

FRACTALES EN EL ESTUDIO DE LA PSICOLOGÍA

Doctor © Ariel Osvaldo Quezada Len

Profesor Adjunto, Facultad de Psicología, Universidad Adolfo Ibáñez

ariel.quezada@uai.cl

<http://www.uai.cl/profesores/pag/805.html>

FRACTALES EN EL ESTUDIO DE LA PSICOLOGÍA

Resumen

Durante mucho tiempo, matemáticos disfrutaban con figuras y formas anómalas, de las cuales no había una explicación o caracterización posible. Desde la segunda mitad del siglo XX con la llegada de los computadores ha sido posible mejorar las capacidades de cálculo y así caracterizar mejor las otrora figuras anómalas. Es más, posteriormente se ha visto que estas formas son más frecuentes de lo que en un comienzo se había sospechado, siendo más bien algo que con normalidad se encuentra en la naturaleza.

En psicología, incipientemente, se está pudiendo constatar la utilidad teórica y metodológica de estas formas para la descripción del comportamiento y los procesos mentales. Se ha podido ver que la incorporación de estas figuras a la literatura psicológica ha permitido mostrar regularidades que anteriormente no se había podido dar cuenta.

El propósito de este artículo es mostrar la utilidad que los fractales están teniendo de manera progresiva en la ciencia psicológica y cuáles podrían ser las aplicaciones que a futuro se les de para el desarrollo del estudio del comportamiento humano.

Palabras claves: Fractales, Dimensión Fractal, Sistemas Complejos, Comportamiento, Psicología

FRACTALS IN PSYCHOLOGY RESEARCH

Abstract

During a long time, mathematicians enjoyed figures and anomalous forms, of which there was not an explanation or characterization. From second half of century XX with the arrival of the computers it has been possible to improve the calculation capacities and thus to characterize better once the anomalous figures. It is more, later has been seen that these forms are more frequent which in a beginning had been suspected, being rather something that with normality is in the nature. In psychology, progressively, it is being possible to state the theoretical and methodological utility of these forms for the mental description of the behaviour and processes. It has been possible to see that the incorporation of these figures to psychological Literature has allowed showing regularities that had previously not been able to give account. The intention of this article is to show the utility that the fractals are having of progressive way in psychological science and which could be the applications that to future them of for the development of the study of the human behaviour.

Keywords: Fractal, Fractal Dimension, Complex Systems, Behaviour, Psychology

Inicio

En la investigación científica, la búsqueda de regularidades en los fenómenos estudiados es una de las metas principales para poder llegar a explicar, predecir y controlar la naturaleza. De esta forma, surgen las ideas científicas que están destinadas a la descripción (entender qué es), la explicación (por qué es así) y a la predicción (cómo puede comportarse), para que posteriormente la acción se realice en base a las dichas ideas científicas (Bunge, 2000). No obstante, a esta visión tradicional y positivista de la ciencia, han surgido voces que han puesto en duda esta visión de la ciencia, representada principalmente por el Círculo de Viena entre 1922 y 1936. Entre ellas está la del filósofo inglés Karl Popper, miembro fundador del mismo Círculo de Viena, que posteriormente formuló las más ácidas críticas a esta perspectiva. Desde su mirada, una visión determinista de la ciencia está equivocado, pues implicaría, por ejemplo, que un físico podría escribir las composiciones de Mozart su conociera el estado físico en cierto momento, posteriormente, prediciendo lo que é escribiría en un pentagrama. Otra estocada a esta mirada positivista de la ciencia la da Thom, dado que predecir en absoluto es explicar y, desde su perspectiva, el papel principal de la ciencia es explicar, dado que progresivamente en la ciencia se ha visto que los sistemas en la naturaleza constan de varios elementos que interactúan de manera no lineal y, de esta manera, su comportamiento sería intrínsecamente impredecible (Miramontes, 1998). Estos sistemas serían los llamados sistemas complejos, con una fuerte presencia en la naturaleza. No se trata de echar por la borda a la ciencia y a la pretensión de describir, explicar y predecir, sino que, al menos, se visualicen las limitaciones que se tiene para llegar a una predicción, especialmente cuando se trata de sistemas complejos.

Murray Guell-Mann (2004) realiza una útil diferenciación entre aquello que se entiende como simple y aquello que se entiende por complejo. Para esto, lo complejo lo distingue de aquello que es aleatorio aplicando aspectos de la teoría de la información. La máxima complejidad efectiva se encontraría a mitad de camino de un sistema perfectamente ordenado y un sistema con un comportamiento completamente aleatorio. Si se tratara de describir el comportamiento de un sistema completamente ordenado en el que se emite una señal del tipo "uno, uno, uno, uno...", su contenido de información sería muy bajo pues basta para describirlo indicando la cantidad de "unos" de la serie. En el caso contrario, un sistema que emite una señal completamente aleatoria que no presenta regularidades, tendría una descripción tan larga como la longitud de la serie, sin aportar tampoco mucha información. Así, la máxima complejidad de un sistema se encontraría en un punto equidistante de, en un extremo, un sistema completamente ordenado y, en el otro, un sistema completamente aleatorio. De manera extremadamente simple, podríamos decir que la complejidad de un sistema se mediría por los esfuerzos que se realizan para describir las regularidades de su comportamiento (si es que las presenta).

La psicología, tal como toda disciplina científica, también pretende describir, explicar y predecir el comportamiento humano y los procesos mentales a través de la ciencia. La American Psychological Association (2006), el organismo de mayor autoridad mundial en quehacer psicológico, define a la psicología como el estudio de la mente y la conducta. Esta disciplina aborda todos los aspectos de la experiencia humana –desde las funciones cerebrales hasta las acciones de las naciones, y desde el desarrollo infantil hasta el cuidado del adulto mayor. En cada escenario concebible, desde los centros científicos de investigación hasta los servicios de cuidado en salud mental, el entendimiento del comportamiento es, por definición, la empresa propia de los psicólogos. Como se puede ver en la definición de la American Psychological Association, el campo de la psicología es muy amplio y abarca la gran gama de comportamientos de la persona a nivel individual, grupal y colectivo. Sin embargo este campo de estudio se ve enfrentado a la dificultad de, por un lado, abordar a uno de los objetos de investigación más complejos, como lo es el comportamiento humano y, por otro lado, que quien investiga es, al mismo tiempo, objeto de este estudio.

En la incesante búsqueda de la descripción, explicación y predicción del comportamiento y los procesos mentales, se echa mano a diferentes modelos teóricos y metodológicos que faciliten en esta empresa. Es así como la psicología ha abrazado durante su historia diferentes modelos ligados a diferentes tradiciones filosóficas o científicas (derivadas de la biología y física, fundamentalmente). No obstante, desde mediados del siglo XX en adelante, en distintas áreas del conocimiento científico se comenzó a dar cuenta de la presencia de sistemas complejos lo que, sumado a los avances en las herramientas de cálculo, ha logrado paulatinamente una fuerte complementariedad con una gran cantidad de ciencias de la naturaleza y sociales. Es así como surge la geometría fractal como una geometría que describe formas y comportamientos de los sistemas complejos, pudiendo caracterizar las regularidades de la conducta humana, dando cuenta de sus pautas características. A continuación se abordará sucintamente la definición, el surgimiento, desarrollo de la geometría fractal para posteriormente ver su utilidad y aplicabilidad en la ciencia psicológica.

Fractales

Si se intentara describir a la naturaleza y a su comportamiento, se tropezaría con grandes dificultades que se hicieron patentemente fuertes desde la segunda mitad del siglo XIX hasta culminar con la llegada de la geometría fractal. Así lo refleja una frase clásica del fundador de esta geometría, Benoît Mandelbrot, quien afirma que "ni las nubes son esféricas, ni las montañas son cónicas, ni las costas circulares, ni la corteza es suave, ni tampoco el rayo es rectilíneo" (Mandelbrot, 1982/1997, p. 15). Efectivamente, pareciera que la naturaleza en su condición real es muy distinta a la que existe para un observador que opere con la geometría de Euclides.



Figura 6. Fotografía de Benoît B. Mandelbrot, profesor emérito de Yale University y del IBM T. J. Watson Research Center, creador de la Geometría Fractal.

Fuente. Mathematic Department, Yale University
<<http://www.math.yale.edu/~bbm3/photos.html>>

Esta geometría nació alrededor de los años 70 en el siglo pasado, indicando que los objetos en la naturaleza se encontrarían en dimensiones no enteras, es decir, en dimensiones fraccionarias. Fractal correspondería a una forma sumamente irregular, interrumpida o fragmentada, que sigue manteniendo esa irregularidad característica en cualquier escala de análisis que se observe (Quezada, 2005). Por lo tanto fractal se refiere a formas de objetos naturales, o al comportamiento de sistemas naturales (fractales naturales o físicos) o a formas artificiales creadas por ordenador (fractales matemáticos), que poseen la característica de autoafinidad (en el caso de fractales naturales, puesto que son "estadísticamente" o aproximadamente fractales) o autosemejanza (en el caso de fractales matemáticos). Ejemplo de fractales se puede observar gráficamente en las figuras 1, 2, 3, 4 y 5.



Figura 1. Fractalidad de la forma de una planta. Se puede observar la afinidad natural de la forma que presenta cada hoja en relación a la totalidad de la planta.



Figura 2. Autoafinidad de la arquitectura costera. Tradicionalmente las rocas son las principales estructuras naturales con las cuales se puede disipar el oleaje del mar. Aurbrey Kruger en 1966, imitando la naturaleza, diseñó bloques de concreto llamados "Dolos" que reproducen la organización y funcionalidad de un roquerío.



Figura 4. Aquí se observa la creación de un fractal matemático a partir de un patrón inicial del Conjunto de Julia. Tras distintas iteraciones se ha llegado a una forma que es autosimilar en cualquier escala de análisis que se aplique.



Figura 5. Se puede aplicar un fractal matemático generado iterando un patrón básico llamado Triángulo de Sierpinski. Al igual que todos los fractales matemáticos, esta figura presenta también autosimilitud, es decir, cada pequeña porción es una replica de la totalidad.

Aquí radica la importancia de la geometría fractal para la descripción en ciencias, dado que describe las formas o los patrones conductuales que se mantienen en distintas escalas de análisis, sean estas gráficas o temporales. En efecto, una figura fractal mantendrá su patrón organizador y la dimensión fractal propia de su forma corresponderá a una característica invariable de sí. De una u otra manera, la geometría fractal acoge toda regularidad de la irregularidad característica de una forma.

Es así como los fractales son usados en distintas disciplinas científicas para caracterizar formas y comportamientos de sistemas. Por ejemplo, en biología se ha podido describir los cambios ontogenéticos en el árbol bronquial de mamíferos (Canals, Olivares, Labra, Caputo, Rivera & Novoa, 1998; Canals, Olivares, Labra & Novoa, 2000), variabilidad del ritmo cardiaco (García, 1998), ciclos respiratorios (Hoop, Kazemi & Leibovitch, 1993) y sistemas vasculares (Masters, 2004). En física fenómenos como las turbulencias, la geometría de las nubes y de las costas (Mandelbrot, 2003), las fracturas de los vidrios (Hinojosa & Chávez, 2001), la electrodeposición del zinc (Mas, Mach, Trigueros, Claret & Sagués, 1996), las fluctuaciones en la intensidad de la radiación de un quasar, la distribución de la materia en la galaxia, los relámpagos (Solé & Marubia, 2001) y una interminable lista de formas y fenómenos naturales. En ciencias sociales hay una larga tradición en economía, desde el mismo Mandelbrot en relación a los precios del algodón (1982/1997, 1997), Edgar Peters junto a un grupo de físicos desde 1990 al crear la Econofísica para observar comportamientos económicos mediante modelos físicos, entre ellos, fractales (Mantenga, Palágyi & Stanley, 1999; Mansilla, 2003), aplicaciones fractales a series temporales económicas (Holyst & Zebrowska, 2000; Kumagai, 2002; Peters, 1989, 1992,) o, incluso, en patrones de desarrollo urbanístico en cuanto al crecimiento de los tendidos de Metro (Solé & Marubia, 2001; Kim, Benguigui & Marinov, 2003) y del trazado de las calles (Rodin & Rodino, 2000).

A continuación se presentarán las áreas en las cuales la psicología ha ido paulatinamente incorporando a la geometría fractal para el estudio del comportamiento humano.

Psicología y sus áreas de estudio y aplicación

Al igual como lo define la American Psychological Association, los diferentes manuales de Psicología definen a esta disciplina como el estudio científico de la conducta y los procesos mentales (Coon, 2005; Lahey, 1999; Smith, Nolen-Hoeksema, Fredrickson & Loftus, 2003). En este sentido, se trata de una ciencia pues se intenta comprender a las personas mediante observaciones rigurosas y controladas, estudiando, por un lado, sus conductas, entendidas como todas las conductas manifiestas de un individuo, que se pueden observar directamente y, por otro, a sus procesos mentales, que comprenden los pensamientos privados, las emociones, los sentimientos y los motivos que los demás no pueden observar directamente (Coon, 2005).

En la psicología moderna existen áreas de especialización, tradicionalmente ligadas a la división entre áreas básicas y áreas aplicadas de la psicología (Lahey, 1999). El área básica de la psicología está abocada al estudio científico de los procesos psicológicos tales como la emoción, el pensamiento, el aprendizaje, la identidad y los prejuicios. Por su parte, el área aplicada de la psicología utilizan los conocimientos derivados de la investigación de las áreas básicas, realizando investigaciones aplicadas e intervenciones para solucionar y prevenir problemas tales como, por ejemplo, desórdenes emocionales, relaciones disfuncionales en la familia o pareja, rendimiento y convivencia escolar o calidad de vida laboral.

Si bien la psicología desde 1991 cuenta con una sociedad científica, Society for Chaos Theory in Psychology and Life Sciences, y desde 1997 con una revista especializada, *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, que acogen a todas las disciplinas que han vinculado el estudio del comportamiento con modelos y teorías vinculados a Sistemas Complejos (Guastello, 2000), los antecedentes del acercamiento de la psicología a esta línea de pensamiento se remontan al connotado psicólogo suizo, Jean Piaget (1896-1980), quien en sus últimas obras referidas al estudio del pensamiento, comenzó a dar claros acercamientos del estudio del conocimiento con los sistemas complejos. Una muestra evidente se puede encontrar en *L'équilibration des structures cognitives: Problème central du développement* (Piaget, 1990/1975), en una conferencia recogida en *Epistémologie des sciences de l'homme* (Piaget, 1981/1972), con la participación del mismo Mandelbrot, con quien había trabajado durante años, en *Epistemología genética y equilibración: homenaje a Jean Piaget* (Piaget, 1981/1978), conferencia en que abiertamente se habla de estudiar la Equilibración de las Estructuras Cognoscitivas tal como si estas fueran sistemas complejos, y en "Relations between psychology and other sciences" (Piaget, 1979), artículo en el que relaciona la psicología con disciplinas como la biología, disciplinas lógico matemáticas, ciencias humanas (sociales), cibernética y física, reconociendo un notable aporte desde las matemáticas por parte de l'Ecole Bourbaki y de la joven (para ese entonces) disciplina de la cibernética en cuanto a mecanismos regulatrios biológicos y psicológicos. Es por esta razón que Jean Piaget fue uno de los más importantes psicólogos del Siglo XX. Fue un investigador adelantado a su época al integrar en su obra y relacionar sus estudios con los avances más vanguardistas de todas las disciplinas científicas, entre ellas las innovadoras teorías y modelos derivados de sistemas complejos y fractales.



Figura 7. Fotografía de Jean Piaget (1896-1980), uno de los psicólogos más importantes del Siglo XX y uno de los primeros en vincular el estudio del comportamiento con los sistemas complejos y la geometría fractal.

Fuente: Université de Genève, Les archives Jean Piaget

A continuación se presentarán algunos de los aportes que paulatinamente se están teniendo en la psicología, tanto en su área básica como aplicada, y su vinculación con modelos teóricos ligados a sistemas complejos y, en particular, a la geometría fractal.

Área Básica de la Psicología y Fractales

Esta área, que aglutina a cerca de una cuarta parte de los psicólogos, se desarrolla principalmente en universidades e institutos de investigación, en donde se imparte enseñanza y se desarrollan estudios científicos sobre el comportamiento y los procesos mentales (Lahey, 1999).

En cuanto al estudio del comportamiento, uno de los primeros trabajos reportados es el de Stuart Watt, de Open University, quien en 1993 analiza y luego plantea desafíos a la inteligencia artificial para la reproducción de comportamientos basándose en la geometría fractal, que permitiría captar patrones comunes (autoafines) en conductas. Basado en el análisis del problema de "Las Torres de Hanoi" concluye que es posible, con algunos límites, inferir mediante fractales un procedimiento para analizar y posteriormente reproducir patrones conductuales.

En relación al comportamiento eléctrico del cerebro se ha descrito que la teoría del caos podría ser una buena base para la comprensión de fenómenos cerebrales. Mediante registros electroencefálicos se ha podido detectar dimensiones fractales diferenciales en distintos estados de vigilia o en presencia de patologías (Andreu, Echave & Buela-Casal, 1998). En el reconocimiento de objetos, los pequeños movimientos oculares cumplen un rol primordial, los que se ven afectados en pacientes dementes con daño en el lóbulo frontal. Para describir estas alteraciones en pacientes con Trastorno Alzheimer se analizaron estos pequeños movimientos oculares con geometría fractal (Hayashi, Fuji, Murakami, Nakano, Utsumi et al, sf). Por último, se han encontrado importantes características distintivas en las imágenes de resonancia magnética en trastornos esquizofrénicos y obsesivo compulsivos presentando una dimensionalidad menor a la observada en controles sanos (Kwon, Yoon, Lee, Ha & Kim, 2003).

Hay interesantes experiencias en el reconocimiento de emociones a través de la expresión del rostro, que presentaría patrones fractales, los cuales son característicos según se tenga determinada emoción (Takehara, Ochiai & Suzuki, 2002). Asimismo Combs y Winkler (1994) han descrito que los ritmos de estados emocionales, describen comportamientos similares a los sistemas caóticos al analizarlos reconstruyendo sus atractores, los que presentan órbitas con dimensión no entera.

En cuanto a patrones gráficos, hay experiencias en relación al análisis fractal del Trail-Making Test calculando la dimensión fractal de los trazados que los participantes realizaron al ejecutar su parte A y B (Vickers, Vincent & Medvedev, 1996). Sin embargo, hay resultados experimentales de la presencia de patrones fractales en procesos inferenciales al resolver problemas. Al aplicar el juego Battle Ship, y recoger las coordenadas de "disparos" de los participantes y analizarlas mediante Box Counting Dimension, se pudieron encontrar interesantes relaciones entre la dimensionalidad de los trazados, la longitud de los trazados y la cantidad de "disparos" realizados, descubriendo patrones altamente estables a nivel individual y particularmente característicos de cada sujeto, muy distinto de cualquier otro participante -tal como si fuera una "huella dactilar" en relación a su geometría mental- (Labra, 1995; Labra, Canals & Santibáñez, 1997; Labra, Quezada, Cañete, Basaure & Mora, 2000; Quezada, 1998, 2005a, 2005b).

Desde la Psicología Social se han realizado acercamientos comprensivos en relación a fenómenos de la psicología de la personalidad y psicología social. En cuanto a la Personalidad, se ha podido abordar comprensivamente como sistemas dinámicos, de los cuales emergen patrones característicos (Vallacher, Read & Nowak, 2002). Desde la psicología social ha habido también acercamientos comprensivos de los fenómenos sociales a las teorías de complejidad (Ibáñez, 1989, Munné, 1995). Una exhaustiva revisión de esta relación entre la psicología social y la teoría de los sistemas dinámicos se encuentra en los trabajos 8 -12

de Vallacher y Nowak (1997). Asimismo, hay también revisiones teóricas que analizan la evolución de la psicología social y cuáles serían sus proyecciones a futuro, las cuales están ligadas a la comprensión de sus fenómenos de estudio como si estos fueran sistemas adaptativos complejos (McGrath, Arrow & Berdahl, 2000). Experiencias empíricas analizando comportamientos colectivos se puede encontrar en el análisis de la volatilidad de la identidad ideológica (left-right scale) en España. El estudio demostró que existen sólidos patrones fractales que permiten identificar claros ciclos en el comportamiento ideológico de España desde 1983 hasta 2006 (Quezada, 2006).

A continuación se revisarán las experiencias de la utilización de los fractales en las aplicaciones de la Psicología.

Área Aplicada de la Psicología y Fractales

Esta área acoge a las tres cuartas partes del universo de psicólogos, que utilizan los conocimientos derivados de la investigación básica en psicología (Lahey, 1999).

Como es natural en todas las disciplinas, las aplicaciones deben esperar a que los desarrollos en áreas básicas encuentren argumentos sólidos que permitan diagnosticar e intervenir utilizando los nuevos descubrimientos. Por lo tanto, es esperable que las aplicaciones en esta área se den en menor cantidad que en el área básica de la psicología.

Desde la psicología clínica se han realizado reflexiones sobre los potenciales beneficios del uso de las figuras fractales en relación con una particular tipo de terapia, Arte Terapia. Joye (2006) argumenta que las formas y paisajes naturales tienen una positiva influencia en los estados emocionales humanos y que las figuras fractales, que captan patrones de la naturaleza, podrían inducir respuestas similares.

Existe un mayor volumen de trabajos que vinculan a los sistemas complejos y fractales con el comportamiento organizacional. Hay un equipo de investigación dedicado al análisis de las organizaciones a través de los sistemas complejos en London School of Economics, dirigidos por la Doctora Eve Mitleton-Kelly, quien ha abordado la comprensión y manejo de los fenómenos organizacionales desde la perspectiva de los sistemas complejos, que mostrarían patrones de comportamientos con características fractales (Mitleton-Kelly, 2003; Garcia-Lorenzo, Mitleton-Kelly & Galliers, 2003). Asimismo, desde la Universitat de Barcelona, el Doctor José Navarro (2001, 2003), bajo la dirección de los doctores Santiago Díaz de Quijano y Frederic Munné, ha desarrollado una interesante línea de investigación en torno la consideración de las organizaciones como sistemas abiertos y alejados del equilibrio, con particular atención a la presencia de no linealidad y casticidad en la motivación laboral. En esta misma línea, Manuel Carneiro (2005) muestra una rica revisión sobre la comprensión de las organizaciones como entidades caóticas.

Conclusiones

Los fractales, además de su belleza y su importante presencia en la naturaleza, han permitido desarrollar una mirada comprensiva y descriptiva de las regularidades en la naturaleza física y social.

En efecto, la psicología progresivamente se ha empapado de las potencialidades que se han podido desarrollar en la comprensión de comportamientos y procesos mentales desde una mirada de su morfismo, situación que no era posible sin la llegada de este tipo de geometría.

Las áreas básicas de la psicología han sido la "punta de lanza" del empleo de la geometría fractal y de las teorías de sistemas complejos para describir y comprender comportamientos. No obstante aún está lejos de haber explotado todas las oportunidades que esta geometría promete para las distintas disciplinas científicas.

Las áreas aplicadas de la psicología de manera lenta pero progresiva han estado incorporando a los sistemas complejos y su particular geometría a la comprensión de fenómenos clínicos y organizacionales, a los cuales prontamente se podrán utilizar para diagnosticar y potenciar a las personas, y resolver y prevenir problemas humanos. Esta aventura aún ha comenzado y aún hay mucho terreno por explorar.

Bibliografía

Canals, M, R, Olivares, F Labra, L Caputo, A Rivera & Ff Novoa (1998) Caracterización de la geometría fractal del árbol bronquial en mamíferos. *Revista Chilena de Anatomía* 16: 237-244.

Canals, M., Olivares, R., Labra, F. et al. Ontogenetic changes in the fractal geometry of the bronchial tree in *Rattus norvegicus*. . *Biological Research* [online]. 2000, vol.33, no.1 [citado 11 Septiembre 2006], p.31-35. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-97602000000100010&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0716-9760.

Carneiro, M. (2005). De hormigas y personas. Management para la complejidad y el caos organizativo. Esic Editorial: Madrid.

Combs, A. & Winkler, M. (1994) A chaotic systems analysis of rhythms in feeling status. *Psychological Record*. 44 (3), 359

Coon, D. (2005): Psicología. International Thomson Editores, S. A. de C. V.: México.

García, M. A. (1998). Estudio de la variabilidad del ritmo cardíaco mediante técnicas estadísticas, espectrales y no lineales. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

Garcia-Lorenzo, L., Mitleton-Kelly, & Galliers, R.D. (2003). Organisational Complexity: Organizing Through the Generation and Sharing of Knowledge. *International Journal of Knowledge, Culture and Change Management*, 3, Article MC03-0023-2003,

Guastello, S. (2000). Nonlinear Dynamics in Psychology. *Discrete Dynamics and Society*, 00 (1), 1-20.

Hayashi, S., Fuji, M., Murakami, S., Nakano, N., Utsumi, K., Hatakeyama, Y., Fukatsu, R., Takahata, N. & Yamada, M. (sf) "Fourier transform method and fractal analysis of the miniature eye movement in Alzheimer's disease", Fifth International Conference on Alzheimer's disease.

Hinojosa, M. & Chávez, L. (2001). Autoafinidad de superficies de fractura del vidrio, *Ingenierías*, 4 (13), 50-54.

Hoop, B, Kazemi, H. & Leibovitch, L. (1993). Rescaled range analysis of resting respiration. *Chaos*, 3 (1), 27-29.

Kumagai, Y. (2002) Fractal structure of financial high frequency data. *Fractals*. 10 (1), 13-18)

Kwon, J. S., Yoon, U., Lee, J. M., Ha, T. H. & Kim, I. Y. (2003) P.6.029 Fractal analysis of magnetic resonance images in schizophrenia and obsessive-compulsive disorder, *European Neuropsychopharmacology*, Vol 13 (0), p10438.

Labra, F. (1995). Descripciones fractales de procesos inferenciales en niños y adolescentes durante la creación de hipótesis tendientes a la solución de problemas. Tesis de Maestría, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.

Labra, F., Canals, M. & Santibáñez, I. (1997). Descripciones fractales de procesos inferenciales en niños durante la creación de hipótesis tendientes a la solución de problemas. *Revista de Psicología de la Universidad de Chile*, 6, 123-38.

Labra, F., Quezada, A., Cañete, O., Basaure, M. & Mora, P. (2000). Análisis Geométrico de la Dinámica Inferencial: de la Infancia a la Adolescencia, *Revista de Psicología Universidad de Chile*, 9.

Lahey, B. (1999). *Introducción a la Psicología*. Sexta Edición. McGraw Hill/Interamericana de España, S. A. U.: Madrid

Mandelbrot, B. (1997). *La Geometría Fractal de la naturaleza*. Barcelona: Tusquets Editores, S. A. (Trabajo original publicado en 1982)

Mandelbrot, B. (1997). *Fractals and Scaling in Finance*. New York: Springer-Verlag.

Mansilla, R. (2003). *Introducción a la econofísica*. Madrid: Equipo Sirius.

Mas, F., Mach, J., Trigueros, P. P., Claret, J. & Sagués, F. (1996). Creixement fractal: als límits de la modelització. En E. Casassas & M. Esteban (Eds.). *Modelització macroscòpica en Ciències Experimentals*. (pp. 115-135). Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.

Mantenga, R. N., Palágyi, Z. & Peters, H. E. (1999). Applications of statistical mechanics to Finance. *Physica A*. 274 (pp. 216-221).

Masters, B. R. (2004). Fractal analysis of the vascular tree in the human retina. *Annual Review of Biomedical Engineering*. 6 (1), 427-452.

McGrath, J. E., Arrow, H. & Berdahl, J. L. (2000). The Study of Groups: Past, Present, and Future. *Personality & Social Psychology Review*, 4 (1), 95-105.

Mittleton-Kelly, E. (2003). *Ten Principles of Complexity & Enabling Infrastructures*. Elsevier

Navarro, J. (2001). *Las Organizaciones como Sistemas Abiertos Alejados del Equilibrio*. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona.

Navarro, J. & Quijano, S. (2003). "Dinámica no lineal en la motivación en el trabajo: propuesta de un modelo y resultados preliminares". *Psicothema*, 15 (4), pp. 643-649.

Peters, E. E. (1989). Fractal Structure in the Capital Markets. *Financial Analysts Journal*, 45 (4), 32-37.

Peters, E. E. (1992). R/S Analysis Using Logarithmic Returns. *Financial Analysts Journal*, 48 (6), 81-82.

Piaget, J. (1979a). *Epistemología de las ciencias del hombre*. Buenos Aires: Editorial Paidós, S. A. I. C. F.

Piaget, J. (1979b). Relations between psychology and other sciences. *Annual Review of Psychology*, 30 (1), 1-8.

- Piaget, J. (1981). *Epistemología genética y equilibración*. Madrid: Editorial Fundamentos.
- Piaget, J. (1990). *La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo*. Madrid: Siglo XXI de España Editores, S. A. (Trabajo original publicado en 1975).
- Quezada, A. (1998). *Descripción dinámica del fenómeno de equilibración cognoscitiva en procesos inferenciales sintéticos durante la generación de hipótesis para la solución de problemas*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Valparaíso.
- Quezada, A. (2005a). *Fractales por doquier, desde ríos hasta sondeos de opinión. Una aproximación a la utilización metodológica de la geometría fractal*. *Encuentros de Psicología Social*, 3 (2), 58-64.
- Quezada, A. (2005b). *Fractales, más allá de 1D, 2D o 3 D*. *Revista Digital Universitaria*, 6 (12), 1-14.
- Quezada, A. (2006). *Fractales y opinión pública: una aplicación del exponente de Hurst al estudio de la dinámica de la identificación ideológica*. Tesis Doctoral en Depósito. Universitat de Barcelona. En Prensa
- Rodin, V. & Rodina, E. (2000). *The fractal dimension of Tokyo's streets*. *Fractals*, 8 (4), 413-418.
- Smith, E; Nolen-Hoeksema, S; Fredickson, B & Loftus, G (2003). *Introducción a la psicología*. Ed. Thomson: Madrid.
- Takehara, T., Ochiai, F. & Suzuki, N. (2002). *Fractals in emotional facial expression recognition*. *Fractals*, 10 (1), 47-52.
- Vallacher, R. R & Nowak, A. (1997). *The emergente of Dynamical Social Psychology*, *Psychological Inquiry*, 8 (2), pp. 73-99.
- Vallacher, R. R, Read, S. J. & Nowak, A. (2002). *The Dynamical Perspective in Personality and Social Psychology*, *Personality and Social Psychology Review*, 6 (4), pp. 264-273.
- Vickers, D., Vincent, N. & Medvedev, A., (1996). *The geometric structure, construction and interpretation of Path-Following (Trail-Making) Test*, *Journal of Clinical Psychology*, 52 (6), pp. 651-661.