



ANÁLISIS DE LA TEORÍA DE SISTEMAS COMPLEJOS Y SU APLICACIÓN A SISTEMAS ORGANIZACIONALES

Patricio Ponce Muñoz*

- Introducción.

La teoría de sistemas complejos tiene su origen y principales aplicaciones en el ámbito de las ciencias exactas; tal como otros conceptos que han tenido origen en diversas ciencias, hay numerosas investigaciones en campos como la psicología, administración y logística entre otros.

La administración, en líneas generales ha estudiado las organizaciones como sistemas lineales o estables, Navarro (2000 p.137) establece que "Un sistema es estable cuando tras sufrir una pequeña perturbación recupera la posición o estado en que se encontraba antes de sufrir dicha perturbación".

Las organizaciones no se comportan absolutamente como sistemas lineales deterministas, en los que la organización se asemeja a un mecanismo; más bien lo hacen como sistemas complejos, al respecto Gallardo (2002 p.66) plantea "la organización vive y evoluciona en un medio interno de relativo desorden, diversidad e incertidumbre".

La teoría de sistemas permite tener una visión más holística de las organizaciones, a la vez que reconocer que los diferentes componentes que conforman las organizaciones interactúan mutua y simultáneamente, dando origen a respuestas diversas y muchas veces inesperadas ante los estímulos que los integrantes de la organización introducen en ellas.

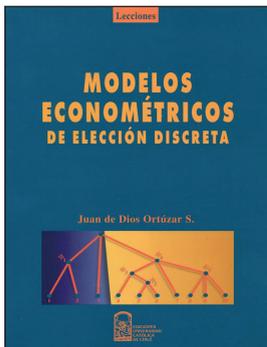
El estudio de las organizaciones, en general, se basa en el método analítico consistente de aislar los elementos para examinarlos por separado y así develar las leyes que determinan su funcionamiento. Gallardo (2002 p.66) plantea esta visión como el paradigma de la simplicidad sustentada en una visión taylorista newtoniana que adopta "esquemas deterministas semejantes a los de Newton, entiende a las organizaciones como máquinas o mecanismos creados artificialmente para lograr objetivos y, siendo mecanismos, se considera que serán regulados externamente".

En la medida que el avance científico aporta nuevas teorías en diversos campos del conocimiento, los investigadores procuran utilizar las nuevas teorías en otras áreas del conocimiento; es así como las teorías de sistemas complejos y del caos que tienen su origen en la física, han sido aplicadas a estudios en áreas como la psicología, antropología, logística, economía y comportamiento de comunidades de insectos.

La planeación es uno de los elementos esenciales empleados por la administración para intentar predecir la situación de la organización en relación a su entorno y sus competidores, esta planeación que es relevante en el proceso administrativo, se establece en base a un análisis lineal que no contempla las diversas interacciones que se producen

* Capitán de Fragata (R.), Oficial de Estado Mayor. Máster en Administración de Empresas. Master of Management International. Destacado Colaborador de la Revista de Marina, desde 2006.

en el interior de la organización y entre ésta y el entorno; de acuerdo a Daneke (1997), los modelos econométricos constituyen una valiosa herramienta en este proceso de predicción.



- **Sistemas Lineales.**

Las Organizaciones se conforman para alcanzar fines mayores que los obtenidos a nivel individual, gracias a elementos como la sinergia y la especialización. Al respecto, Gallardo (2002 p.66)

plantea que: “La organización resulta de la ubicación de los elementos en un orden jerárquico y con relaciones causa-efecto entre ellos”.

Un sistema es un conjunto de elementos interactuando entre sí con un propósito, ello implica que las partes componentes ejercen una influencia sobre los demás elementos repercutiendo en ellos inevitablemente. Un sistema, es entonces más que la simple suma de sus componentes; lo anterior genera dos efectos: por una parte la interacción de las partes generará nuevas propiedades en el sistema, diferentes a las de sus componentes, situación que se denomina propiedades emergentes y, por otra parte, los componentes inhiben o reducen sus características propias. Un ejemplo claro de lo anterior lo constituye un sistema de sonido; para lograr el sonido se requiere la conjunción de sus componentes, pero éstos, por sí solos no son capaces de generar el sonido.

Lo anterior también se observa en sistemas vivos como cardúmenes, manadas o enjambres, en que el colectivo posee un comportamiento diferente al de los individuos que lo componen. Lo mismo puede aplicarse a una neurona, la que no posee inteligencia, pero sí la

posee el conjunto de neuronas que conforman el cerebro.

Los sistemas se suelen calificar como cerrados, en el caso que ellos no posean o, sólo posean una interacción reducida con el medio en el que se encuentran inmersos. Los sistemas abiertos, por el contrario, se caracterizan por ser permeables al entorno presentando un elevado grado de interacción con éste.

También los sistemas pueden dividirse en dinámicos y estáticos si modifican o no su estado interno en el transcurso del tiempo. Un sistema capaz de modificar sus estructuras internas para acomodarse a los cambios del entorno, posee la tendencia a la denominada supervivencia dinámica, un ejemplo típico de este tipo de sistemas lo constituyen las organizaciones.

Finalmente, un sistema dinámico puede ser estable, ya que resiste perturbaciones y vuelve a su estado inicial, un ejemplo típico es una bola en un tazón, la que cada vez que se saca de su equilibrio llevándola al borde del tazón, al soltarla volverá al fondo de éste. El sistema dinámico inestable, no resiste cambios pequeños y en un punto futuro presentará una conducta inesperada.

A lo largo del desarrollo de la Administración, el elemento preponderante ha sido la visión mecanicista de la escuela de Taylor y la burocracia de Weber, lo que, a través de un modelo determinista busca reducir la incertidumbre de los procesos para asegurar el éxito organizacional en el logro de los objetivos planteados. En este proceso, uno de los factores relevantes, está planteado en un determinismo basado en la jerarquización de la toma de decisiones, eliminando o a lo menos considerando que los niveles jerárquicos inferiores sólo ejecutan lo establecido por la alta jerarquía.

Esta forma de organización pretende establecer con total claridad las responsabilidades, líneas de mando y comunicación, coordinación y control, de

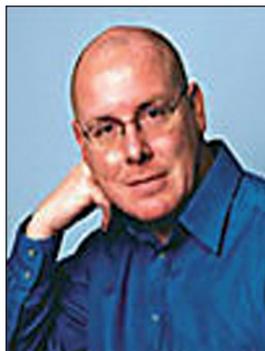
manera de asegurar el óptimo empleo del capital humano y material.

Durante los siglos 19 y 20, tal como Chao y Moon (2005) establecen, el método científico basado en el reduccionismo consideraba que el encontrar y aislar todas las partes o componentes de un sistema u organismo permitía el conocimiento total del fenómeno u organismo, permitiendo así predicciones confiables e intervenciones replicables. No obstante lo anterior, los planificadores están conscientes que las predicciones que realicen siempre estarán sujetas a imprevistos, y es por ello que usualmente una buena planificación considera planes alternativos ante posibles variaciones de las consideraciones usadas en el proceso de planeación.

El modelo aplicado por las organizaciones para el logro de los objetivos trazados en la planificación, es el sistémico, en el cual la realimentación o feedback, permite medir, ya sea antes, durante o después de cada proceso para comparar con las referencias establecidas y diseñar e implementar las acciones correctivas tendientes a eliminar los errores y alcanzar las metas de la organización.

Los modelos lineales dinámicos se caracterizan principalmente por estar la causa y el efecto relacionados en forma proporcional, si una de las variables cambia, el sistema se verá afectado proporcionalmente en el futuro. Las variables que componen el sistema reciben valores cuantitativos que permiten desarrollar una representación matemática de ellos, pudiendo describir su comportamiento por medio de esos modelos.

Benabeau (2007) plantea dos ejemplos a través de los cuales se evidencia que incluso una detallada y sobresaliente planificación puede ver seriamente afectadas sus predicciones por situaciones fortuitas, el primer ejemplo se relaciona con el conductor de un camión que estrella su vehículo contra una planta de semiconductores en Nuevo México,



Nick Leeson.

dejando sin abastecimiento para un nuevo teléfono celular pronto a ser lanzado por Erikson Inc; el segundo ejemplo cita el caso del Barings Bank de Inglaterra, al cual un solo operador, Nik Leeson, operando desde una pequeña oficina en Singapur llevó al banco a su quiebra.

- **Sistemas Complejos.**

Según Johnson y Burton (1994), los sistemas complejos o no lineales se caracterizan por poseer un comportamiento no periódico inestable en sistemas no lineales dinámicos. Los modelos de sistemas dinámicos se caracterizan por emplear ecuaciones evolutivas, las que permiten tanto describir el sistema en un instante en el tiempo, como contar con reglas que permitan describir el sistema en un instante dado del futuro o del pasado. Con la aplicación de valores iniciales a las ecuaciones, es posible, al aplicar incrementos a los valores, determinar la evolución de los sistemas. Esta evolución se orienta al comportamiento en el largo plazo y no a la solución matemática para un instante determinado de tiempo.

La aperiocidad implica que el sistema nunca se establece dentro de una secuencia regular de valores, por lo cual nunca alcanza un real estado de equilibrio; en otras palabras, significa que es un sistema inestable. Estos sistemas poseen una evolución que se caracteriza por su extrema sensibilidad ante cualquier perturbación en cualquier instante de tiempo. Según Johnson y Burton (1994), se definen como "sensitivo dependientes a las condiciones iniciales", comúnmente se hace referencia a esta sensibilidad como el efecto mariposa. Esta sensibilidad a las condiciones

iniciales genera situaciones en las cuales dos sistemas dinámicos que presenten idénticas condiciones iniciales y fronteras, pueden, tras un periodo de tiempo encontrarse en estados diferentes.

En sistemas complejos su comportamiento se define como no lineal porque no hay una clara correspondencia entre causa y efecto, ya que un cambio en la entrada del sistema no produce un cambio igual en la salida. La no linealidad depende de la realimentación positiva o iteración. (Johnson 1995 citado en Bloch 2008), un claro ejemplo de esta situación se advierte situando un corcho en un río el que seguirá una trayectoria aleatoria, repitiendo la experiencia, y situando el corcho en una posición inicial tan cercana a la del primer experimento, el corcho seguirá una trayectoria completamente diferente.

Es importante considerar que es diferente un sistema complejo que uno complicado, este último tiene como característica el estar formado por varias partes, pero ellas no añaden información adicional; sabiendo como funciona una de ellas, se puede comprender el funcionamiento del sistema; al respecto (Cilliers 1998 citado en Holden 2005), expresa que un copo de nieve pese a poseer una hermosa forma, con un importante número de elementos interactuando dentro de su estructura, no hay impulsos externos en relación a la posición de sus moléculas, no hay retroalimentación ni evolución; no es un sistema abierto que se pueda adaptar a su entorno. Un copo de nieve pese a tener una apariencia maravillosamente compleja, es solo complicado. Un barco es complejo, pero un merengue es complicado.

Un sistema complejo, tiene como característica un comportamiento impredecible considerando la situación o posición que puede alcanzar en un instante preciso, no obstante dentro de ciertos límites, se puede conocer su comportamiento con un grado decreciente de cer-

teza a medida que transcurre el tiempo. Para determinar el comportamiento de sistemas, se suele recurrir a la estadística, probabilidades y ecuaciones que modelan los sistemas. Un ejemplo característico de sistema caótico lo constituye el clima; es posible predecir el comportamiento climático con exactitud decreciente, usualmente dentro de un lapso de dos a tres días el nivel de exactitud en la predicción es elevado, pero si se consideran plazos superiores a una semana, la exactitud prácticamente desaparece. No obstante lo anterior, dentro de un marco de tiempo más prolongado como meses, las características de las estaciones climáticas se asemejan significativamente entre sí, constituyendo un marco de referencia que experimenta fluctuaciones, pero éstas se encuentran acotadas por un límite, ya que al trazar el sistema climático en su totalidad éste revela una conducta globalmente previsible.

Cuando se presenta este tipo de situaciones, Ngamga et al (2008) plantean que se debe a la existencia de atractores extraños, los que se definen como estados a los que un sistema dinámico es atraído. Un atractor extraño asemeja un imán que atrae o restringe las variables del sistema en un marco o límite produciendo un patrón de conducta recurrente.

El que un sistema siga un ciclo o conducta, se debe a la existencia de un patrón. Las rutas no se repiten exactamente ni se intersecan, no obstante lo anterior, esas rutas tienen límites definidos y forma. No obstante la existencia de límites definidos, el comportamiento del sistema dentro de esos límites es impredecible.

Las características o atributos que definen un sistema complejo comprenden, según Holden (2005):

- La emergencia del sistema, lo que significa que el comportamiento colectivo de las partes es el resultado de sus interacciones, proceso en el cual un importante número de elemen-

- tos interactúan en forma dinámica y no lineal, intercambiando importante nivel de información, un buen ejemplo de ello es visto en situaciones de crisis, en que los afectados por esa situación se adaptan para superar la crisis.
- Segundo: que se encuentran fuera del equilibrio no siendo posible que se automantengan, por lo cual requieren un aporte constante de energía externa.
 - Tercero: su capacidad para autoorganizarse centrándose en un atractor de tal manera que a través de realimentaciones reducen o evitan los efectos externos que pudiesen modificar su estructura.
 - Cuarto: son sistemas abiertos disipativos, es decir, la energía y la materia fluyen a través de él;
 - Quinto: son sistemas adaptativos ya que experimentan fluctuaciones ante estímulos externos que pretendan sacarlos de su estabilidad como sistema, fluctuaciones que tienen como propósito volver el sistema a su estabilidad. Un ejemplo de ello es el cuerpo humano que constantemente lucha para mantener la temperatura corporal.

Otra característica importante en este ámbito según Chao y Moon (2005), es que un sistema sencillo puede llegar a tener un comportamiento complejo y un sistema complejo puede tener un comportamiento sencillo. Ello lleva a que un análisis empleando el reduccionismo no permita entender el sistema como un conjunto integral de elementos interactuando entre sí y generando como respuesta a un estímulo una conducta diferente a las de sus partes componentes.

Murray (2003) destaca el concepto de administrar complejidad aplicable a la administración moderna y distingue cuatro niveles de complejidad, asociando cada uno de ellos a una teoría de administración. Ellos son:

- Nivel uno de complejidad (simple) asociado a la teoría contingencial. La regla esencial es que el sistema tiende a permanecer estable basado en la existencia de sólo un concepto central o atractor. El sistema tiene un comportamiento complejo en torno a su atractor. Un ejemplo que ilustra esto es un mercado en el cual pese a los esfuerzos del número dos del mercado, el líder se mantiene como tal.
- Nivel dos de complejidad (medio) asociado a la vida organizacional y ciclos de tiempo. La regla esencial que define este nivel es la existencia de un punto de estabilidad en torno a un atractor a la vez, pero se mueve cíclicamente a un nuevo atractor. Al igual que en el nivel uno hay sólo un concepto central a la vez. Para ilustrar lo anterior, se puede mencionar la situación de una organización que se mueve entre dos competencias centrales en un mercado para hacer un uso más efectivo de sus competencias. También se aprecia en el sistema depredador/presa, en poblaciones silvestres; en que las poblaciones nunca alcanzan un equilibrio, sino se mueven entre dos límites de población.
- Nivel tres de complejidad (alta) asociado a valores competitivos. La regla en este caso consiste en la existencia de varios conceptos centrales o atractores, los que no son cambiantes en el tiempo. Los factores de impredecible y sensibilidad a condiciones iniciales de los sistemas complejos, se pueden apreciar en algunos efectos impredecibles de situaciones comunes en administración, tales como variaciones sutiles en el tono de voz durante una negociación pueden alterar los resultados de la negociación significativamente.
- Nivel cuatro de complejidad (muy alta) asociado a teorías de complejidad y caos. La regla en este caso consiste en la existencia de varios

conceptos centrales o atractores, cada uno de los cuales son cambiantes en el tiempo. Los individuos en un grupo u organización pueden generar una autoorganización en el límite del caos; ello tiene el potencial para un resultado efectivo y novedoso o un desastre. Ello se puede ejemplificar en un grupo que está trabajando en una dinámica de brainstorming o tormenta de ideas.

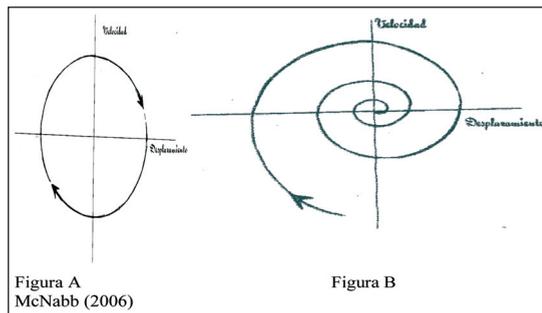
Los cuatro niveles permiten mostrar diferentes niveles de complejidad que puede alcanzar un sistema dinámico. Los sistemas complejos generan nuevas formas de enfrentar problemas en las organizaciones, proveyendo de herramientas que ayudan a explicar los efectos producidos en las organizaciones por las numerosas influencias que generan alteraciones en el sistema organizacional.

- **Atractores.**

Un atractor es un punto, curva u otra figura que tiene como característica el que un sistema, en el largo plazo, evoluciona hacia él. Para que sea atractor, las trayectorias de los componentes del sistema deben estar o permanecer próximas al atractor, aun si son levemente perturbadas. Las trayectorias encuentran en el atractor el punto de mínima energía, por lo que la presencia de un atractor se puede determinar a través de la disipación de algún tipo de energía. El atractor de un péndulo oscilando libremente es el punto más bajo de su trayectoria.

El atractor de punto fijo describe un sistema estable y periódico, un péndulo en el vacío, por tanto sin roce. Considerando como variables velocidad y desplazamiento, el atractor conforma el mapa correspondiente a la figura A.

El mismo péndulo considerando el roce y, considerando las mismas variables, producirá una trayectoria en espiral. El punto hacia el cual el sistema es atraído, tiende hacia un punto fijo de



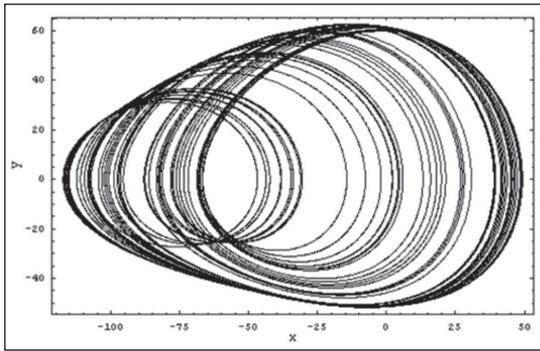
descenso completo. Su atractor conforma el mapa correspondiente a la figura B.

El atractor de ciclo limitado es de mayor complejidad y en lugar de tender hacia un solo estado, el sistema se mueve en una trayectoria cíclica formada por dos puntos

- **Atractores Extraños.**

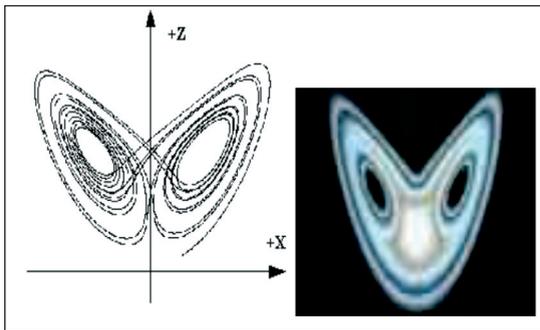
Al analizar la dinámica de un sistema que puede pasar de la linealidad a la turbulencia es un desafío planteado a la ciencia. Un río con un flujo de agua, en la medida que no tenga influencias externas, puede tener una conducta lineal; no obstante, basta que el flujo sea incrementado para que, simultáneamente con incrementarse su caudal, empiecen a aparecer remolinos y vórtices; los que se entrecruzan unos con otros. Comenzando con un atractor de punto fijo, el incremento de caudal hace aparecer uno de ciclo limitado y, desde este último pasa a transformarse en un atractor más sofisticado en que se producen dos ciclos limitados en interacción entre ellos. El mapa que se genera por esta dinámica produce un atractor denominado torus.

El espacio en el cual es modelado el atractor se denomina espacio de fase, la conducta caótica de un sistema dinámico asociado a este atractor complejo es una dimensión fractal, lo que es un espacio entre dos y tres dimensiones. Un atractor aparece por la presencia de un término disipativo, si en un modelo matemático se suprime el término disipativo, el atractor extraño desaparece.



The chaotic strange attractor of the system for the parameters values $\alpha = 1.0, \omega = 0.85, Y = 0.01089$.

En un sistema asociado a un atractor extraño, que como característica es altamente sensible a las condiciones iniciales y a pequeños cambios, tiene como implicancia el hecho que dos estados que poseen una pequeña diferencia, pueden evolucionar en estados significativamente diferentes. Este atractor reúne dos características que parecieran contradictorias; por una parte proporciona un modelo a una conducta aperiódica y por otra lo limita en el interior de un espacio de fase.



Ngamga et al (2008). Atractor caótico de un sistema. Subias (1991). Atractor extraño de Lorenz.

Un espacio de fase presenta la propiedad de que la trayectoria no se repite ni se cruza, continuando hasta el infinito en trayectorias convergentes hacia un área de atracción. Haciendo una analogía es como si dentro de un espacio finito se contuviese un hilo infinitamente largo.

Matemáticamente, la denominada ecuación logística mencionada por Johnson y Burton (1994, p.322) " $x_t = x_t$

$\alpha(1-x_{t-1})^n$ " permite encontrar el atractor correspondiente al nivel de equilibrio de la población de un ecosistema; si la población es alterada en cualquier instante, ésta siempre volverá a su nivel de equilibrio. Los parámetros representados en la ecuación son = población en un periodo t es función de la capacidad del ecosistema para sostener una población; corresponde a la población en el periodo inmediatamente anterior y es coeficiente de la tasa de crecimiento. Con niveles reducidos de inferiores a 3 la población converge a su atractor con un nivel de equilibrio único. Con valores que exceden el valor 3 pero inferior 3,45 la población se ajusta a un límite entre dos atractores. Cuando se acerca a 3,45 se alcanza el llamado punto de bifurcación, la población comienza a duplicarse en los periodos 2, 4, 8, etc. Con un valor de $\approx 3,58$ la tasa de crecimiento de la población se vuelve caótica, las series se vuelven aperiódicas y el atractor se vuelve extraño.

La aplicación de estas teorías a sistemas sociales, enfrenta un serio problema cuando sobrepasa el punto de bifurcación, ya que la obtención de datos se hace muy difícil; no obstante tal como (Ruelle (1991), Dyke (1990), Reedman (1992), Progogine y Sternges (1984), Ayres 1988), Baumol y Benhabib (1989) y Gould (1987) citados en Johnson y Burton 1994), establecen que la mayoría de los procesos sociales se caracterizan por relaciones de carácter complejo no lineal.

Los atractores extraños, en lugar de permitir el uso de una ecuación matemática para predecir la situación futura de un sistema, no obstante, sí permiten entender el comportamiento del sistema en su integridad, entregando una visión holística en lugar de reduccionista eliminando el concepto de que una conducta caótica es anómala. (Thietart & Forges 1995 citados en McBride 2005) describen a los atractores extraños dentro de organizaciones como configuraciones organizacionales que demuestran regu-

laridades en sus macro características a pesar de mostrar grandes diferencias en sus procesos internos.

Un sistema complejo autorregulado cambia a lo largo del tiempo en forma no lineal y poseen una conducta caótica no predecible, debido a que un tractor extraño ejerce una fuerza de atracción radial en forma no lineal generando trayectorias aperiódicas e irregulares. Cuando se da un patrón o familia de trayectorias debido al atractor extraño, se genera un nuevo orden logrando la autoorganización.

La autoorganización tiene dos componentes, el primero es la autorenovación y la autotranscendencia (Capra 1992 citado en Gallardo 2002 p.71) define ambas características como se indica: "La autorenovación se refiere a la capacidad de los sistemas complejos de renovar y recuperar continuamente sus componentes conservando la integridad de su estructura general y la autotranscendencia, es la capacidad de superar de manera creativa los límites físicos y mentales, a través de los procesos de aprendizaje, desarrollo y ejecución".

La autoorganización posee características particulares, las que (Etkin y Schvarsten 2000 citado en Gallardo 2002 p.71) exponen como se cita:

- "Operar en condiciones diferentes de las de origen, sin perder continuidad ni cohesión entre las partes.
- Autonomía, en el sentido de que el sistema dispone de sus propias unidades de gobierno.
- Mantener los rasgos de identidad frente a perturbaciones del medio circundante.
- Producirse por si sola, dado que el sistema social selecciona internamente y realiza las actividades que él necesita para seguir operando, incluyendo las elecciones de sus objetivos.
- Presencia de procesos internos de control mediante los cuales regulan las operaciones del sistema y se delimitan las fronteras de la organización y,

- Capacidad del sistema para realizar su propia renovación estructural cuando se producen situaciones de crisis y catástrofes".

- **Fractales.**

La palabra fractal tiene su origen del latín, la expresión fractus significa irregular. Su empleo en la actualidad se debe al matemático Benoit Mandelbrot quién, la usó para describir lo que denominó una dimensión no integral. Las figuras de los atractores que están en un denominado espacio de fase corresponden a figuras que poseen una dimensión y ejerce su influencia sobre un espacio de dos dimensiones; esta situación impide que en una superficie de dos dimensiones las trayectorias puedan cruzarse, ya que de ser así, la conducta sería periódica.

Subias (1991) plantea la dificultad de entender el espacio de fase, comúnmente se asocia un punto a la ausencia de dimensión en línea a una dimensión, una figura a un plano, es decir, dos dimensiones y un poliedro a tres.

Los atractores tampoco pueden poseer tres dimensiones, ya que cualquier sistema de la naturaleza pierde energía en el tiempo, lo que en el espacio de fase se muestra como una contracción, lo que lleva a que el atractor estará en un lugar que no es bidimensional ni tridimensional, esta dimensión no integral es llamada fractal.

Uno de los ejemplos más citados de la geometría fractal, es el borde dentado de una costa, es obvio que si medimos la extensión de una costa por medio de las figuras geométricas tradicionales, en la medida que más accidentada sea esa costa, mayor será el error en la medición, por lo tanto si se toma un hilo y se aplica a un mapa de gran escala siguiendo la forma de la costa, la medida será mucho más exacta al extender el hilo y medirlo; no obstante, si se cambia la escala del mapa a una más reducida aparecen

detalles que no apreciaban previamente y lo que parecían líneas rectas, ahora aparecen como bordes dentados. Esta es precisamente la que es probablemente la característica más llamativa de la geometría fractal, en la cual cada una de sus escalas es autosimilar o también denominado simetría de escalas. Tal es así, que los bordes de una piedra reflejan los mismos bordes de la costa en cualquiera de sus escalas. También se puede apreciar esta característica en la bifurcación de los vasos sanguíneos del cuerpo.

Mandelbrot descubrió esta propiedad al iterar repetidas la expresión algebraica c^2+z , en que z y c son números complejos, y asignarle al resultado un punto en el plano. Como resultado aparecen fabulosos espirales, remolinos, figuras de helechos y una infinidad de otros gráficos con la propiedad de ser autosimilares, en escalas cada vez más reducidas que parecen tejerse como innumerables trayectorias en un espacio finito. Una manera fácil de ver un efecto similar, es el reflejo en un ascensor con espejos enfrentados, en los cuales se ven repetidas imágenes en escalas que se van reduciendo hasta el infinito. La principal característica de la geometría fractal, es el hecho de que la geometría de la naturaleza es eminentemente fractal. Esta situación se puede apreciar no sólo con el ejemplo de la costa desmembrada, también se da en una montaña, en un árbol, en un matorral y así, en otros innumerables ejemplos. De una manera similar se puede encontrar esta similitud en el organigrama de una organización.

Los atractores de variadas dimensiones fractales que han sido descubiertos, describen un objeto geométrico, el que constituye una gráfica que proporciona información acerca de cómo cambia la conducta de un sistema en el tiempo. Cuando se indica un valor fractal determinado como 2,7 por ejemplo, lo que se está indicando es el grado en el que un atractor se introduce en un espacio

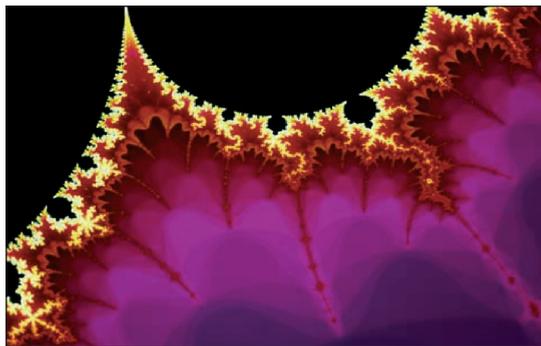


Fig. 2.b: Subias (1991) Conjunto de Mandelbrot (vista ampliada, resolución 1280 x 1024 Píxeles, paleta de 16 millones de colores.

tridimensional. Esto tiene una aplicación práctica en astronomía, cuando se determina que un planeta tiene una dimensión 2,3 significa que su superficie es más plana que uno con una dimensión fractal de 2,6. Un atractor extraño, al permitir que las trayectorias infinitas se doblen o curven dentro de un espacio finito, entrega un número que indica en que grado ese atractor permite la curvatura de las mencionadas trayectorias.

Un atractor, que se define como el objeto más complejo de las matemáticas, permite generar las figuras fractales que se caracterizan por su inigualable hermosura, ésta se debe en parte a su simetría en cualquiera de las escalas en que se le observe, pero además, muestra que las ideas tradicionales sobre la turbulencia caótica de constituir algo aleatorio y carente de orden, es modificada ya que los fractales muestran un orden totalmente definido.

- **Sistemas complejos y organizaciones.**

Las organizaciones, tradicionalmente han sido definidas como conjuntos de personas que se reúnen para lograr objetivos de mayor trascendencia que los que pueden lograr cada uno de esos integrantes en forma individual, esos objetivos se relacionan con la obtención de utilidades y sobrevivir en el tiempo. En la edad media bastaba con ser parte de un gremio tal como el de los alfa-

ros, para con el tiempo llegar a ser maestro y tener su propia empresa. En la medida que ha pasado el tiempo, las organizaciones han crecido en tamaño y complejidad; a lo anterior, se suma el hecho que con la globalización y la tecnología se han agregado más factores al manejo de las organizaciones, haciendo imprescindible que la eficiencia se convierta en un axioma.

La administración tradicional emplea el método científico de investigación, analizando las partes para construir o determinar el funcionamiento del todo. Esta aproximación al problema de la administración, en el sentido de encontrar soluciones para manejar organizaciones en un ambiente globalizado y complejo, tiende a generar soluciones parciales al problema. Un caso paradigmático lo constituye el ejemplo planteado por Dolan (2003), si cuatro personas ciegas se acercan a un elefante y lo tocan en distintas partes de su cuerpo, cada uno describirá el animal en base a sus propias percepciones, pero ninguna de ellas entregará una visión de cómo es el animal en realidad. Algo similar tendía a acontecer con las teorías organizacionales antiguas.

Los sistemas complejos, más que explicar el comportamiento de los sistemas en una forma única, involucran un conjunto de características que pueden ser destacadas o identificadas en la mayoría de los sistemas que se encuentran en la naturaleza, incluyendo en ellos las organizaciones y sus procesos. (Luhmann 1980 citado en Seidl 2007) expresa que las organizaciones son sistemas complejos en el sentido que tienen más posibilidades de tomar decisiones que las que pueden manejar, es decir, están obligadas a tomar decisiones sin tomar en cuenta que decisión toman.

La teoría de sistemas complejos busca comprender la relación entre el caos y el orden y en el caso particular de este estudio, su aplicación a los siste-

mas organizacionales. Un sistema puede pasar del orden al caos, partiendo de un periodo de comportamiento uniforme a través de ciclos de oscilación, turbulencia y caos hasta que se autoorganiza.

En el proceso inverso el sistema puede pasar del caos al orden gracias a la existencia de los atractores extraños, los que permiten atraer al sistema a un estatus de orden. Dolan (2003) establece que el paso de un sistema de un estatus al otro es posible gracias a que los atractores extraños poseen dos patrones de conducta. El primero es determinístico porque define el comportamiento del sistema, fijando un límite a éste indicando la situación a la que el sistema tenderá a ir en lugar de determinar una posición exacta. El segundo es caótico debido a que su comportamiento es indeterminable, no se puede saber en qué parte dentro del límite se encontrará el sistema en cada momento.

La aproximación o enfoque de sistemas complejos muestra una evolución en las teorías de la administración, aplicable a entornos inciertos. Los sistemas existentes en la naturaleza tienden a autoorganizarse como si siguiesen un flujo incluso en las situaciones de mayor complejidad. (Luhmann 1990 citado en Dolan 2003) sugiere que "es más importante analizar las relaciones entre un sistema y su entorno (relaciones externas) que todas las relaciones entre sus partes (relaciones internas) con el fin de entender su comportamiento".

Se puede plantear que la autoorganización constituye un éxito en un proceso que pasa del caos al orden, por lo tanto, es posible aplicar este mismo concepto a una organización. Las lecciones que dan la naturaleza en resolver autónomamente situaciones complejas plantea la resistencia de las personas a aceptar esta condición natural, probablemente por que la incertidumbre y no poder predecir el futuro produce temor acerca de éste; ese mismo concepto es aplicable a las

organizaciones ya que la incertidumbre genera sentimiento de inseguridad.

El control tiende a asociarse con poder, y quien no tiene control sobre algo se considera ineficiente. Lo importante es considerar que el caos no puede ser completamente controlado, pero se puede constituir una guía de parámetros de comportamiento, para una organización esos parámetros corresponden a valores organizacionales.

Las turbulencias son producto de cambios inesperados, incertidumbre, falta de control, confusión, desorganización y, en general conductas que muestran un comportamiento incierto. En la actualidad la globalización de la economía empuja a las organizaciones a desenvolverse en un entorno turbulento generado por la economía, la política y aspectos socio-culturales en los que las organizaciones deben desarrollarse. Ello genera en los administradores el desafío de entender y manejar las dinámicas turbulentas para alcanzar los objetivos organizacionales.

Los atractores extraños sirven para llevar a los sistemas, en este caso organizaciones, a un determinado estatus, en el concepto tradicional este estatus significaría un estado de reposo u orden alcanzado por la organización, bajo la

perspectiva de los sistemas complejos, el estatus alcanzado es un proceso de autoorganización dinámico; en él se produce un elevado grado de intercambio de información, permitiendo el desarrollo del sistema u organización, creatividad e innovación.

Entendiendo el proceso de un sistema complejo, es necesario determinar como dirigir el sistema a su estado dinámico óptimo. Encontrar el atractor que define la conducta del sistema es la clave para ello; al respecto Dolan (2003) considera que ese atractor está constituido por un conjunto de valores organizacionales.

La administración tradicional tiende a no confiar en la capacidad del ser humano para adaptarse a ambientes turbulentos, por lo cual se tiende a tratar de evitar que los administradores se enfrenten a ese tipo de situaciones a través de detalladas planificaciones y una clara definición de objetivos. (Dolan y García 2001 1992 citado Dolan 2003) expresa que este tipo de administración no contempla enfrentar al administrador con cambios como principal filosofía, consecuentemente falla en permitir la ayuda a la organización operando en ambientes turbulentos. Para enfrentar exitosamente a la complejidad, la organización debe encontrarse envuelta en constantes procesos de cambio.

Aproximación tradicional	Aproximación compleja
<p style="text-align: center;"><u>Lineal</u></p> <p>Es posible predecir el estatus o comportamiento de cualquier sistema a través de una ecuación causa - efecto.</p>	<p style="text-align: center;"><u>No lineal</u></p> <p>No hay proporcionalidad causa – efecto, el futuro es incierto, las reacciones del sistema son impredecibles, la evolución ocurre en forma inesperada.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Reduccionismo</u></p> <p>El conjunto es la suma de sus partes.</p>	<p style="text-align: center;"><u>Fractal</u></p> <p>La totalidad compleja está compuesta de millones de interacciones que siguen un patrón repetido a diferentes escalas.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Control</u></p> <p>El caos es sinónimo de desorden. Éste debe ser evitado controlando el sistema tanto como sea posible.</p>	<p style="text-align: center;"><u>Caos</u></p> <p>Existe una fuerte relación entre caos y orden, de manera que uno lleva al otro en un proceso dinámico. No se trata de evitar el caos si no de autoorganizar el sistema a través de un atractor.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Uniformidad</u></p> <p>El sistema no cambia en forma repentina. Si lo hace es debido a un error, no ha habido un control adecuado.</p>	<p style="text-align: center;"><u>Catástrofe</u></p> <p>Una pequeña influencia puede causar un repentino y explosivo cambio dentro del sistema.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Lógica Aristotélica</u></p> <p>Un elemento no puede pertenecer a un conjunto de elementos y a su complemento al mismo tiempo.</p>	<p style="text-align: center;"><u>Lógica Fuzzi</u></p> <p>La relación entre elementos y conjuntos de elementos no se limita a si o no, si no que a más o menos.</p>

Fig. 1: DOLAN (2003). Comparación entre enfoque tradicional y complejo.

Dolan (2003) establece una lista que denomina figura 2, con un conjunto de adaptaciones hacia las que el ser humano se debe orientar para utilizarlas en los procesos de cambio. La adaptación a procesos turbulentos implica tratar con un conjunto de nuevos valores incorporados en el trabajo diario de una organización, valores que actúan como organizadores de desorden y que definidos como principios, resultan en metas de largo plazo.

- Alcanzar fines y principios compartidos.
- Generar confianza para tratar con incertidumbre.
- Trabajar con flexibilidad.
- Explorar situaciones caóticas para desarrollar creatividad e innovación
- Simplificar estructuras y reglas.
- Autoorganizarse.
- Estimular la participación y colaboración.
- Crear responsabilidad social.
- Crear relaciones de alta calidad entre los integrantes.
- Lograr bienestar en aspectos emocionales y éticos.

Fig. 2: DOLAN (2003). Condiciones para adaptación a ambientes turbulentos.

Dolan (2003) menciona que las organizaciones enfrentan un incremento en los niveles de complejidad e incertidumbre debido a cuatro factores relacionados entre sí.

- Necesidad de calidad y orientación al cliente, factor que contrasta con los procesos industriales masivos y estandarizados; esta orientación ya no es una ventaja o no se considera una ventaja competitiva, sino una condición básica e inherente para la sobrevivencia de las empresas en los actuales mercados.
- Necesidad de autonomía y responsabilidad profesional. Con el incremento de nuevas tecnologías se requiere un profesional con mayores habilidades y conocimientos profesionales, situación que se considera como parte de los atributos del producto o servicio. Ello conlleva la necesidad de contar con profesionales más autónomos,

con capacidad de aplicar iniciativas creativas como individuos maduros y con criterios propios de desempeño.

- Necesidad de líderes transformacionales en lugar de jefes; el actual concepto de administrador con condiciones de liderazgo, es el de un facilitador, que crea las condiciones para que las sucedan los procesos correctos, es decir, aquellos procesos que constituyen objetivos y metas de la organización. Bajo la perspectiva de sistemas complejos, el líder debe comportarse como un atractor más que alguien que da instrucciones y órdenes, permitiendo que los trabajadores se transformen en profesionales autónomos.
- Necesidad de organizaciones con estructuras más planas y ágiles, las estructuras rígidas y burocráticas con muchos niveles jerárquicos y compartimientos estancos no son eficientes para lidiar con entornos turbulentos, la tendencia actual reduce el número de niveles jerárquicos, promueve el desarrollo de equipos eficientes y orienta a la flexibilidad y eficiencia organizacional.

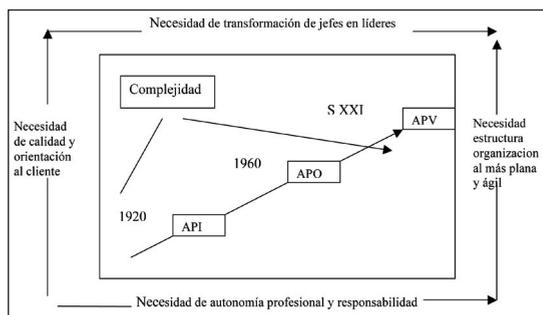


Fig. 3: DOLAN (2003). Presiones para adaptación y filosofías de administración correspondientes: Evolución desde el siglo XX al siglo XXI.

El gráfico, denominado figura 3, presenta la evolución de las distintas escuelas de administración, comenzando por la administración por instrucciones, para seguir con la escuela de administración por objetivos dentro de la cual se valoran objetivos autoimpuestos por

los trabajadores como una manera de mejorar la motivación. Con el avance de la administración por objetivos, ésta se consideró como un sistema general de administración, aplicable en todos los ámbitos y niveles de la organización, no obstante carecía de un elemento fundamental: el enlace entre los objetivos y las creencias y valores de los individuos.

La administración por valores se orienta hacia un nuevo diseño de la cultura empresarial, ayudando a los líderes a guiar el cambio en la empresa, reduciendo las tensiones internas generadas por un proceso de cambios, conformando un atractor basado en una visión hacia donde la compañía desea orientar sus metas futuras.

Las conexiones entre distintas entidades o sistemas conforman nodos de tal manera que cualquier organización es parte de muchos nodos, los que a su vez están conectados con otros nodos; al mismo tiempo, la organización en forma interna también está interconectada por nodos operando en su interior. (Mandelbrot 1982 citado en Bloch 2005), indica que cada organización es un fractal de otra entidad mayor y cada fractal tiene un reflejo del organismo completo dentro de sí con su misma forma en otra escala. Finalmente cada organismo puede ser visto como un fractal del universo.

- Valores y administración basada en valores.

Las creencias y valores constituyen las bases de la cultura organizacional. Los valores constituyen las guías para el comportamiento de las personas en su trabajo, impulsando el logro de los resultados esperados, correspondiendo por tanto el equivalente a un atractor e impulsando a la organización a un estatus determinado. La pregunta obvia es cómo desarrollar e impulsar esos valores en la organización.

Los valores son referencias o guías de conducta que ayudan a adoptar la decisión o modo de actuar correcto para

el logro de los objetivos deseados. No está demás recalcar que el concepto de valores y objetivos, para este trabajo se refiere a valores y objetivos éticos. También una organización puede ser la mafia, el crimen organizado o terroristas, los cuales también necesitan una administración eficiente para el logro de sus objetivos, aún cuando no sean éticos o legales.

Las conductas relacionadas con la cultura individual y organizacional pueden aparecer como caótica e impredecibles, mientras mayor es la diferencia cultural entre individuos, mayor tiende a ser la incertidumbre relacionada con la conducta y desempeño de los individuos, más aún en la actualidad en que la globalización ejerce una fuerte influencia sobre las sociedades, organizaciones e individuos; (Bronowsky 1978 citado en Bloch 2005) expresa que el mundo está completamente interconectado, tanto es así que no existe en el universo un evento que no esté relacionado con otro.

Los valores están fuertemente ligados a la cultura de los individuos y la cultura de las organizaciones, ello hace relevante definir correctamente los valores de la organización que podrán constituirse como los atractores que se requieren para obtener el impulso que guíe a la organización dentro de una senda deseada. Ejemplos típicos de valores son honestidad, lealtad, valor e incluso el dinero es un valor que las personas usan para guiar su conducta.

Los valores pueden ser catalogados en dos grupos, los finales y los instrumentales; los primeros se relacionan con la misión y los objetivos de la organización, tales como satisfacción del cliente o de los empleados, beneficios, calidad, u otros semejantes; los valores instrumentales son aquellos que sirven para la obtención de los finales y se pueden clasificar en éticos y competencias. Los éticos son los valores sociales como lealtad, honestidad o integridad, mientras los de competencia son los asociados a un mayor valor añadido.

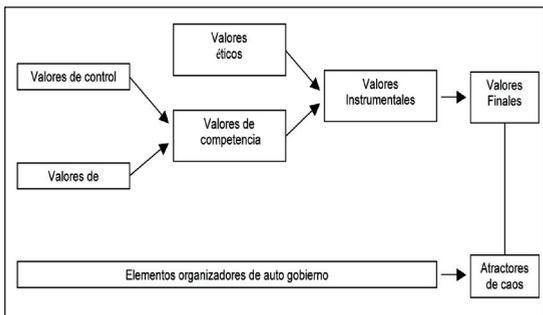


Fig. 4: DOLAN (2003). Clasificación de valores y en relación con el caos.

Dolan (2003) menciona que eficiencia, disciplina, responsabilidad y puntualidad son ejemplos de valores orientados al control, mientras que confianza, creatividad, libertad o entretenimiento en el trabajo son ejemplos de valores orientados al desarrollo de los individuos y la organización.

Los valores orientados hacia el desarrollo permiten generar nuevas oportunidades de acción. Dentro de ellos se pueden mencionar el autoaprendizaje, iniciativa y flexibilidad; los valores de control sirven como elementos de cohesión para mantener unidos los subcomponentes de la organización, siendo guía para la planificación, el orden y disciplina.

Los ciclos que naturalmente se suceden en la vida de una organización, alternan situaciones de creación y crecimiento, y momentos de control para consolidar el crecimiento alcanzado. La organización por lo tanto, no se mantiene en un extremo del ciclo en forma estática, o sólo en una situación de caos, más bien se mantiene oscilando entre ambas situaciones.

Muchos investigadores, según (Brooks and Weatherston 1997 citados en Mason 2007) piensan que el mejor modo de controlar el caos es con caos, mientras (D'Aveni 1999 citado en Mason 2007) ha demostrado que en mercados turbulentos, las compañías menos convencionales y más disruptivas tienden a ser las más exitosas.

- Conclusiones.

- Las organizaciones son sistemas que se desenvuelven en sistemas inestables y eminentemente complejos.
- Las teorías de sistemas complejos y del caos proporcionan una nueva visión del mundo y de las organizaciones como sistemas complejos para los cuales el caos es uno de sus estados naturales. Lo anterior, a su vez, permite conceptualizar la solución de los problemas administrativos en una forma más holística.
- Los administradores deben tener una visión más amplia para comprender que el orden y el control son sólo parte del estatus de las organizaciones, la otra parte o estatus es la turbulencia, la cual a través de pequeños impulsos es capaz de generar grandes cambios.
- Las organizaciones, con sistemas jerárquicos más flexibles y orgánicas más planas, tienden a ser más eficaces para sobrevivir en ambientes turbulentos.
- Las teorías del caos y complejidad no permiten visualizar el futuro en forma exacta, pero permiten determinar una tendencia o conjunto, limitado por los atractores extraños, de posibles posiciones futuras en las que se podrá encontrar un sistema.
- Una teoría que se origina en un ámbito distinto a la administración no puede ser aplicada en forma directa, debe ser acaparada a las condiciones de la problemática que se desea resolver usando esa teoría.
- Los valores, asociados a la cultura personal y organizacional, constituyen los atractores extraños que un sistema del tipo organizacional requiere para afrontar los procesos complejos que las empresas de todo tipo enfrentan en el mundo globalizado actual.
- Es relevante definir adecuadamente los valores, ya que si el atractor extraño que se conforma no es el adecuado, el resultado será un espacio inadecuado a los objetivos organizacionales.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Bloch, D. 2005, "Complexity, Chaos, and Nonlinear Dynamics: A New Perspective on Career Development Theory", *Career Development Quarterly*, vol. 53, N° 3; 3, pp. 194-207. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=f5h&AN=16439081&site=ehost-live/>.
- 2.- Bloch, D. 2008, "Complexity, Connections, and Soul-Work", *Catholic Education: A Journal of Inquiry & Practice*, vol. 11, N° 4, pp. 543-554. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=32204458&site=ehost-live/>
- 3.- Bonabeau, E. 2007. "Understanding and Managing Complexity Risk". *MIT Sloan Management Review* 48, N° 4 (July 1): 62.
- 4.- Burnes, B. 2005, "Complexity theories and organizational change", *harvard*, vol. 7, N° 2, pp. 73-90. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=18942803&site=bsi-live/>
- 5.- Chao, G. & Moon, H. 2005, "The Cultural Mosaic: A Metatheory for Understanding the Complexity of Culture", *Journal of Applied Psychology*, vol. 90, N° 6, pp. 1128-1140. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=18922320&site=ehost-live/>.
- 6.- Dolan, S., Garcia, S. & Auerbach, A. 2003, "Understanding and Managing Chaos in Organizations", *International Journal of Management*, vol. 20, N° 1, pp. 23. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=9752121&site=ehost-live/>.
- 7.- Ellis, G 2008, "On the nature of causation in complex systems", *Transactions of the Royal Society of South Africa*, vol. 63, N° 1, pp. 69-84. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=32533096&site=ehost-live/>.
- 8.- Ferlie, E 2007. "Complex organizations and contemporary public sector organizations". *International Public Management Journal* 10, N° 2 (April 1): 153-165. <http://www.proquest.com.ezproxy.apollolibrary.com/>.
- 9.- Gallardo, A 2002 "La Era de la incertidumbre, la organización y la teoría del caos. (Spanish)", 2002, *Administración y Organizaciones*, vol. 4, N° 8; 8, pp. 63-76. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=32204458&site=ehost-live/>.
- 10.- Gleick J. & MacGregor I. 2007. *Ask the Experts. The Science Teacher*. 74, N° 2 (February 1): 58. <http://www.proquest.com.ezproxy.apollolibrary.com/>
- 11.- Holden, L. 2005, "Complex adaptive systems: concept analysis", *Journal of advanced nursing*, vol. 52, N° 6, pp. 651-657. <http://swtuoproxy.museglobal.com/MuseSessionID=ac34d470dcc0f66857275a1e59dfb77/MuseHost=jmi.sagepub.com/MusePath/cgi/reprint/3/4/320>.
- 12.- Jacobs, D. 2007, "Controlling Organizational Change: Beyond the Nightmare", *Journal of the Quality Assurance Institute*, vol. 21, N° 4, pp. 19-23. <http://www.proquest.com.ezproxy.apollolibrary.com/>.
- 13.- Johnson, J & Burton, B. 1994, "Chaos and Complexity Theory for Management: Caveat Emptor". *Journal of Management Inquiry*, Dec 1994; 3: 320 - 328. <http://jmi.sagepub.com/cgi/content/abstract/3/4/320/>.
- 14.- Longa, V. 2005, "Filosofía de la ciencia y ciencia no lineal. (Spanish)", *Teorema: Revista internacional de filosofía*, vol. 24, N° 1; 1, pp. 19-33. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1172239/>.
- 15.- Mason, R. 2006, "Coping with Complexity and Turbulence - an Entrepreneurial Solution", *Journal of Enterprising Culture*, vol. 14, N° 4, pp. 241-266. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=24420815&site=ehost-live/>.
- 16.- Mason, R. 2007, "The external environment's effect on management and strategy: A complexity theory approach". *Management Decision* 45, N° 1 (January 1): 10-28. <http://www.proquest.com.ezproxy.apollolibrary.com/> (accessed July 31, 2008).
- 17.- McBride, N. 2005, "Chaos theory as a model for interpreting information systems in organizations", *Information Systems Journal*, vol. 15, N° 3, pp. 233-254. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=17137226&site=ehost-live/>.
- 18.- McNabb, C. 2006, "Peirce y la teoría del caos" Instituto de Filosofía, Universidad Veracruzana, México. "<http://64.233.169.104/search?q=cache:tk3F0dwT9JII:www.unav.es/gep/JomadaArgentinaMcNabb.pdf+peirce+y+la+teoría+del+caos&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=cl&client=firefox-a/>
- 19.- Murray, P. 2003, "So what's new about complexity?" *Systems Research & Behavioral Science*,

- vol. 20, Nº 5, pp. 409-417. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=17071733&site=ehost-live/>.
- 20.- Navarro, C "Gestión de organizaciones: Gestión del caos". *Revista de dirección, organización y administración de empresas*. Nº 23, 2000, págs. 136-145: http://www.cepade.es/Ademas/fr_pdf.asp?num=23&artic=14/.
- 21.- Ngamga et al. 2007 "Pulsating feedback control for stabilizing unstable periodic orbits in a nonlinear oscillator with a nonsymmetric potential". *Graphic. The chaotic strange attractor of the system, International Journal of Bifurcation & Chaos in Applied Sciences & Engineering; (August), Vol. 17 Issue 8, p2797-2803, 7p, 4 graphs*. <http://search.ebscohost.com.ezproxy.apollolibrary.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=26851883&site=ehost-live/>.
- 22.- Richardson, K. 2008. *Managing Complex Organizations: Complexity Thinking and the Science and Art of Management*. *Emergence : Complexity and Organization*, 10, Nº 2 (April 1): 13-26. <http://www.proquest.com.ezproxy.apollolibrary.com/>.
- 23.- Robertson, D & Caldart, A. 2008. "Natural Science Models in Management: Opportunities and Challenges". *Emergence: Complexity and Organization*, 10, Nº 2 (April 1): 61-75. Available at: <http://www.proquest.com.ezproxy.apollolibrary.com/>.
- 24.- Seidl, D 2007. *The dark side of knowledge*. *Emergence: Complexity and Organization* 9, Nº 3 (July 1): 16-29. <http://www.proquest.com.ezproxy.apollolibrary.com/>.
- 25.- Subias, J 1991 "Introducción a la teoría del caos, representando atractores por orbitales". *Area of Graphical Expression in Engineering*. University of Zaragoza, Spain. November 1. <http://produccion.cps.unizar.es/info/jlsubias/IntrCaos.htm/>.
- 26.- Tait, A & Richardson K. 2008. *Confronting Complexity*. *Emergence: Complexity and Organization*, 10, Nº 2 (April 1): 27-40. <http://www.andrewtait.com/papers/confrontingcomplexity.pdf/>.
- 27.- Yasmin Merali 2006. "Complexity and Information Systems: the emergent domain". *Journal of Information Technology* 21, Nº 4 (December 1): 216-228. Available at: <http://www.proquest.com.ezproxy.apollolibrary.com/>.

* * *

