

# Caos y salud en el sector económico de la salud en Colombia.

## Chaos and health in the economic health sector in Colombia.

*Fernando Juárez*  
*Universidad del Rosario*

### ABSTRACT

They were applied chaos theory and a complex model of health to establish relationships between aggregate indicators of financial statements in companies of the health sector in Colombia. The increase-decrease of cash flow, profits and losses, and total assets of 75 companies, as reported by the Corporate Supervision, were analyzed. Natural logarithms and the equation of the Lorenz attractor were applied to these indicators, leading to a classification of the sector companies in two groups according to the new indicators obtained. By a nonlinear regression model, it was obtained a 96% of explained variance in one group, and an 80% for the other group, as opposed to a linear regression model, which explained a variance of 92% and 37% respectively. However, these changes make it difficult to interpret the new indicators.

**Key words:** Health, chaos theory, complexity; financial statements.

### RESUMEN

Se aplicó la teoría del caos y un modelo complejo de salud para establecer relaciones entre indicadores agregados de estados financieros entre compañías del sector de la salud en Colombia. Se analizaron el incremento-decremento del flujo de caja, las ganancias y pérdidas, y el activo total de los estados financieros de 75 empresas, reportados por la Superintendencia de Sociedades. Se aplicaron logaritmos naturales y las ecuaciones del atractor de Lorenz, a dichos indicadores, obteniendo una clasificación en de las compañías del sector en dos grupos, de acuerdo a los nuevos indicadores obtenidos. Mediante un modelo de regresión no lineal, se obtuvo una varianza explicada del 96% en uno de los grupos, y del 80% para el otro grupo, en contraposición a un modelo de regresión lineal, el cual explicó el 92% y el 37% de la varianza, respectivamente. No obstante, las transformaciones realizadas hacen difícil interpretar los nuevos indicadores.

**Palabras clave:** Salud, teoría del caos, complejidad, estados financieros.

---

Artículo recibido/Article received: Septiembre, 2010/September, 2010, Artículo aceptado/Article accepted: Noviembre 2010/November 2010

Dirección correspondencia/Mail Address:

Fernando Juarez. Universidad del Rosario. Calle 14, No. 4-80. Email: [fernando\\_juarez2@yahoo.com](mailto:fernando_juarez2@yahoo.com)

INTERNATIONAL JOURNAL OF PSYCHOLOGICAL RESEARCH esta incluida en PSERINFO, CENTRO DE INFORMACION PSICOLOGICA DE COLOMBIA, OPEN JOURNAL SYSTEM, BIBLIOTECA VIRTUAL DE PSICOLOGIA (ULAPSY-BIREME), DIALNET y GOOGLE SCHOLARS. Algunos de sus articulos aparecen en SOCIAL SCIENCE RESEARCH NETWORK y está en proceso de inclusion en diversas fuentes y bases de datos internacionales.

INTERNATIONAL JOURNAL OF PSYCHOLOGICAL RESEARCH is included in PSERINFO, CENTRO DE INFORMACIÓN PSICOLÓGICA DE COLOMBIA, OPEN JOURNAL SYSTEM, BIBLIOTECA VIRTUAL DE PSICOLOGIA (ULAPSY-BIREME), DIALNET and GOOGLE SCHOLARS. Some of its articles are in SOCIAL SCIENCE RESEARCH NETWORK, and it is in the process of inclusion in a variety of sources and international databases.

Cuando existe un gran número de empresas que tienen un tiempo de vida reducido, los sectores económicos alcanzan una gran volatilidad, resultando difícil realizar predicciones. Esto, genera la necesidad de ofrecer nuevos enfoques de análisis de dichos sectores, los cuales permitan recoger dicha volatilidad y realizar predicciones más fiables.

Al considerar la organización de acuerdo a una metáfora de los sistemas vivos, es posible utilizar modelos de salud. Algunos de estos modelos proporcionan la posibilidad de una existencia consistente de conceptos con cualidades opuestas, tal como los de salud y enfermedad (Almeida, 2000), en una gran diversidad de relaciones diferentes, coexistiendo diferentes indicadores y permitiendo la presencia simultánea de conceptos positivos y negativos (Juárez, 2010a, pp. 31-40), de manera que la ausencia de enfermedad no garantiza la salud (Nordenfelt, 2000).

Por otra parte, la salud puede definirse mediante indicadores globales resumiendo numerosos aspectos parciales del individuo (Keyes, 2002) en el nivel de persona (Nordenfelt, 1997). Este tipo de indicadores integran diferentes conceptos de salud (Ingram and Snyder, 2006; Mezzich, 2005; Täljedal, 2004), o dimensiones, y se convierten en complejos porque pueden ser opuestos entre sí, pero estar todos presentes al mismo tiempo, sin límites claros entre ellos. Así, un indicador de salud en un determinado dominio, puede pertenecer también a otro dominio de la salud donde coexista con otros diferentes indicadores, lo que aporta un carácter complejo a la dinámica de la salud.

Las teorías de la complejidad y, dentro de estas, los modelos de caos, permiten estudiar los fenómenos complejos y las relaciones extrañas que se establecen entre diferentes variables, proporcionando modelos matemáticos para analizar el comportamiento cambiante, de manera determinista. La teoría del caos ha sido aplicada a las organizaciones (Thiéart y Forgues, 1995) y se ha señalado que muchos indicadores financieros son de naturaleza caótica (Clyde y Osler, 1997). Además, la perspectiva de la complejidad permite un uso metafórico de la misma en áreas muy diferentes (Richardson, 2008), lo que facilita su utilización en contextos muy diversos.

En un estudio anterior, se observó que la utilización conjunta de un modelo de salud y de la teoría del caos, proporciona una buena capacidad de predicción de la relación entre diferentes indicadores en el sector de la extracción de petróleo crudo y gas natural (Juárez, 2010b). De acuerdo con esto, el propósito de esta investigación fue evaluar la utilidad de la teoría del caos y de un modelo de relaciones complejas de indicadores de salud para obtener predicciones fiables entre indicadores agregados de estados financieros.

## METODO

### Muestra.

Se analizaron los estados financieros de 75 compañías del sector salud en Colombia correspondientes al año 2008, según fueron reportados por la Superintendencia de Sociedades. Como criterio de filtro, dichos estados financieros debían estar completos, sin que faltara información relevante. No se diferenció por tipo de actividad dentro del sector, tamaño de la compañía u otra característica.

De los estados financieros se utilizaron los indicadores correspondientes al aumento-disminución del flujo de caja, a las ganancias y pérdidas y al activo total. Estos indicadores se consideraron como medidas del estado de salud financiero de las compañías dentro del sector de la salud.

### Procedimiento.

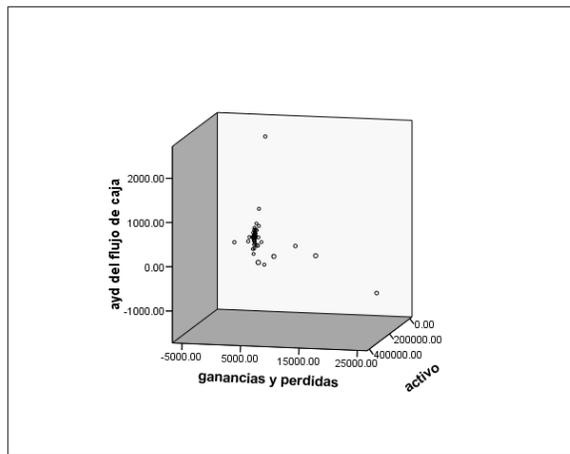
A los indicadores mencionados de aumento-disminución del flujo de caja, ganancias y pérdidas y activo total se les aplicaron transformaciones logarítmicas, las ecuaciones de Lorenz de la teoría del caos y modelos de regresión lineal y no lineal, para establecer cuál era la representación más apropiada así como el modelo que permitía una mejor predicción.

## RESULTADOS

En el sector de la salud el aumento-disminución de flujo de efectivo tiene un promedio de 10.704,01 millones de pesos ( $DE = 327.220,1$ ), con un mínimo de -1.000.379 y un máximo de 2.319.701. A su vez, las ganancias y pérdidas arrojan un promedio de 480.442,92 millones ( $DE = 2.632.957$ ), con un mínimo de -785.375 y un máximo de 22.653.344. El activo total ofrece un promedio de 4.763.443 millones ( $DE = 10.000.000$ ), con un mínimo de 72.634 y un máximo de 95.436.554.

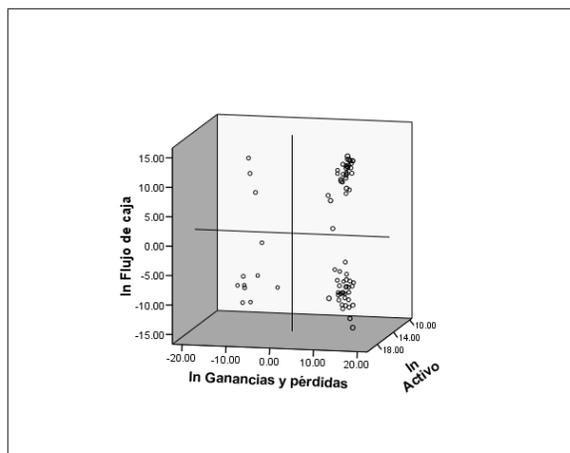
La Figura 1, muestra un diagrama de dispersión donde se indica la posición de cada compañía en un espacio tridimensional, establecido por los indicadores de aumento-disminución del flujo de caja, ganancias y pérdidas y activo total (los datos se han dividido por mil para obtener una mejor representación). Como se puede observar en la dicha figura, los datos permanecen agrupados en la zona centro-izquierda de la misma, lo que dificulta el análisis de dichos datos. Esta dificultad es debido, tanto a la ausencia de linealidad en la relación entre las variables como a que no se puede identificar con claridad un modelo apropiado, lineal o no lineal, explicativo de dicha relación.

Figura 1. Posición de las compañías del sector de la salud en Colombia, por aumento-disminución del flujo de caja, ganancias y pérdidas y activo total (se han dividido por mil los datos originales).



Para obtener una representación que favorezca la utilización de un modelo predictivo, se aplicaron transformaciones de logaritmos naturales al aumento-disminución del flujo de caja, ganancias y pérdidas y activo total. Esto permite obtener la forma de dispersión que se observa en la Figura 2.

Figura 2. Posición de las compañías del sector de la salud en Colombia, por log natural de aumento-disminución del flujo de caja, log natural de ganancias y pérdidas y log natural de activo total.



Dicha figura, muestra un agrupamiento en cuatro conjuntos, cada uno de ellos situado respectivamente en cada uno de los cuadrantes. Dichos conjuntos se han separado artificialmente por dos eje. La Figura 2 ofrece una representación en la cual las compañías tienen una distribución de mayor rango que en la figura anterior

Esta representación, está en concordancia con una agrupación similar, obtenida en un estudio anterior, para las compañías del sector de extracción de petróleo y gas natural en Colombia (ver Juárez, 2010b) y ya que esta dispersión, se aproxima a la explicada mediante las ecuaciones del atractor de Lorenz en la teoría del caos (Lorenz, 1963), al igual que en el estudio mencionado (Juárez, 2010b), intuitivamente se puede pensar en aplicar dichas ecuaciones para obtener una nueva dispersión de las compañías en el sector de la salud, la cual incremente los niveles predictivos de la relación entre dichas variables. Las ecuaciones son de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} dx/dt &= a(y - x) & (1) \\ dy/dt &= x(b-z) - y & (2) \\ dz/dt &= xy - cz & (3) \end{aligned}$$

Para ajustar los indicadores financieros a estas ecuaciones se hace:

$x = \ln(\text{ganancias y pérdidas})$ .  
 $y = \ln(\text{aumento-disminución del flujo de caja})$ .  
 $z = \ln(\text{activo total})$ .  
 $a = 10$ , el cual es el número de Prandtl.  
 $b = 0$ , el cual es el número de Rayleigh. Este número es variable  $y$ , en este caso, se establece a cero, lo que permite un buen resultado en los cálculos siguientes, estando además en concordancia con el estudio del sector de extracción de petróleo crudo y gas natural mencionado anteriormente (ver Juárez, 2010).

$c = 8/3$ , el cual es un valor estándar en estas ecuaciones.

Ajustando las coordenadas a estas ecuaciones obtenemos:

$$x = dx/dt = (10 * ((\ln(\text{aumento-disminución del flujo de caja})) - (\ln(\text{ganancias y pérdidas})))) \quad (4)$$

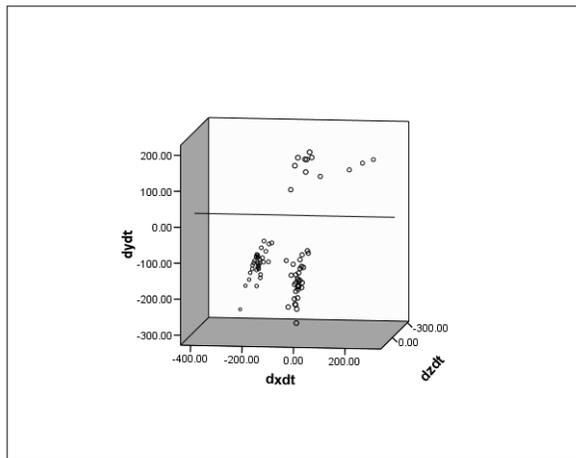
$$y = dy/dt = ((\ln(\text{ganancias y pérdidas})) * (0 - (\ln(\text{activo total}))) - (\ln(\text{aumento-disminución del flujo de caja}))) \quad (5)$$

$$z = dz/dt = ((\ln(\text{ganancias y pérdidas})) * (\ln(\text{aumento-disminución del flujo de caja}))) - (8/3)(\ln(\text{activo total})) \quad (6)$$

Calculando estas ecuaciones y representando gráficamente las nuevas variables, obtenemos la dispersión que se muestra en la Figura 3.

En esta nueva figura, se han separado artificialmente las compañías en dos grupos, aquellas que están por encima del eje correspondiente a  $dy/dt = 0$  y aquellas que están por debajo. Esto se ha hecho para facilitar las posibilidades de análisis.

Figura 3. Posición de las compañías del sector de la salud en Colombia, por  $dy/dt$ ,  $dx/dt$  y  $dz/dt$  (ver explicación en el texto).



Si consideramos  $dy/dt$  como la variable dependiente y  $dx/dt$  y  $dz/dt$  como las variables independientes y realizamos análisis separados para cada grupo de compañías, es decir para las que están por encima o por debajo del eje mencionado, observamos que una regresión lineal de la zona superior del eje arroja una varianza explicada del 92% y un buen coeficiente de significación de la regresión ( $F = 53,202$ ,  $p = .000$ ). Este mismo análisis realizado para la zona inferior del gráfico ofrece una varianza explicada de solo el 37% ( $F = 17,269$ ,  $p = .000$ ).

Sin embargo, un modelo que incluya un componente cuadrático y otro cúbico, ofrece una varianza explicada del 96% para la zona superior de la gráfica y una varianza explicada del 80% para la zona inferior. En estos modelos, el análisis de varianza de la regresión se utiliza para obtener la varianza explicada, lo que da también una idea de la bondad del modelo.

Debido a que la regresión no lineal ofrece mejores resultados, se optó por una solución con un componente cuadrático y otro cúbico. La fórmula general es:

$$dy/dt = a + b1 * dxdt + b2 * dxdt^2 + b3 * dxdt^3 + b21 * dzdt + b22 * dzdt^2 + b23 * dzdt^3 \quad (7)$$

Para la zona superior de la figura, la fórmula, incluyendo los coeficientes obtenidos y eliminando los términos cuyos coeficientes son cero, es:

$$dy/dt = 82,819 + 0,628 * dxdt + 0,002 * dxdt^2 + 1,988 * dzdt - 0,023 * dzdt^2 \quad (8)$$

Esta fórmula es similar a la regresión lineal, pero incluyendo términos cuadráticos, lo cual es coherente con los resultados obtenidos aplicando la regresión lineal a esta zona de la distribución.

La fórmula correspondiente para la zona inferior es:

$$dy/dt = -80,807 + 1,116 * dxdt + 0,005 * dxdt^2 + (1,32/105) * dxdt^3 - 0,779 * dzdt - 0,002 * dzdt^2 + (1,93/106) * dzdt^3 \quad (7)$$

En esta ecuación, se han incluido términos cuadráticos y cúbicos, los cuales incrementan notablemente la capacidad predictiva del modelo.

## DISCUSION

En este análisis de las características del sector de la salud en Colombia, se ha utilizado un modelo de salud basado en la combinación de los indicadores financieros de aumento-disminución de efectivo, ganancias y pérdidas y activo total. Estos indicadores se han transformado y combinado de manera que arrojaron tres nuevos indicadores, los cuales incluyen a los tres anteriores. Debido a que estos nuevos indicadores, son una combinación de los anteriores, los límites entre los mismos adoptan una forma difusa, es decir el aumento-disminución de flujo de caja pertenece tanto al indicador denominado  $dydt$ , como al  $dxdt$ , como al  $dzdt$ . De esta manera, las alteraciones en dicho indicador afectan simultáneamente a los tres nuevos, no solo por el hecho de que pueda existir una correlación entre ellos, sino porque dicho indicador forma parte de los tres, al mismo tiempo. La pertenencia simultánea de indicadores o entidades a diferentes conjuntos y su explicación mediante lógica difusa, han sido introducidos por diferentes autores en la predicción financiera (Mohammadian y Kingham, 2004; Sheng-Tun y Hei-Fong, 2009).

Dicha salud financiera, específicamente en el sector de la salud en Colombia, adopta también una relación no lineal y compleja, ya que la utilización de las ecuaciones de Lorenz, de la teoría del caos, permiten la utilización de modelos que favorecen una mayor varianza explicada por los mismos. Además, en este análisis, ha sido necesario utilizar modelos de regresión con términos cuadráticos y cúbicos, lo que contribuye a la no linealidad de los modelos utilizados.

La teoría del caos hace tiempo que ha sido introducida en el análisis de los mercados financieros (see Bullard y Butler, 1993; Chorafas, 1994). Sin embargo, en la aplicación de la misma, aquí realizada, se ha seguido una propuesta intuitiva, al utilizar las ecuaciones de Lorenz para producir una reordenación de los datos, los cuales en una aplicación estricta, serían aquellos mismos que dicha

ecuaciones habrían generado; es decir, se ha aplicado un sistema de ecuaciones a los datos que ese mismo sistema de ecuaciones habría generado.

Por otra parte, la utilización de dichas ecuaciones, también se ha apoyado en la efectividad de la utilización de las mismas en el estudio realizado sobre el sector de la extracción de petróleo crudo y gas natural (Juárez 2010). Aunque esto se ha hecho así para homogeneizar los análisis, en el sector de la salud la representación gráfica del mismo no adopta una representación tan sugerente, en relación con el modelo de atractor de Lorenz. No obstante, esta aplicación intuitiva y soportada en el estudio previo, resulta también efectiva en la explicación de los resultados en el sector de la salud. Esto ha hecho necesario introducir modelos de regresión no lineales, los cuales difieren del estudio anterior en la ausencia de linealidad en la regresión.

La utilización de transformaciones y diferentes ecuaciones para llevar los datos hacia una representación de más fácil análisis, dificulta la interpretación de los resultados. De esta manera, mientras que a independencia de las variables, la relación lineal y el mantenimiento de los datos en su forma pura, permite interpretaciones más sencillas, las transformaciones y fórmulas utilizadas en este estudio hacen que dicha interpretación deba tener en cuenta el efecto conjunto de todas las variables y no solo de una de ellas. Cada nuevo indicador es una mezcla de indicadores que están también presentes en otros indicadores, no existiendo límites claros entre ellos. Esto resulta más difícil de interpretar.

En esta investigación, la utilización de modelos de salud complejos y de la teoría del caos mediante el atractor de Lorenz ha sido efectiva en la predicción de indicadores financieros y en la posición de cada compañía dentro del sector de la salud en Colombia. Sin embargo, es necesario profundizar más en las implicaciones que tiene la utilización de estos modelos.

## REFERENCIAS

- Almeida, N. (2000). O conceito de saúde: ponto-cego da epidemiologia? *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 3, 4-20.
- Bullard, J., & Butler, A. (1993). Nonlinearity and Chaos in Economic Models: Implications for Policy Decisions. *The Economic Journal*, 103, 849-67.
- Chorafas, D.N. (1994). *Chaos Theory in the Financial Markets*. Chicago, USA: Probus Publishing Company.
- Clyde, W.C., & Osler, C.L. (1997). Charting: Chaos Theory in Disguise? *The Journal of Futures Markets*, 17, 489-514.
- Ingram, R.E., & Snyder, C.E. (2006). *Blending the Good With the Bad: Integrating Positive Psychology and*

- Cognitive Psychotherapy. Journal of Cognitive Psychotherapy: An International Quarter*, 20, 117-22.
- Juárez, F. (2010a). *Salud y calidad de vida: Marcos teóricos y modelos*. Madrid, España: Dykinson.
- Juárez, F. (2010b). Applying the theory of chaos and complex model of health to establish relations among financial indicators. Ponencia presentada a World Conference on Information Technology, Istanbul, Turkey, 6-10 de Octubre.
- Keyes, C.L.M. (2002). The mental health continuum: From languishing to flourishing in life. *Journal of Health and Social Behavior*, 43, 207-22.
- Lorenz, E.N. (1963). Deterministic Nonperiodic Flow. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 20, 130-41.
- Mezzich, J.E. (2005). Positive Health: Conceptual Place, Dimensions and Implications. *Psychopathology*, 38, 177-179.
- Mohammadian, M., & Kingha, M. (2004). An adaptive hierarchical fuzzy logic system for modelling of financial systems. *Intelligent Systems in Accounting, Finance & Management*, 12, 61-82.
- Nordenfelt, L. (1997). On holism and conceptual structures. *Scandinavian Journal of Public Health*, 25, 247-48.
- Nordenfelt, L. (2000). On the Place of Fuzzy Health in Medical Theory. *Journal of Medicine and Philosophy*, 25, 639-49.
- Richardson, K.A. (2008). *Managing Complex Organizations: Complexity Thinking and the Science and Art of Management*. E:CO Issue, 10, 13-26.
- Sheng-Tun, L., & Hei-Fong, H. (2009). Predicting financial activity with evolutionary fuzzy case-based reasoning. *Expert Systems with Applications*, 36, 411-22.
- Täljedal, I-B. (2004). Strong Holism, weak holism, and health. *Medicine, Health Care, and Philosophy*, 7, 143-48.
- Thiéart, R.A. & Forgues, B. (1995). Chaos Theory and Organization. *Organization Science*, 6, 19-31.