

ENFOQUE FRACTAL APLICADO EN LA ADMINISTRACIÓN

Ernesto Gálvez Medina (1)
Alexander Balankin (2)
Edmundo Resenos (3)

ABSTRACT

This paper analyses the fractal approach in management organizations theory. The target problem is built up in two ways: 1) the management theories evolution, 2) the versatility of application in sciences, specifically of the fractal approach in management studies. The analyses show that these aspects have coincidental characteristics that favor their integration, to explain the applications of the fractal approach in management. The constant evolution of the science and technology management and consequently the changes in paradigms have allowed the explanation of its trajectory from the industrial era to the knowledge era, as well as, the transition of the Euclidian geometric to fractal geometric. The contributions of the complexity and chaos theories; and the authopoiesis as systems properties; offer a major and better understanding of the management organizations phenomena. The use of the proposed term "fractal factory" as a support to the discussions of management science and technology when these are backed up by the fractal approach, or when it is used as support of the rationality degree with which the design and construction of the systems, subsystems, models, methods and procedures is taken. The necessity of future research is perceived on the internal logic of the diverse fractal structures and the functioning of these into the enterprises.

Key words: Authopoiesis, Fractal Approach in Management, Fractal Factory, Fractal Structures.

RESUMEN

Este trabajo analiza la aplicación del enfoque fractal en los estudios de la administración de organizaciones. El núcleo del problema está constituido por dos vertientes: 1) la evolución de las teorías de la administración, 2) la versatilidad de aplicación en las ciencias y concretamente en la ciencia de la administración del enfoque fractal. El estudio demuestra que estos aspectos tienen características coincidentes que favorecen su integración para explicar las aplicaciones del enfoque fractal en la administración. La evolución constante de la ciencia y la tecnología de la administración y en consecuencia de los cambios de paradigmas, han permitido explicar su trayectoria desde la era industrial a la era del conocimiento y la transición de la geometría euclidiana a la geometría fractal. El aporte de la teoría de la complejidad proporciona una mayor y mejor comprensión de los fenómenos de la administración de las organizaciones; asimismo, este aporte se encuentra en la utilización de la proposición del término "fábrica fractal" como apoyo a las discusiones de la ciencia y tecnología de la administración, cuando estas se apoyen de manera preponderante en el enfoque fractal, o bien, cuando se utilice como soporte del grado de racionalidad con que se aborda el diseño y construcción de los sistemas, subsistemas, modelos, métodos y procedimientos. Se percibe la necesidad de la investigación futura sobre la lógica interna de las diversas estructuras fractales y del funcionamiento de éstas dentro de las empresas.

Palabras Clave: Autopoiesis, administración del enfoque fractal, fábrica fractal, estructuras fractales.

(1) Doctor en Ciencias Administrativas por el IPN. Departamento de Economía. Universidad de Sonora. egalvez@pitic.uson.mx

(2) Doctor en Ciencias Físico Matemáticas por el Instituto de Ingeniería Física de Moscú Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de ESIME, Unidad Zacatenco. Instituto Politécnico Nacional. abalankin@ipn.mx

(3) Doctor en Ciencias Administrativas por el IPN. Sección de Estudio de Posgrado e Investigación. Escuela Superior de Comercio y Administración. Instituto Politécnico Nacional. eresenos@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

El panorama económico internacional que registra este trabajo presenta mercados regionales altamente competitivos. Esto justifica que las empresas reflexionen el diseño de su estructura de organización en función de la etapa de evolución de los fines extrínsecos, en correspondencia con los intrínsecos con que de manera predominante responden a las demandas del mercado donde operan (Resenos, 1976, 1990, 1993; Rivera y Resenos, 1996) para mantenerse en ese nivel de competencia y continuar evolucionando y ascendiendo en las escalas de competencia, con apoyo en la teoría de los fractales y de sus aplicaciones, sin demérito de otras teorías y aplicaciones pertinentes. Los científicos sociales están reconociendo que la influencia organizacional de los principios de las ciencias nuevas se conforman más con las realidades observables de las relaciones sociales que con la teoría tradicional (Fairholm, 2004), por lo que se visualizan en la ciencia de la administración algunas posibilidades para proporcionar opciones que instrumenten nuevas estructuras con mayor flexibilidad para la adaptación de las empresas a los cambios del entorno económico.

Esta propuesta plantea a la empresa como un sistema vivo que se adapta, sobrevive y evoluciona en un entorno cambiante, dinámico, tal como los organismos vivos cuyas especies que mejor se desarrollan son las que tienen mayor capacidad de procesar información y de aprender. Del mismo modo, las empresas pueden evolucionar a modelos más complejos vía las adaptaciones a los entornos, siguiendo los procesos de las estructuras fractales.

El trabajo se divide en cuatro secciones. En la primera se expone la teoría de los fractales, su construcción y aportes en la administración. En la segunda sección se estudia la administración mediante la teoría de la complejidad de las organizaciones y la pertinencia de la aplicación

de las metáforas. En la tercera se aborda el desarrollo de la administración mediante un análisis comparativo entre la administración tradicional y la moderna, como antecedente del estudio de la aplicación del enfoque fractal. En la cuarta sección se expone el concepto de **fábrica fractal**, que permite percibir la teoría de fractales en la praxis e integrar la idea de auto-organización y auto-similitud en las funciones básicas de la administración de una empresa; finalmente, se presentan en las conclusiones la visualización del enriquecimiento de la teoría y la praxis administrativa como consecuencia del aprovechamiento de la teoría de fractales.

1. ENFOQUE FRACTAL

Para apreciar el valor y la diversidad del enfoque fractal, tomamos el pensamiento de Mandelbrot (1977:15):

Pienso que la difusión de la teoría del caos y la geometría fractal en las ciencias sociales es esencial para nuestra futura evolución, tal como el arte de contar fue esencial en los orígenes de nuestra cultura.

El término fractal fue acuñado por Benoit Mandelbrot, físico de origen polaco que estudió e inició la era de los fractales en 1975.

1.1 Definición de fractales.

El término fractal proviene del latín *fractus* que significa "fragmentado" (Mandelbrot, 1977: 32). Se aplica al conjunto de formas generadas normalmente por un proceso de repetición, se caracteriza por poseer similitud en toda escala. En términos sencillos, un fractal es una estructura que está compuesta por pequeñas partes, las cuales son parecidas a la figura original, que se repite en diferentes escalas, desde grandes (macro) hasta pequeñas (micro). Los fractales son objetos caracterizados por su auto-similaridad, poseen "la propiedad de manifestar perpetuamente una figura dentro de una figura dentro de una figura" (Coveney y Highfield, 1995; en Miller, 1998).

También han sido descritos como un atractor magnético o como un molde o modelo para hacer la misma figura siempre en diferentes tamaños; o como un clima de lugares específicos que año con año son semejantes; o como los comportamientos de los sistemas oscilantes que se mueven hacia cierto orden; el orden creado por los atractores magnéticos, son los fractales (Miller, 1998). Fei, Hou y Zhang (2007) han descrito los fractales como la complejidad de objetos, fenómenos físicos y procesos que no pueden ser evaluados por la geometría euclidiana tradicional. Es decir, los objetos, los procesos y los fenómenos físicos conformados, constituidos por estructuras de una misma figura que se contiene a sí misma en diferentes dimensiones, generalmente ha sido evaluada por sus dimensiones superficiales con la geometría euclidiana, pero no ha sido evaluada por las dimensiones de la estructura que conforman los elementos fractales que tienen la misma figura contenida una en otra de diferente dimensión, sucesivamente, es decir, *auto-similares*, hasta integrar un sistema definible. Por ejemplo, en un brócoli, la estructura de toda la planta se repite, desde la más pequeña de sus partes hasta integrar toda la planta, todos los elementos que conforman su estructura son *auto-similares*.

El enfoque fractal revela que el microcosmo es similar al macrocosmo o viceversa. Mandelbrot acuñó en 1975 el término fractal para denotar una geometría nueva de la naturaleza, por medio de la cual, de manera diferente a la muy afinada geometría euclidiana, es posible cuantificar muchas formas rugosas, escabrosas, y que las formas espaciales fractales se repiten a sí mismas geoméricamente a través de muchas escalas, por lo que es posible decir que un objeto fractal posee la propiedad de auto-similaridad o escala de invarianza (Dyck, 2006).

Un fractal es "un ejemplar u objeto cuyas partes repercuten en el todo, únicamente en un escalamiento hacia abajo", "es como un objeto definido para ser mostrado en negro y blanco: un punto perteneciente al fractal dado es mostrado

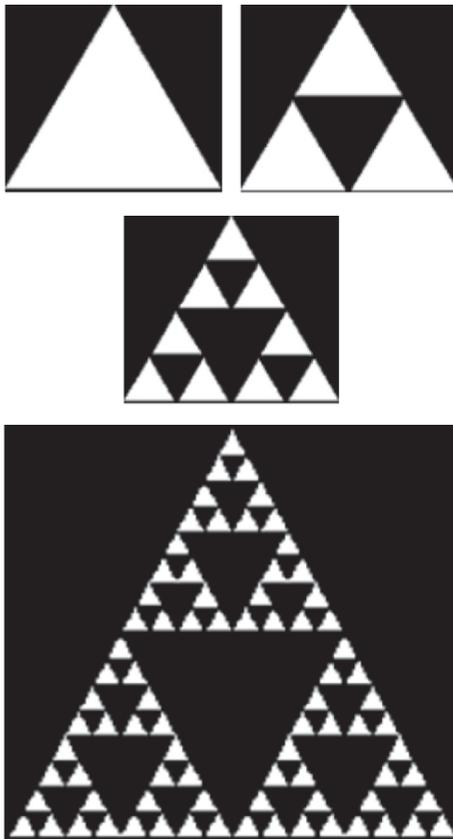
en negro y un punto que no le pertenece es dejado en blanco." Entonces un multifractal tiene más de una razón de escalamiento en el mismo objeto (Mandelbrot y Hudson, 2004: 208). El concepto fractal se refiere a la manera sobre la cual las unidades de organización o entidades corporativas tienden a replicarse a sí mismas desde una célula de trabajo elemental, desde nivel micro hasta el nivel macro, debido a una secuencia de acercamientos (Walsh, Kousakas, Vontas y Koumpis, 2003). Se puede considerar que el trabajo elemental de un individuo varía positivamente en función del nivel jerárquico que ocupa en una organización o empresa, por lo cual funciona como célula o unidad mínima de trabajo, y que dicho trabajo individual se mueve dinámicamente de lo elemental hasta la complejidad más elevada, también en función del nivel jerárquico que ocupa en la estructura, por lo que es posible pensar que todas las tareas y funciones que realiza tienen la misma estructura fractal; o bien, que cada trabajo o función tienen una estructura fractal particular, por lo tanto, la estructura o las estructuras de las tareas de las unidades más pequeñas y simples de organización hasta las superiores, las de la cumbre, son similares debido a las propiedades autopoieticas y fractales de los sistemas; y conforme se asciende en la jerarquía de la estructura, las tareas y funciones que se agregan a cada unidad de organización mantienen la estructura fractal. Por lo mismo, la diferenciación con otras unidades y las especificidades de la especialización puede ser que adopten la estructura fractal de toda la organización o empresa, o bien, tiene tantas estructuras fractales como tareas, funciones y especialidades maneja. Es probable que dada la propiedad de autogénesis exista una sola estructura dominante en las empresas.

1.2 Formación de objetos fractales

Son comunes entre los matemáticos dos ejemplos: la curva de Koch y el conjunto de Cantor. Ambos son similares entre sí y constituyen mecanismos comunes para construir fractales.

Los procesos matemáticos para crear las estructuras fractales son iteraciones de reglas simples en los objetos de la inicial. Las mutaciones pequeñas de reglas simples crean variedad enorme de modelos macroscópicos. La esencia de los fractales es la "retroalimentación". Él punto de partida es una información original, se procesa y se obtiene un resultado. Este se procesa de nuevo (se itera) y se obtiene otro resultado similar al anterior y se continúa haciendo lo mismo indefinidamente con cada resultado. Un ejemplo que no deja de ser mencionado en la literatura sobre los fractales es la construcción del triángulo de Sierpinski (Braun, 1996).

Figura 1.1 El triángulo de Sierpinski, después de cuatro iteraciones



Fuente: Mandelbrot, 2004, p.134.

1.3 Autopoiesis

El concepto de autopoiesis es usado en la teoría de sistemas para enfatizar el poder de las relaciones e interacciones de los sistemas en su interior y con su ambiente; es un proceso por medio del cual un sistema produce su propia organización y mantiene y se constituye él mismo en un espacio (Fairholm, 2004). También se ha usado para caracterizar aquellos sistemas que se mantienen definiendo su organización a lo largo de una historia de perturbación ambiental y cambio estructural, y regenerando sus componentes en el curso de su operación (Maturana y Varela, 1980). Jantsch (1980) define la autopoiesis como una tendencia de los sistemas vivientes a renovarse a sí mismos y regular los procesos de renovación dentro de los caminos que mantienen la integridad básica de su estructura.

La palabra "autopoiesis" fue inventada por el biólogo Humberto Maturana Romesín en la primera mitad de los setenta, según relata en el prefacio del libro *De máquinas y seres vivos: Autopoiesis: la organización de lo vivo*, que escribió conjuntamente con Francisco J. Varela García, donde relata cómo después de utilizar por más de 10 años la expresión "organización circular" derivó e inventó la palabra "autopoiesis" (Maturana y Varela, 2006).

Goldstein (1994) sugirió que el concepto de autopoiesis ha demostrado cómo los sistemas abiertos pueden producir evolución dentro de los estados de mayor organización, complejidad y orden; también notó que tienen identidad y fronteras claras, que las fronteras paradójicamente son semipermeables y capaces de mantener una naturaleza identificable a través del tiempo y permite a las condiciones ambientales afectar a estos sistemas abiertos. Esto puede explicar los cambios de estructuras fractales en las organizaciones sociales, en sus subsistemas y en las personas que las integran, sin perder su identidad y logrando evoluciones y estados superiores más potentes y eficientes en la mayoría de los casos.

La aplicación del concepto de autopoiesis a los *sistemas sociales* implica que el carácter autorreferencial de estos sistemas no se restringe al plano de sus estructuras, sino que incluyen sus elementos y sus componentes, es decir, que él mismo construye los elementos de los que consiste. Luhmann (1998) afirma que la autopoiesis no se limita a ser una propiedad de sistemas biológicos o físicos, y la define como la “capacidad universal” de todo sistema para producir “estados propios” bien diferenciados enlazando a éstos las operaciones propias del sistema gracias a la “auto-organización” de éste.

Autopoiesis significa un mundo en el que se expande, simultáneamente, la casualidad y la autonomía; las dependencias y las independencias; la necesidad de la planeación y la evasividad del proceso evolutivo; mayor racionalidad y, al mismo tiempo, aumento de transracionalidad expresadas bajo las designaciones (todavía incomprendidas) de efectividad, expresividad, espontaneidad, informalidad (Luhmann, 1998: 24).

Maturana y Varela (2006) consideran que es posible la existencia de sistemas de naturalezas diferentes, y proponen que las células, como sistemas autopoieticos moleculares, son de primer orden; que los sistemas celulares agregados son sistemas autopoieticos de segundo orden; los sistemas autopoieticos de tercer orden resultan del agregado de organismos, como el caso de una colmena, de una colonia, de una familia, o de un sistema social; pero aclaran y enfatizan en el caso de los sistemas superiores de tercer orden, que son sistemas autopoieticos por el solo hecho de ser compuestos por sistemas de primer y segundo orden, que su autopoiesis no es la de sus componentes, sino que procede de la forma de relación entre sus componentes y qué se detecta en su vida cotidiana en el momento preciso en que la observamos en su singularidad bajo la noción de “sistema social”. Lo que explica la dificultad de observar comportamientos uniformes o sistemáticos en los sistemas sociales, sobre todo en los de alta complejidad, y sean requeridas un gran número de observaciones en un gran número de sistemas sociales o de sus componentes, que permiten vislumbrar las estructuras y autopoiesis

dominantes y en consecuencia las conductas más generalizadas; lo que a su vez también explica que sus métodos de investigación estén saturados, en cierto grado, de la filosofía de la distribución normal y que los casos únicos o al menos aislados o menos frecuentes, tan sólo cobran importancia para explicaciones más completas.

1.4 Justificación

Continuar demostrando que el enfoque de fractales ofrece la posibilidad de elaborar teorías más acabadas sobre la administración de las empresas y, en general, de las organizaciones, y, específicamente sobre las estructuras de la administración y de las organizaciones, ya que las propiedades y características de los elementos fractales complementan y profundizan las explicaciones sobre autonomía, adaptación, armonía, flexibilidad en la lógica interna, y de la administración de las organizaciones. Por lo tanto, los conocimientos nuevos que enriquece la ciencia de la administración tienen posibilidades de aplicación para mejorar, perfeccionar y generar sistemas, modelos, programas, procedimientos administrativos.

1.5 Objetivo

Presentar los principios sobre los que se apoya la aplicación del enfoque fractal en la administración de organizaciones y mostrar los criterios de formación de empresas con propiedades fractales.

1.6 Planteamiento del problema

La teoría de los fractales, como teoría nueva en las ciencias duras como la física, la matemática, la biología, la astronomía, entre otras, requiere desarrollar argumentos que respalden su apoyo a la construcción permanente de la teoría de la ciencia de la administración, así como su aplicación en los problemas de la praxis de la administración, al menos, en los puntos siguientes.

1. Estudiar las características esenciales de la organización en su evolución reciente y analizar los problemas teóricos, los cuales demuestren que la naturaleza esencial de las organizaciones se ajustan a las propiedades de la teoría de los fractales.
2. Definir los fractales, sus características formales y de contenido; la formación geométrica de fractales. Demostrar que el enfoque fractal se ajusta a las propiedades de desarrollo de las organizaciones.
3. Destacar los elementos esenciales de las estructuras geométricas y los cambios en las organizaciones.
4. Llevar a cabo estudios que demuestren los rasgos de expresión de propiedades fractales en el desarrollo de las organizaciones productivas modernas. Casos prácticos de aplicación del enfoque fractal en la administración de las empresas.

2. COMPLEJIDAD DE LAS ORGANIZACIONES

Los fenómenos de la administración son de naturaleza compleja y dinámica, lo que conduce a estudiarlos con la teoría de la complejidad. La teoría de la complejidad en la administración primero aporta una nueva manera de pensar acerca de las organizaciones; presenta un nuevo paradigma que enfatiza los aspectos no lineales y flexibles de los sistemas objeto de estudio. Esta propuesta requiere reflexionar sobre las ideas siguientes:

- ¿Qué características de complejidad tiene la administración de las organizaciones?
- ¿El enfoque fractal es aplicable en los fenómenos de la administración?

La primera pregunta requiere conocer el desarrollo de la administración y precisar sus características dinámicas y complejas que viene mostrando. La segunda, permite fundamentar la

concordancia entre el enfoque fractal con las características de complejidad que muestra la administración (Resenos, 2004).

2.1 Metáforas para el entendimiento de la complejidad de las organizaciones

Tiplady (2003) propone utilizar la "máquina" para administrar organizaciones y diseñar sistemas de planeación, presupuestos y dirección por objetivos, sin embargo, esta metáfora restringe a las empresas a considerarlas como entes rígidos que no es el caso de los entes sociales, con mínimas posibilidades de ejercicio de la creatividad.

Si se considera a la empresa como un tipo específico de organización de negocios es posible apreciarla como un organismo vivo con características de autopoiesis; esta metáfora propicia nuevas perspectivas en el entendimiento de las organizaciones, tal como el concepto de sistema abierto que provocó un cambio de paradigma en la teoría de las organizaciones (Morgan, 1991). En el cuadro 2.1 podemos apreciar algunas metáforas habituales en las organizaciones.

Cuadro 2.1 Metáforas de organización

METÁFORA	Descripción
Máquina	Una organización pensada para operar de forma mecánica.
Organismo	Una organización pensada para adaptarse al entorno.
Cerebro	Una organización fractal basada en el trabajo en equipo y en el aprendizaje.

Fuente: Morgan (1991: 6).

Una de las metáforas de la administración de las organizaciones consiste en representarla como un árbol (Torres, 2003: 8), donde las raíces constituyen las ciencias que nutren a la administración, el tronco está integrado por las teorías y escuelas que han surgido de los estudios de la administración, y el follaje, por los diversos resultados que ofrece a los usuarios inmediatos y mediatos de las organizaciones, entre ellas las empresas, lo que permite una visión panorámica de las mismas. La metáfora de

los sistemas vivos refleja que las organizaciones constantemente aumentan su complejidad mediante adaptaciones al nivel más alto con nuevas estructuras (Holbrook, 2003). Las organizaciones pueden aumentar su creatividad y diversidad formando estructuras fractales, es decir, estructuras similares desde niveles de estructuras micro hasta el nivel macro. Es más, estas estructuras en cada nivel son auto-similares.

De este modo, el concepto fractal puede introducirse en la administración de las organizaciones si consideramos a éstas como sistemas vivos. Con el criterio de escalamiento, consideramos los objetivos de una parte de la organización (por ejemplo, ventas), estos objetivos serán similares a los objetivos del total de la empresa. En tal sentido, la pregunta principal es: ¿cómo se presenta el escalamiento en el proceso de auto-organización para que las empresas adquieran las estructuras fractal? O tal vez es preferible considerar que las estructuras fractales son útiles para modelar las estructuras reales de las organizaciones y los procesos administrativos de éstas para lograr análisis y explicaciones de mayor racionalidad y comprensión de los entes sociales y sus procesos internos y externos. Las estructuras fractales tienen muchos niveles auto-similares (Abele y Bischoff, 2004). Desde otra perspectiva, Wheatley, (1992/1999) en una aplicación innovadora de las ideas de las ciencias nuevas, sugiere principios importantes al considerar en el trabajo de liderazgo la inclusión de cuatro principios principales focalizados en el mismo liderazgo a los cuales denominó sistemas autopoieticos (autopoiesis es un proceso por medio del cual produce su propia organización y mantiene y se constituye en sí mismo en espacio), perspectivas paradójicas no lineares, teoría de las fuerzas de atracción y los patrones de la organización fractal (Fairholm, 2004). En las compañías de alta tecnología que deben responder rápidamente y en forma coherente al ambiente que cambia, puede ser provechoso utilizar los mismos procedimientos iterativos en forma semejante a lo que sucede en la

naturaleza. Esto se expondrá en la sección de aplicaciones del enfoque fractal.

2.2 Características de la complejidad

- La complejidad de un sistema depende del número y variedad de elementos e interacciones o procesos entre sí.
- La interacción de muchos elementos de un sistema da origen a conductas y propiedades no encontradas en los elementos individuales del sistema.
- Un sistema complejo adaptativo está basado en un sistema extendido y preconcebido con un conjunto de metas, como centro de competencias y amplio sistema de actividades y amplio sistema de actividades focalizadas a un futuro potencial de crecimiento y desarrollo (Shoham y Hasgall, 2005).
- La complejidad es una medida de información necesaria para describir la función y estructura de un sistema. Es un estado variado que involucra una calidad que tiene interacciones y diferentes componentes, como en la interconexión de partes de una estructura.
- Los estudios de complejidad son generalmente multidisciplinarios.
- La complejidad se da en los sistemas. Un elemento aislado no puede aumentar su complejidad porque no interactúa con los otros elementos endógenos y exógenos de los sistemas. En el momento en que dos elementos interactúan surge un sistema.
- La complejidad es un proceso evolutivo que sigue un comportamiento no lineal con base en crisis sucesivas. Tal vez adopte la forma de espiral creciente.

Nótese que estas características incluyen a las unidades microscópicas y macroscópicas.

2.3 Capacidad del sistema para administrar la complejidad

El sistema deberá conocer con qué clase o combinaciones de clases de complejidad del medio ambiente tendrá que luchar: oferentes, demandantes, producto, zona geográfica, entre otras muchas.

Una vez que esté posicionado en un entorno determinado, deberá tener cuidado en que sus recursos sean inteligentemente empleados, puesto que éstos son limitados; lo que equivale a la capacidad del sistema. Cada entidad dentro del sistema tiene un tramo de complejidad con el que lidia, el cual está definido por las entidades, elementos o procesos de las interacciones inmediatas, las mediatas y las lejanas, lo importante es que lo haga de la mejor manera posible. Por ello el sistema debe evaluar su situación con los siguientes criterios:

- Si la capacidad del sistema es mayor que la variedad requerida, resulta el desperdicio de capacidad dotada o atribuida.
- Si la capacidad del sistema es igual a la variedad requerida, resulta un equilibrio dinámico.
- Si la capacidad del sistema es menor que la variedad requerida, resultan problemas de incompetencia ante los demandantes del ambiente externo.

2.4 Las organizaciones como sistemas complejos

Se han visualizado cuatro propiedades de sistemas complejos adaptativos (Holland, 1994):

- Están compuestos por una red de agentes altamente interconectados y que actúan en paralelo, emergiendo la conducta global coherente del sistema de las conductas cooperativas y competitivas de los agentes que lo integran.
- Con los agentes de un nivel inferior, se construye el nivel inmediato superior.

- Constantemente realizan predicciones basadas en sus modelos internos.
- Opera, pudiendo con ello cambiar de entorno, a fin de optimizar su ajuste con el mismo.

Los múltiples actores que componen la organización, tanto internos como externos, se influyen mutuamente de una manera dinámica, y raramente de manera directa e inmediata, todo lo cual hace complejo al fenómeno organizativo.

Las organizaciones son sistemas abiertos, dinámicos, evolutivos, no lineales, basados en la iteración e interacción entre sus miembros, y entre sus miembros y el entorno. Auto-organización es la propiedad más importante asociada a los estados de equilibrio y a la complejidad (Panyella, 2004).

3. DESARROLLO DE LA CIENCIA ADMINISTRATIVA

La teoría de la administración está en constante evolución. Los avances recientes de las escuelas administrativas son el resultado de un proceso que viene progresando y adquiere sus propios perfiles en diferentes épocas y etapas. El cuadro 3.1 muestra una visión panorámica de las principales teorías de la administración y sus principales enfoques (Torres, 2003). Destaca que la teoría evoluciona no sólo en sus enfoques, sino que también en énfasis; desde tareas, hasta ambiente y tecnología.

Cuadro 3.1 Contenido esencial de las diferentes teorías administrativas y sus principales enfoques

Énfasis	Tipos de teorías	Principales enfoques
En las tareas	Teoría de la administración científica	Racionalización del trabajo en el nivel operativo
En la estructura	Teoría clásica Teoría neoclásica Teoría de la burocracia Teoría estructuralista	Organización formal Principios generales Funciones del administrador Racionalidad organizacional
En las personas	Teoría de las relaciones humanas Teoría del comportamiento organizacional Teoría de las decisiones Teoría del desarrollo organizacional	Organización informal Motivación, liderazgo, comunicación y dinámica de grupos Estilos administrativos Procesos de decisión Administración Análisis ambiental
En el ambiente	Teoría estructuralista Teoría de sistemas (contingencia)	Análisis interno y del entorno Enfoque de sistema abierto Análisis ambiental
En la tecnología	Teoría de la contingencia	Administración de la tecnología

Fuente: Torres Zacarías, 2003, pp. 14, 15.

3.1 Cambios de paradigmas en la administración.

No ha surgido un cuerpo de conocimientos totalmente integrado que pueda llamarse administrativo y de las organizaciones. Cada escuela de pensamiento destaca los aspectos de la administración que considera más importantes. Esta diversidad no debe considerarse indeseable. Gran parte del desarrollo en la teoría moderna puede atribuirse a contribuciones interdisciplinarias. La administración y las organizaciones se han convertido en puntos centrales de investigación (véase el cuadro 3.2).

Cuadro 3.2 Cambios de paradigmas en la administración

Era industrial	Era del conocimiento
Procesos rutinarios	Procesos complejos interactivos
Linealidad	Actividades paralelas o simultáneas
Actividades secuenciales	Auto-organización
Estructura predefinida	Coordinación
Comando y control	No lineal
Problemas	Oportunidades
Geometría euclidiana	Geometría fractal

Fuente: Stacey, <http://human-nature.com/scienc-culture/rosenhead.html>

Los cambios de la era industrial a la era del conocimiento pueden notarse tomando como ejemplo la industria automotriz. Son ilustrativos los casos General Motor en alianza con Toyota, también de la Ford con sus proveedores, que constituyen nuevas formas de organización. Estas empresas realizan procesos complejos interactivos, en la transferencia de tecnología entre empresas aliadas y proveedores, antes competidoras, que ahora se auto-organizan y coordinan, en virtud de las voluntades manifiestas en los contratos signados, logrando como consecuencia un crecimiento no lineal, sino holístico. El cambio de paradigma refleja el paso de la geometría euclidiana a la geometría fractal.

3.2 Elementos que relacionan los fractales con la administración

Es útil señalar algunos elementos que relacionan los fractales con la administración:

- Desde un enfoque holístico, las empresas o la empresa con todos sus elementos, procesos, desde el nivel de la cúpula empresarial hasta el nivel micro, el individuo, con sus elementos y procesos intrínsecos y extrínsecos se ordenan bajo estructuras de propósitos, objetivos, estrategias, políticas, cultura, filosofía y valores, y muestran auto-similaridad a cualquier nivel de observación. Debido a ello los comportamientos organizacionales o empresariales, divisionales, gerenciales, departamentales y los individuales, también tienden a una elevada auto-similaridad, como condición a sus características de pertenencia al sistema.
- La gerencia fractal proporciona una pista acertada a la gerencia autónoma. Cuando los individuos en el lugar de trabajo toman las acciones constantes con referencia al objetivo y a la política de la compañía, los individuos incluidos en la gerencia fractal pueden realizar sus deberes correctamente sin instrucciones repetidas de sus supervisores porque están bien enterados del objetivo, de la política, de la capacidad y de la cultura de la compañía.
- Las estructuras fractales surgen por la repetición de reglas simples. Por ejemplo, en la administración, este principio se expresa del siguiente modo: el objetivo y la política de la compañía son proporcionados por los ejecutivos de la firma (fase inicial) y debe comprenderse bien en todos los niveles de la organización. Este prototipo se propagará (fases siguientes) a través de la dirección fractal para hacer a la compañía más competitiva y adaptable al ambiente cambiante. Los individuos, en su lugar de trabajo, toman las acciones consistentes con el objetivo y la política de la compañía, formando un todo coherente y con estructuras que sostienen los mismos objetivos y metas.
- Con el enfoque fractal, el trato a los individuos y a las divisiones no debe ser como partes simples de la compañía, tal como en la

administración tradicional. Los individuos y divisiones son considerados, cada uno, como toda la compañía. El objetivo, la política, capacidad y cultura de la empresa, se reflejan en la conducta de los individuos y divisiones.

4. APLICACIÓN DEL ENFOQUE FRACTAL EN LA ADMINISTRACIÓN

En los estudios que aplican los fractales en la administración y en las ciencias sociales, destacan dos características, a saber:

- Utilizan metáforas para aplicar los fractales en la administración, una empresa se considera como un ser vivo o una máquina o un flujo continuo (Abele, 2004). Estas metáforas reconocen las nuevas tecnologías, perspectivas y tendencias en la adaptación de nuevos conceptos en administración, valora el aporte del enfoque fractal en los negocios. La clave consiste en la adaptación de empresas sobre la premisa de que las compañías son organismos vivos, con alto potencial de desarrollo. Desde que el ambiente de negocios está en continuo cambio, los modelos de administración son objetos de adaptaciones al entorno. Las compañías tratan varias aproximaciones para reducir costos y tiempo para reforzar su competitividad.
- Consideran la capacidad de adaptación y flexibilidad de las empresas en su intento de mejorar su desempeño, ante un entorno cada vez más competitivo basado en su desarrollo tecnológico (Takayasu, 2001). Para un mejor entendimiento de la economía, se asume como un flujo continuo, de manera que cuando hay cambios causados por los mercados domésticos en Europa, por el proceso de integración y por el desarrollo tecnológico, éstos provocan fuertes efectos en las empresas manufactureras y sólo sobreviven quienes son capaces de adaptarse rápidamente. Esta situación presenta peligros y oportunidades. El aporte principal es el estudio de las propiedades de escalamiento, en las fluctuaciones financieras desde el punto de vista de la estadística física (Bochad, 2002).

4.1 Fábrica fractal

En 1992, el profesor Warnecke, presidente del Fraunhofer-Institute for Manufacturing Engineering and Automation (Alemania), desarrolló el concepto "fábrica fractal" o la "compañía fractal", concepto que ofrece una respuesta adecuada a las filosofías de dirección de empresas americanas y japonesas, y se ajusta a las necesidades del ambiente europeo. Su objetivo es el desarrollo de empresas adaptables con la metáfora de que las compañías son como organismos vivos con un gran potencial de crecimiento y adaptación.

La fábrica fractal se define como un grupo de entidades autónomas que comparten el conocimiento y los recursos y colaboran para crear productos y servicios. Estas colaboraciones incrementan al máximo las capacidades y permite, a cada entidad, comprender sus metas específicas, proporcionando las soluciones globales a las necesidades de sus clientes.

Las características de una fábrica fractal incluyen auto-similitud, auto-organización y auto-optimización (Abele, 2004).

Auto-similitud. Es una característica intrínseca de un fractal. Cada unidad de la organización puede considerarse un fractal. Un fractal es parte de otro fractal superior o puede contener subsistemas con los mismos atributos. Cada fractal puede describirse con el mismo juego de atributos que los del conjunto, es decir, los elementos y propiedades, relaciones, metas y logros.

Auto-organización. Los elementos o empresas que conforman una red de fractales poseen un grado de libertad para actuar y tomar decisiones y así cumplir con los parámetros de crecimiento. Ellos pueden ocuparse de los recursos para producir bienes y servicios con el fin de lograr las metas y estar de acuerdo en la atención de la demanda. Tienen capacidad de adaptarse rápidamente a su ambiente y al proceso de mercado que fluye. En una compañía fractal la

meta es constantemente cambiante y es cumplida mediante una estructura de relación de cooperación (Stacey, 1993).

Cualquier acercamiento a las empresas como entidades que se auto-organizan debe, por lo tanto, considerar de cuáles (o de cuántas) de estas connotaciones se tratan, qué rasgo del sistema dado están tratando de auto-organizar.

4.2 Criterios generales para la formación de empresas fractales

La aplicación del concepto fractal en la administración de empresas puede extenderse a una red de empresas conservando los principios básicos de una compañía fractal. Se presenta una arquitectura jerárquicamente estructurada para construir modelos multi-agentes de sistemas industriales. El diseño proporciona un armazón donde cada agente representa a la red en conjunto, cada planta dentro de la compañía, cada célula o línea dentro de la planta tiene la habilidad de percibir y evaluar cambios que ocurren en el ambiente industrial y actúa recíprocamente con otros agentes en el sistema. La flexibilidad de esta arquitectura también incluye su habilidad de integrar agentes homogéneos y heterogéneos y su capacidad para aplicar un mecanismo de comunicación inteligente.

Atributos:

- Las empresas no se desarrollan linealmente, tienen cambios que pueden ser controlados en el corto plazo pero no previstos en el mediano plazo.
- La empresa es permeable a la información y marca los procedimientos y las conexiones funcionales. En un mundo abierto con información global, el problema de permeabilización de información es de suma importancia en las empresas conectadas.
- Las empresas tienen habilidad de llevar a cabo cambios mediante procesos evolutivos. La idea

de introducir el cambio como el resultado de procesos evolutivos no es nueva. El cambio debe considerarse como un factor de adaptación evolutiva, una entidad dentro de una estructura conectada a una red y la propia red, para que pueda responder al interior y al exterior.

- La información de las empresas es accesible a todos e involucra la modernización: administración de la información y administración de la comunicación.
- Existen investigaciones donde los directivos, gerentes y trabajadores de organizaciones o sistemas complejos son vistos como un fractal que operan individualmente para enfrentar demandas y cambios en el ambiente, y al mismo tiempo se dan procesos de integración que son puestos en marcha vis-a-vis entre empleados y gerentes. En estos procesos los gerentes son visualizados como líderes y elementos responsables de la sincronización de recursos y no como los propietarios de conocimientos específicos, en tanto que los trabajadores se contemplan como propietarios del conocimiento específico y son los que soportan la responsabilidad directa de ser los hacedores de la información de los hechos recientes, métodos, ideas, etc., la cual esta destinada a los empleados y directivos y a su vez preservan la información organizacional a través de toda la organización. Estas condiciones convierten al trabajador en fractal-conocimiento (Shoham y Hasgall, (2005).
- Todas las relaciones en una empresa (internas y externas) toman la forma de un juego co-operatorio (una unión premiada). La cohesión de auto-organización se da naturalmente sólo si los agentes ganan más dentro de la unión que cuando operan solos.

4.3 Sistema de gobierno. Un caso de México

Cosío (1974) en su ensayo *El estilo personal de gobernar* sobre el gobierno relativo al periodo del presidente Luis Echeverría, expone que fue un

gobernante que “gobierna personalmente”, en el cual hace evidentes algunas estructuras que pudieran considerarse fractales, desde luego sin proponérselo, ya que en su tiempo no se había expuesto la teoría de fractales, como las siguientes:

Incremento del poder que se detenta

La silla presidencial dota de tal cantidad de poder que el hombre se transforma en el opuesto diametralmente. Cosío considera que durante su carrera administrativa, y aun siendo secretario de Gobernación, se distinguió por una actitud reservada. En el desempeño del cargo sorprende su “extraordinaria locuacidad” [...] “se tiene la impresión de que para Echeverría hablar es una necesidad fisiológica cuya satisfacción [...] resulta inaplazable” [...] “está convencido de que dice cada vez cosas nuevas, en realidad verdaderas” y consecuentemente da lugar a que en los niveles de sus colaboradores y miembros de su partido político repliquen sus actitudes, formas generadas normalmente por un proceso de repetición, que se caracterizan por poseer similitud en toda escala jerárquica hacia abajo.

Probablemente la imitación de los subordinados para congraciarse con el presidente estimulaba su creencia de que estaba en lo correcto y era la guía del pueblo que lo llevó a asegurar que “aun cuando por disposición constitucional los poderes son tres, el gobierno es uno”, lo que es reforzado por uno de los altos dirigentes de su partido que confía en “la apasionada entrega de un hombre que, de acuerdo con el proceso histórico del país, cumple íntegramente con los ideales de la Revolución [Mexicana]”, un distinguido senador cavila hondamente sobre “¿hasta dónde llega la política interna y donde comienza la política exterior? Pienso que hay una complementariedad en toda acción política”.

El poder es mágico

En una de sus giras conoce a una niña de once años que lo escucha ofrecer una presa en beneficio del pueblo. Tres meses más tarde, la

niña se presenta en Palacio, sede del despacho oficial del presidente, a recordarle su ofrecimiento. Durante la conversación le pregunta a la niña qué le gustaría ser de grande, ella le contesta que actriz de teatro. En seguida llama a su secretario para que dé órdenes telefónicas al director del Instituto Nacional de Bellas Artes para que la inscriban y le otorguen una beca en la escuela de arte dramático. Durante una visita que le hace el director de la Comisión de Energía Nuclear expresa su esperanza de que alguna vez visite las instalaciones. “Suspendí algunas actividades para venir, desde luego”. En la Universidad de Querétaro, el rector le comenta unos planos para la reedificación de algunas instalaciones. Después de un vistazo le pregunta al rector: “¿Cuándo se inaugura si se comienza mañana mismo? Porque esto es lo importante, no comenzar, sino acabarlo.”

Estas “magias” en el sistema que contiene los subsistemas es probable que dé lugar a la autopoiesis en los subsistemas, vistos estos últimos como sistemas, lo que a su vez puede provocar que las estructuras fractales se vean modificadas drásticamente por las adaptaciones improvisadas en función de la readaptación necesaria para lograr subsistir, crecer, desarrollarse y tener éxito en medio de los cambios constantes del sistema mayor del que son parte los subsistemas. Tal vez los ritmos en que se da la autopoiesis por la frecuencia de los cambios no permita completar las modificaciones de las estructuras fractales y menos madurar en su desempeño, por lo cual los sistemas no alcanzan la eficacia y menos la eficiencia en las salidas del sistema, o sea, en sus resultados.

CONCLUSIONES

No obstante que la teoría de complejidad no está plenamente desarrollada, proporciona muchas implicaciones útiles en la administración de organizaciones. Una de ellas se refiere a la utilidad de las estructuras fractales para aumentar la flexibilidad y adaptabilidad de las empresas.

Dadas las propiedades y características de las estructuras fractales, las estrategias, políticas, filosofías y valores de la alta dirección fluyen más rápido y correctamente hacia los niveles tácticos y operativos de la administración de las empresas, así como los cambios planeados o repentinos que tengan necesariamente que ponerse en marcha. La interacción de los capitales intelectuales, individual, grupal, divisional y directivo será más fluida y su enriquecimiento proveniente de la retroalimentación será más intenso y rico en conocimiento organizacional.

De esta manera, el término “fábrica fractal” evolucionará a “empresa fractal” debido a las aplicaciones de conocimientos más coherentes y soportados por las teorías que están emergiendo del trabajo científico y los desarrollos tecnológicos enriquecidos por dichas teorías emergentes; es decir, se están apoyando concepciones, diseños e implantaciones de ciencia y tecnología sustentados en la racionalidad de la teoría de los fractales.

Se considera pertinente realizar mayor investigación sobre los niveles de auto-similaridad de las estructuras de las empresas, así como de los procesos autopoieticos al interior de las mismas en relación con el incremento de racionalidad y competitividad de las empresas.

REFERENCIAS

- Abele, T. & Bischoff, J. (2004). *Fraktal: adaptability in the age e-business and networking* www.its.fzk.de/e-society/preprints/contents.pdf
- Braun, E. (1996). *Caos, fractales y cosas raras*. México: Fondo de Cultura Económica (Colección La ciencia en México, 150).
- Campbell, D. (1983). *Order in chaos*. Amsterdam: North-Holland.
- Coveney, P. & Highfield, R. (1995). *Frontiers of chaos: the research for order in chaotic world*. In Katherine Miller (1998).
- Cosío Villegas, D. (1974). *El estilo personal de gobernar*. México: Cuadernos de Joaquín Mortiz.
- Dyck, R. G. (2006). Fractal planning for integral economic development. *Kybernetes*, 35(7/8): 1037-1047.
- Fairholm, M. R. (2004). A new science outline for leadership development. *Leadership & Organization Development Journal*, 25(3/4): 369-383.
- Goldstein, J. (1994). *The unshackled organization: Faced the challenge of unpredictability through spontaneous reorganization*. Portland: Productivity Press.
- Hall, N. (1991). *Exploring chaos: A guide to the new science of disorder*, New York: W. Norton.
- Holbrook, M. (2003). *Adventures in complexity: An essay on dynamic open complex adaptive systems, self organizing*, USA: University Columbia.
- Holland, J. (1994). *Complexity: Metaphors, Models and Reality*. Addison-Wesley.
- Jantsch, E. (1980). *The self-organizing universe: Scientific and human implications of the emerging paradigms of evolution*. Oxford: Pergamon.
- Kuehnle, H. (1995). *Guidelines for future manufacturing-necessity of a change of organizational structures in industry and ways to the “fractal company”*. Germany: Institute for Ergonomics, Manufacturing Systems.
- Luhmann, N. (1998). *Sistemas sociales*. Barcelona: Anthropos.
- Mandelbrot, B. (1977). *The fractal geometry of nature*. New York: W. H. Freeman.
- ----- & Hudson, R. (2004). *The (MIS) behavior of markets, a fractal view of risk, ruin, and reward*. New York: Basic Books.

- Mantegnar, R. N. & Stanley H. (2000). *An Introduction to Econophysics Correlations and Complexity in Finance*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Maturana, H. & Varela, F. (1980). *Autopoiesis and Cognition: the realization of the living*. Holland: D. Reidel Publishing.
- ----- (2006). *De máquinas y seres vivos: Autopoiesis: la organización de lo vivo*. Editorial Universitaria.
- Milicevic, M. (2001). *Computer music and the importance of fractals, chaos and complexity theory*. University of South Carolina.
- Miller, K. (1998). Nurses at the edge of chaos: the application of "new science" concepts to organizational systems. *Management Communications Quarterly*, 12 (1): 112-127.
- Morgan, G. (1991). *Imágenes de la organización*. México: Alfaomega.
- Panyella, I. R. (2004). *Aspectos caóticos i fractals en el comportament organizacional: Caos, organitzacions i management*, Tesis doctoral. España: Universidad de Barcelona, Facultad de Psicología.
- Resenos, E. (1976). Los organismos sociales y la administración. *Investigación Administrativa*, 21: 9-17.
- Resenos, E. (1990). El control administrativo como apoyo para lograr los fines del posgrado. *Investigación Administrativa*, 71: 10-18.
- Resenos, E. (1993). Hacia una teoría de control de gestión para organismos de investigación aplicada. *Acta Mexicana de Ciencia y Tecnología*, XI(41): 123-129.
- Rivera, C. y Resenos, E. (1996). Innovación tecnológica, los fines y las estrategias organizacionales. *Investigación Administrativa*, 79: 1-17.
- Resenos, E. (2004). *Seminario de investigación*. ESCA-S. T. Septiembre-octubre. México: IPN.
- Shoham, S. & Hasgall, A. (2005). Knowledge workers as fractal in complex adaptive organization. *Knowledge and Process Management*, 12(3): 225-236.
- Stacey, R. (1995). The science of complexity: An alternative perspective for strategic choice processes, strategic. *Management Journal*, 16(xx): 477-495.
- Stanley, H. (1999). Scaling universality, and renormalization: Three pillars of modern critical phenomena. *Rev. Mod. Phys.*, 71, S358-S366.
- Steiner, G. (1969). *Top management planning*. New York: McMillan.
- Takayasu, M. & Okazaki, T. (2001). *Fractal properties in economics*. Sony Computer Science Laboratories, 3-14-13 Tokyo, 141-0022, Japan.
- Tiplady, R. (2003). *Letting Go: Chaos Theory and the management of organizations* <http://www.tiplady.org.uk>.
- Torres, Z. (2003). *Fundamentos de administración*. Taller Abierto, 2a. ed. ESCA.
- Walsh, P., Koutsakas, P., Vontas, A. & Koumpis, A. (2003). Building enterprise-wide information supply chains based on the fractal concept. *Integrated Manufacturing Systems*, 14(5): 397-408.
- Wheatley, M. J. (1992/1999). *Leadership and the new science: Learning about organization from an orderly universe*. In Fairholm (2004). *Op. cit.* San Francisco, CA: Barrett-Koehler.
- Warnecke, H. J. (1993). *The fractal company*, Springer-Verlag.

Recibido: 10/05/2009
Aceptado: 02/12/2009