un tercer término T (T de "tercero excluido") que es a la vez A y no A

Pongamos el siguiente ejemplo:

1. El axioma de identidad: Un individuo racional es un individuo racional
2. El axioma de no contradicción: Un individuo racional no es un individuo no racional
3. El axioma del tercero excluido: No existe alguien que sea a la vez un individuo racional y no racional.

La lógica aristotélica es binaria (A y no A) y responde a una realidad horizontal, a un solo nivel de realidad. La evidencia de los axiomas de la lógica clásica procede de la proporcionada por el conocimiento sensorial. Por lo tanto, la conducta basada en esta lógica, debido al tercero excluido, conduce a un estilo de liderazgo autoritario. La revolución cuántica se basa en una lógica del tercero incluido, a la lógica ternaria, la cual conduce a una unidad de los contradictorios de la que surge una nueva identidad. Así, dos fenómenos contradictorios pueden existir simultáneamente; una persona puede ser, a la vez, racional e irracional; eficaz y no eficaz; estúpido y no estúpido. El hombre pertenece a dos niveles simultáneamente: al nivel macrofísico y al nivel microfísico. Y, por lo tanto, responde a la lógica binaria y a la lógica ternaria; pero, es esta última la que complementa a aquella. Mientras la lógica binaria está vinculada al saber, la lógica ternaria está ligada a la comprensión. El mundo empresarial de hoy privilegia el saber, asigna una gran importancia a la eficiencia y es la base de la especialización y en este proceso quedan excluidos muchos. No estamos diciendo que la especialización no sea útil; sin embargo, la especialización extrema es un peligro para el desarrollo integral del individuo. Entonces, bajo la lógica binaria, es imposible que el ser sea eficiente en su trabajo y, al mismo tiempo, alcance la plenitud. Pero, ¿es posible resolver esa contradicción? La respuesta es sí y la ofrece la *transdisciplinariedad*, con la lógica del tercero incluido. La *transdisciplinariedad* es un concepto colectivo; significa que no existe un solo nivel de realidad y, por lo tanto, una sola lógica que se apropie de la verdad, sino varios niveles de realidad y muchas lógicas.

### *Complejidad y organización*

Se ha planteado en este trabajo que de las relaciones que se establecen entre los distintos componentes de un sistema resultan nuevas estructuras. Los individuos con sus propios intereses, y sin ningún elemento externo que los coordine, se relacionan unos con otros, formando pequeños círculos, que se denominan unidades. Estas unidades se rigen por sus propias reglas y se agrupan de manera espontánea, sin planes estructurados. Sus conductas se basan en proyecciones imperfectas y primitivas de sus resultados; ellos interactúan de alguna manera, por medio del lenguaje, por la presencia de otros o por cualquier otra forma. Estas interacciones entre los individuos ocasiona el surgimiento de un sistema y, como sus interacciones son espontáneas, el sistema emergente no obedece a planes deliberadamente creados; simplemente, emerge sin ninguna fuerza externa. En otros casos, los individuos pueden conocer qué deben hacer para organizarse y, en este sentido, el proceso es planificado; sin embargo, es posible que no puedan recordar por qué o cómo llegaron a eso o por qué la estructura organizacional adoptada fue escogida entre otras posibles. Las interacciones entre los individuos son en doble sentido; esto es importante para que el sistema total ejerza un fuerte control sobre las conductas individuales y, además, asegura su dinamismo y supervivencia

### *Emergencia del nuevo orden*

La Teoría de las Estructuras Disipativas fue desarrollada por Ilya Prigogine (físico y químico belga de origen ruso, premio Nobel de Química 1977) y sus colaboradores. Una estructura disipativa es, para Prigogine, un sistema abierto que se mantiene a sí mismo lejos del equilibrio y, sin embargo, es estable: la misma estructura se mantiene a pesar del constante flujo y cambio de sus componentes. Cuando el flujo de energía se incrementa, el sistema puede encontrar un punto de inestabilidad, conocido como *punto de bifurcación*, en el cual puede emerger un nuevo estado en el que nuevas estructuras y nuevas formas de orden aparecen. ¿Cómo sucede el proceso por el que ocurren estos sistemas ordenados? Como lo hemos mencionado arriba, los teóricos de la complejidad responden que el proceso de nuevas estructuras es el resultado de las interacciones individuales, que no requiere esfuerzo planificado ni es producto de la evolución. El orden emerge libremente, de repente y la selección natural juega un papel secundario en este proceso.

Para Prigogine, los sistemas termodinámicos se desarrollan a través de tres estados o fases posibles. La primera es un *estado de equilibrio*, en el que la estabilidad de las estructuras es el resultado de la dinámica antagónica entre energía y entropía. La segunda representa un *estado estacionario de cuasi-equilibrio*, en el que los flujos son proporcionales a las fuerzas. Es un estado cercano al equilibrio; pero, existen pequeñas diferencias que caracterizan un ligero desequilibrio y que controladas los procesos homeostáticos del sistema y, por lo tanto, se desvanecen sin provocar cambios significativos. La aparición de nuevas estructuras organizativas no es posible en ninguno de estos dos estados. El tercer estado, se suceden *situaciones alejadas del equilibrio* termodinámico, a las que Prigogine denomina «orden por fluctuaciones»:

*las pequeñas perturbaciones existentes se amplifican y originan una fluctuación macroscópica, estabilizada por los intercambios del sistema con el entorno. Se producen pequeñas desviaciones que desestabilizan la uniformidad del sistema, y aquella que se selecciona aleatoriamente en los denominados «puntos de bifurcación» determina la evolución macroscópica del sistema.*

A las estructuras que emergen de este proceso, Prigogine las denomina «disipativas», debido a que su estabilización requiere un gasto de energía.

En el proceso de interacción, existe una dinámica denominada *autocatálisis*. Este fenómeno puede facilitar la aparición de un resultado; en otras palabras, un catalizador hace que sucedan cosas que de otra manera no sucederían. Un proceso catalizador puede dar origen a otros procesos y puede ir creciendo cada vez más para formar una reacción en cadena. Por ejemplo, la aparición de los *movimientos de oposición* en una organización, puede ser descrito con este proceso. Es posible que cierto estilo de liderazgo pueda producir (catálisis) un sentimiento de odio y resentimiento en algunos grupos. Grupos de individuos emergen y se reúnen para transmitir sus ideas y planes a otros individuos; lo que incrementa el sentimiento de odio y resentimiento. Además, esta situación puede dar origen a la desintegración de las personas en sus trabajos y puede provocar, a su vez, una conducta desestabilizadora que aumenta las diferencias entre la organización y los grupos focales. El sentimiento de odio y resentimiento inhiben los procesos de desarrollo organizacional, lo que conduce al fenómeno de la ingobernabilidad. Esta maraña de relaciones continúa creciendo y se crea un ambiente de disturbios incontrollables. Una vez que se llega a un nivel crítico de odio-resentimiento-desintegración-desestabilización-ingobernabilidad y así sucesivamente, cualquier simple evento puede desembocar en una situación catastrófica. En este momento, se ha

alcanzado un punto de inestabilidad, porque la organización es incapaz de procesar e integrar esa nueva información en su actual orden y se ve obligada a abandonar algunos elementos de su estructura, conductas y políticas. Aparece una situación de caos, confusión e incertidumbre que puede resultar en un nuevo orden, organizado alrededor de nuevos propósitos. El nuevo orden no fue producto de la acción individual, sino que emergió como un resultado de la creatividad colectiva de la organización.

Veamos las etapas que se dieron en este proceso. En primer lugar, la existencia de cierta oposición en la organización; una aceptación para provocar disturbio para poner el proceso en movimiento; el desarrollo de un trabajo activo de comunicación con procesos de feedback para amplificar el evento. La siguiente etapa es el punto de inestabilidad, que fue experimentado como tensión, caos, incertidumbre y crisis. En esta precisa etapa, la organización o se desploma o se abre paso a un nuevo estado de orden. Es conveniente enfatizar que las nuevas soluciones son creadas en el contexto de una cultura de una organización en particular, por lo que no pueden ser transferidas mecánicamente a otras organizaciones con culturas diferentes.

En las organizaciones existen dos tipos de estructura. La estructura diseñada, es la estructura formal de la organización, la que existe en los documentos de trabajo. También, existe la estructura emergente que es creada por las relaciones informales de trabajo colectivo y por la comunidad de intereses de los miembros de los grupos informales. Estas estructuras no son independientes, más bien son complementarias. La estructura diseñada representa el poder; la emergente, la imaginación y la creatividad. Ambas son necesarias para el desarrollo organizacional y son interdependientes. Por eso, los gerentes hábiles conocen que en ambientes turbulentos, como los actuales, *su desafío es encontrar el correcto balance entre la creatividad de la emergencia y la estabilidad de la estructura diseñada.* (Fritjof Capra, 2002 ). Para definir una estructura formal, el gerente debe tener la habilidad para construir imágenes mentales; por otra parte, debe facilitar la emergencia de nuevas estructuras y, para ello, se requiere del conocimiento de las teorías de la complejidad y del caos.

*¿Qué tan útil es un modelo caótico para elaborar predicciones?*

La pregunta tiene su fundamento en lo que hemos dicho sobre el caos. Si los modelos caóticos son muy sensibles a las condiciones iniciales, esto significa que los inevitables errores que se cometen al fijar las condiciones iniciales aumentan exponencialmente, de

lo que se deduce que las predicciones que se deriven con el empleo de este modelo caótico serán extremadamente erróneas. ¿Es útil un modelo con tales características?.

Recordemos lo que hemos dicho sobre el modelo de Lorenz: *las trayectorias son atraídas muy rápidamente hacia el atractor*. Entonces, para responder la pregunta, debemos estudiar la conducta de las trayectorias sobre el atractor. Como las trayectorias son atraídas muy rápidamente hacia éste, si determinamos el punto inicial de una trayectoria, es posible predecir su comportamiento por lo menos durante un corto tiempo, aunque la precisión disminuirá rápidamente dependiendo de la precisión con que fijamos el punto de partida. Si fuimos bastante precisos para marcar el punto de partida, durante más tiempo podremos predecir la evolución de la trayectoria; la confianza y la duración con que podemos predecir depende del error permisible al fijar las condiciones iniciales. Tal vez resulte tentador pensar que el modelo es predecible durante tanto tiempo como queramos (*«hagamos simplemente que el error inicial  $\epsilon$  sea suficientemente pequeño...»*). (Smith, Peter, 2001, 61). Aunque si queremos emplear el modelo de Lorenz, necesitamos fijar los datos iniciales con una precisión difícil de lograr en la realidad y, además, el principio de incertidumbre de Heisenberg de la Física Cuántica impone límites a la medición. Sólo el demonio de Laplace, con capacidad infinita puede conocer con toda la precisión que quiera los datos iniciales y predecir con precisión infinita; pero, nosotros los humanos estamos muy lejos de ser dioses o demonios todopoderosos.

Aunque pudiéramos fijar los puntos de partida con mucha precisión, la predicción en detalle de una trayectoria no es posible, porque llegará un momento en que perderemos información sobre ella. Pero, no todo está perdido; es posible predecir la evolución de trayectorias a corto plazo y, además, podemos predecir el comportamiento general a largo plazo de las trayectorias, debido a que, de acuerdo a lo que hemos planteado, quedan finalmente confinadas a una área del atractor. Así que, los modelos caóticos son predictivamente útiles, puesto que podemos emplearlos para seguir las pista a trayectorias a corto plazo y es posible, también, predecir el comportamiento general a largo plazo de las trayectorias. Y no sólo eso, también, son muy útiles para realizar análisis de sensibilidad que ofrezca información cualitativa y cuantitativa sobre la forma en que cambia el comportamiento del modelo cuando varían los valores de las variables relevantes.

### *Atractores organizacionales*

Hasta aquí todo es muy interesante, hemos planteado que los atractores, elemento central de los modelos caóticos, representan un rol muy especial en los sistemas físicos y naturales; pero, ¿tiene alguna aplicación en los sistemas organizacionales? Mi respuesta es que sí. Si lo intentamos, si hacemos algún esfuerzo sin intentar forzar la realidad, lo alcanzaremos. Al menos, habrá que intentarlo. Después veremos.

La conducta organizacional puede ser descrita con un atractor extraño y, si logramos identificar los indicadores apropiados, la conducta de los individuos en las organizaciones, puede ser físicamente descrita con un atractor. Por supuesto, es necesario estudiar con mayor profundidad este tema; por lo tanto, las afirmaciones que en este trabajo se plantean quedan a nivel de hipótesis iniciales, ofrecidas para el debate. El extraño atractor es estable; pero, su conducta nunca se repite exactamente y tiene capacidad para cambiar: puede crecer o disminuir para abarcar un amplio o pequeño rango de conductas. Puede cambiar su apariencia, convertirse en otro atractor completamente diferente e incluso, puede desaparecer. La conducta organizacional tiene un comportamiento similar. Como los atractores, la conducta de los individuos en las organizaciones cambia con el tiempo: las modas cambian, las relaciones con las instituciones se modifican y los procesos organizacionales evolucionan. Los atractores organizacionales, en ocasiones, experimentan cambios radicales, como el cambio que sucedió en la antigua URSS, a finales de 1980. Los sistemas corporativos, como los atractores, pueden desaparecer: muchos hemos sido testigos de la desaparición de pequeñas y de grandes corporaciones.

### **Hacia una comprensión de la conducta de los individuos en las organizaciones**

Intentaré desarrollar, en esta parte, cómo los aportes de la teoría de la complejidad pueden ayudar a recomprender el comportamiento de las organizaciones bajo una nueva perspectiva, más totalizadora.

La conducta de los seres es el resultado de dos tipos de fuerzas en constante interacción: por un lado, las fuerzas determinísticas, lineales y que se rigen por las leyes de la causalidad y, sin embargo, no implica que conozcamos esa determinación y, por otro, las fuerzas caóticas, no lineales. Determinismo y caos conviven en la vida de las organizaciones y ambos definen el surgimiento y el comportamiento de los individuos y de los grupos en los sistemas organizacionales. Si tuviéramos la capacidad de identificar un fenómeno determinístico de otro caótico, talvez seríamos capaces de dar respuestas a

preguntas que, con mucha frecuencia surgen en las empresas, como, ¿por qué una persona tiene un comportamiento diferente al de otra ante una misma circunstancia?, ¿por qué los individuos de un departamento son menos conflictivos que los de otro departamento vecino?, ¿por qué alguna gente es tan agresiva?, ¿por qué un incidente sin mucha importancia ha tenido consecuencias catastróficas?, ¿por qué existe el conflicto en las organizaciones? Una respuesta inicial a estas preguntas es que algunos hechos de la vida organizacional no responden a causas lineales. Estamos acostumbrados a pensar de esta forma. Así, decimos que la moral causa la productividad y que ésta determina la rentabilidad empresarial. Sin embargo, puede que no sea de esa manera y que la relación no sea lineal, sino causal circular: que el efecto también determine la causa. Es necesario reconocer la complejidad de la conducta organizacional.

A estas alturas, talvez nadie dude que en toda conducta humana intervienen factores biológicos y culturales y, sin embargo, muchos actúan como si no lo supieran. El hombre, como dice Morín, es *unidual*, es decir, es al mismo tiempo completamente biológico y completamente cultural; por esto, es necesario superar las disyuntivas: o biológico o cultural, o racional o irracional, o conflicto o colaboración y pensar de manera *dialógica* para superar los antagonismos y volverlos complementarios para que generen armonía. En todos los seres coexiste una conducta presente y una conducta potencial; la conducta presente es observable y la potencial no; pero está a la espera de su tiempo para manifestarse y hacerse presente; el ser es uno y otro al mismo tiempo. Por eso, el individuo es la multiplicidad en la unidad. La conducta de un individuo aislado puede ser predecible; sin embargo, la conducta de los individuos en interacción es muy impredecible, debido a lo que Jules-Henry Poincaré denominó como *resonancia*. Cuando los individuos interactúan, se trasladan energía unos a otros, se trasladan información de la misma manera que la bola de billar que recibe el primer impulso sale disparada y al chocar con otra bola le traslada energía y ésta hace lo mismo con otras, y así sucesivamente, de tal manera que las trayectorias que describirán las bolas son completamente impredecibles. Esto es *resonancia*. Cuando los individuos en las organizaciones interactúan, sus acciones comienzan a coordinarse, a armonizarse y la gente puede desarrollar una visión común, un propósito común y un común acuerdo de cómo pueden resolver sus problemas y satisfacer sus necesidades. Estos individuos pueden sensibilizar a otros para que se unan al grupo y aumentar su influencia sobre la organización. Sus conductas se correlacionan, se definen roles que es la base para la especialización y para la cooperación; es un proceso de *interacción autocatalítica*. Vemos,

en esta dinámica interactiva, la emergencia, en forma natural, del orden resultante de la resonancia de las conductas coordinadas espontáneamente. Un nuevo atractor ha surgido espontáneamente.

En las organizaciones existen varios atractores, unos con mucha fuerza atractiva y otros con menos. Un atractor puede ser una idea-fuerza. Las personas se agrupan alrededor de atractores; por eso, éstos pueden facilitar ciertos cambios o resistirlos. La existencia de ideas-fuerzas son poderosos atractores que permiten a las organizaciones entrar a un proceso *disipativo* de solución de problemas. La *lógica disipativa* es, por definición, impredecible. No podemos tener plena certeza de qué idea-fuerza puede ser atractiva para los individuos en la solución de problemas. El dirigente no debe imponerla; lo que debe hacer es facilitar su emergencia, promoviendo la participación colectiva y, en algún momento, la idea-fuerza aparecerá espontáneamente y atraerá a otros atractores. Este cúmulo de atractores irá aumentando su fuerza atractiva a tal grado que su influencia en el desarrollo de la organización será muy fuerte. Los líderes no deben intentar forzar el proceso; éste se desarrolla espontáneamente. Según Russ Marion, el número de atractores que pueden emerger en un sistema social es la raíz cuadrada del número de individuos en ese sistema. Los atractores atraen a todo tipo de gente, egoístas y altruistas. Si a un líder de una organización se le ocurriera formar un grupo sólo con personas altruistas, al poco tiempo encontraría en el grupo a personas egoístas que se han *bifurcado* de su grupo. Este fenómeno es conocido como *oscilación crítica* y permite que los sistemas abiertos se autorregulen para mantener la homeostasis. En otras palabras, la existencia de egoístas es necesaria para los altruistas, siempre y cuando la cantidad no supere cierto rango crítico para mantener el equilibrio. Si el número de individuos egoístas rebasara al de los altruistas, el sistema se *caotizaría* y pierde el equilibrio. No se sabe en qué momento eso sucede.

## **Conclusiones**

Las principales conclusiones que se destacan en este trabajo son:

Cuando se pretende analizar la conducta de los individuos en las organizaciones bajo la perspectiva compleja, existe el riesgo de llegar a extrapolaciones que salen del ámbito científico, por lo que su aplicación debe realizarse con mucho cuidado y dominio del tema.

La Teoría del Caos y la Teoría de la Complejidad consideran a la estructura y a la conducta organizacional como el producto de las dinámicas interactivas.

Existe la creencia de que las decisiones son tomadas con una rigurosa planificación y bajo un proceso racional. Cuando se presentan los pasos del modelo racional a los administradores, muchas respuestas son: *¡Quien diablos tiene el tiempo para hacer eso!* El modelo racional (al menos el modelo racional de John Dewey) sostiene que los problemas son independientes del medio ambiente, que los que toman decisiones tienen acceso a una completa información y que los eventos responden a una simple y sola dirección causal. La teoría de la complejidad sostiene que las decisiones gerenciales son raramente lógicas, puesto que es muy difícil que alguien tenga acceso a toda la información, debido a que la mayoría de problemas que los dirigentes enfrentan son de naturaleza compleja, que hay pocas causas simples en la conducta humana y que, por lo contrario, la causa es, por lo general, de dos vías: *el estilo de liderazgo puede afectar la productividad y la productividad, a su vez, pueda afectar el estilo de liderazgo*. En este sentido, existe una relación circular entre el medio ambiente y la organización, ambos son producto de sus relaciones con el otro, ambos se crean y se recrean; por lo tanto, los problemas que resuelven los administradores *son producto de esas relaciones y no el producto de un medio ambiente pasivo*. El proceso decisional, entonces, es un proceso interactivo. Al observar el desarrollo del proceso empresarial, uno puede constatar que las grandes ideas y realización de proyectos rara vez fue el resultado de procesos de planificación rigurosos. Muchas de las grandes ideas se llevaron a cabo sin tener conciencia del alcance y consecuencias de sus acciones.

En el marco de la *transdisciplinariedad*, es posible conciliar en las organizaciones lo irreconciliable, encontrar una solución de equilibrio entre los contradictorios, *la eficacia y la completitud* del individuo. La *transdisciplinariedad* exige nuevos líderes que sean capaces, no sólo de sostener una visión, articularla y comunicarla con pasión y carisma, sino además, catalizar la emergencia de nuevas estructuras. Para ello, debe crear las condiciones más que dar direcciones para facilitar la creatividad. La visión que predomina en el mundo empresarial (consciente o inconscientemente) es básicamente *anti-transdisciplinaria*, regida por la lógica binaria, fragmentaria, de exclusión en la que es posible el autoritarismo, la intolerancia, la incomprensión. Por otro lado, la *complejidad administrativa* responde de manera distinta, su esfuerzo principal consiste en el estudio de la naturaleza de las organizaciones que es, a su vez, lógica e ilógica. Como lo decía el

físico Basarab Nicolescu en su conferencia en el Curso del Seminario de la Universidad AXA, consagrado al Management del Desorden y de la Complejidad:

*Así, al singular de la especialización (la lógica, el lenguaje, la causalidad, el espacio tiempo, la Realidad, el conocimiento) responde al plural de la transdisciplinariedad (las lógicas, los lenguajes, las causalidades, los espacios-tiempos, los diferentes niveles de Realidad, los diferentes tipos de conocimiento). Hay allí una considerable fuente de tolerancia.*

La *transdisciplinariedad* en las organizaciones será posible con un cambio de mentalidad gerencial y de nuevos comportamientos individuales y grupales que hagan complementarios, y no contradictorios, los conceptos *eficacia productiva* y *eficacia transformadora*. Abogemos, pues, por una administración transdisciplinaria.

### **Bibliografía**

- Brigg, J. & Peat, F. D. (1999). *Las siete leyes del caos. Las ventajas de una vida caótica*. Barcelona: Grijalbo.
- Capra, F. (2002). *The Hidden connections. A science for sustainable living*. New York: First Anchor Books Edition.
- Gleick, J. (1987). *Chaos. Making a new science*. Canadá: Penguin Books Ltd.
- González, de Alba. (2001). *El burro de Sancho y el gato de Schrödinger*. México, D. F: Editorial Paidós Mexicana, S. A.
- Hawking, S. (2002). *El universo en una cáscara de nuez*. Barcelona: Crítica-Planeta.
- López Corredoira, M. (s.f.). *Determinismo en la física clásica: Laplace vs. Popper o Prigogine*. Canarias: Instituto de Astrofísica.
- Marion, R. (1999). *The Edge of organization. Chaos and complexity theories of formal social systems*. California: Sage Publication, Inc.
- Rall, J. G. & Webb, K. A. (1999). *The nature of chaos in business*. Houston, Texas: Gulf Publishing Company.
- Smith, P. (2001). *El caos*. Madrid: Cambridge University Press.
- Tipler, F. J. (1997). *La física de la inmortalidad*. Madrid: Alianza Editorial, S. A..

AUTOR: Doctor Fernando Guerrero  
 Instituto de Investigaciones Económicas (INVE), Facultad de Ciencias Económicas, Universidad  
 de El Salvador.  
 E-mail: fernangs@yahoo.es