

Caos, Emergentismo y Estados Mentales: Un Análisis de la Frontera entre la Física y la Mente

Vicente Aboites**

RESUMEN

A partir de un enfoque internalista para los estados mentales, se propone que los términos metafísicos son el resultado de estados mentales los cuales a su vez son propiedades emergentes de sistemas dinámicos caóticos con atractores coexistentes en el cerebro. Esto se hace a partir de la propuesta de que todos los sistemas dinámicos con atractores coexistentes caóticos, como el cerebro, presentan propiedades emergentes. Esto proporciona una explicación no reductiva de los estados mentales y su alta sensibilidad al ruido y a las condiciones iniciales. Fundamentalmente la pregunta que se pretende analizar es: ¿Podrían los estados mentales del cerebro estar fundados en estados multiestables caóticos de nuestro cerebro? Se conjetura que si este fuera el caso, los estados mentales podrían identificarse con estados físicos concretos de nuestro cerebro. El propósito de este trabajo es explicar las ideas anteriores desde la perspectiva científica actual de la dinámica no lineal, la teoría de caos y su relación con el emergentismo.

ABSTRACT

From an internalist viewpoint for mental states, it is proposed that any dynamical system with coexisting chaotic attractors has an emergent property. This provides a non reductive explanation of mental states and their high sensitivity to noise and initial conditions. If metaphysical terms result from the mental states and these are emergent properties of dynamical systems with coexisting attractors, such as the brain, it is suggested that this may provide a physical explanation of metaphysical concepts. Essentially the question we would like to analyze is the following: Could brain mental states be grounded in chaotic multistable states of the brain. It is conjectured that if this is the case, mental states could be identified with specific physical states of our brain. The purpose of this work is to explain the previous ideas from the actual scientific perspective of non linear dynamics, the theory of chaos and its relation to emergentism.

Recibido: 19 de Mayo de 2009
Aceptado: 20 de Octubre de 2009

INTRODUCCIÓN

La explicación física de la mente y la conciencia humana es probablemente el más grande e importante reto científico de la humanidad. Aquí se encuentra una frontera del conocimiento en donde convergen junto a la física; la matemática, la filosofía, la biología y la psicología, entre otras disciplinas. Históricamente la "mente" se ha contrastado con la "materia" partiendo del supuesto de que son dos cosas diferentes. Este enfoque dualista se encuentra expuesto por ejemplo, en el diálogo Fedro de Platón (Platón, 2006). El creía que las sustancias verdaderas no son los cuerpos físicos, que son efímeros y constituyen un mundo de cambio y apariencia, sino las ideas (también llamadas; formas) que son eternas y sin cambio, de las cuales los cuerpos son solo copias imperfectas.

Para Platón el conocimiento verdadero requiere del contacto con las ideas. Por otra parte Platón pensaba que el alma humana como las ideas, es eterna. Un problema con el dualismo platónico es que aunque afirma que el alma esta prisionera en el cuerpo no se detalla qué es lo que une un alma particular a un cuerpo particular. Dado que supone que ambas cosas son de naturaleza diferente, cómo se realiza esta unión es un misterio. Desde Platón hasta la actualidad muchos filósofos y científicos han discutido sobre este problema sin embargo solo recientemente a partir de un enfoque multidisciplinario científico y filosófico, se vislumbran posibles soluciones.

Palabras clave:

Mente, Filosofía de la mente, Dinámica Caótica, Propiedades emergentes, internalismo, externalismo.

Keywords:

Mind, Philosophy of Mind, Chaotic Dynamics, Emergent Properties, internalism, externalism.

* Centro de Investigaciones en Óptica, Loma del Bosque 115, León, Gto., C.P. 37150, Mexico. Correo electrónico: aboites@cio.mx

** También colabora en el Departamento de Filosofía, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato, Valenciana, Guanajuato, Gto., C.P. 36000 México.

Actualmente, es ampliamente aceptado (asintiendo que la conciencia es imposible sin actividad mental) que la conciencia y de modo más general, la actividad mental y los estados mentales, están relacionados con el comportamiento del cerebro. No obstante, la discusión moderna sobre filosofía de la mente distingue varios escenarios en relación a si es posible especificar el contenido de estados mentales basándose exclusivamente en hechos sobre el cerebro de quien piensa o si se deben de tomar en cuenta otras cosas como el ambiente que rodea al ente pensante (Chemero y Silberstein, 2008). Quienes piensan que la respuesta a la pregunta anterior es afirmativa se consideran internalistas pues para ellos un sistema cognitivo se encuentra totalmente confinado en la cabeza de quien piensa. Por otra parte aquellos que responden a la pregunta anterior negativamente son llamados externalistas, ellos consideran que los sistemas cognitivos tienen una extensión espacial mayor que sus cerebros y puede incluir a todo el cuerpo (Rumelhart *et al.*, 1986) e incluso al ambiente que rodea a dicho cuerpo (Gibson, 1979).

Dentro de las diferentes posturas internalistas se tiene el enfoque “clásico” de inteligencia artificial (Fodor, 1975) que fundamentalmente supone que los sistemas cognitivos son “máquinas pensantes” o “computadoras” cuya dinámica puede explicarse en términos clásicos de representaciones simbólicas y de reglas que determinan sus transformaciones. Otro enfoque llamado conexionismo (Churchland, 1989), considera que la mejor explicación de los sistemas cognitivos es subsimbólica y relacionada con áreas de actividad específicas del cerebro. Otra posibilidad (Bickle, 2003) sugiere que la mejor explicación de los sistemas cognitivos se encuentra en la actividad molecular de los neurotransmisores, estrechamente relacionada se encuentran las propuestas cuánticas (Stapp, 1993; Vitello, 1995; Hagan, 2002). Finalmente otro enfoque para explicar los sistemas cognitivos, llamada dinámica en gran escala, consiste en analizar la dinámica neuronal global (Cosmelli, Lachaux & Thompson, 2007). El planteamiento de este artículo parte del supuesto de un modelo internalista clásico, más aún, es probable que las conclusiones aquí obtenidas difícilmente se aplicarían a otros modelos.

La pregunta que se pretende analizar es: ¿Podrían los estados mentales del cerebro estar fundados en estados multiestables caóticos de nuestro cerebro? Si este fuera el caso, los estados mentales podrían identificarse con estados físicos concretos de nuestro cerebro. Novedosas ideas filosóficas y científicas discutidas por numerosos autores desde hace algunos años y presentadas a continuación, sugieren que esto podría ser

así (e.g. Morton, 1988; Horgan & Tienson, 1992; Port & Gelder, 1995; Combs, 1996; Newman, 1996, 2004, Aboites, 2008, 2009, Atmanspacher 2009). De este modo los estados mentales tendrían un origen común, esto es; el ser el resultado de estados multiestables caóticos de nuestro cerebro. El propósito de las siguientes secciones es explicar las ideas anteriores desde la perspectiva científica actual de la dinámica no lineal, la teoría de caos y su relación con el emergentismo.

REDUCCIONISMO Y EMERGENTISMO

El reduccionismo es una solución al problema de la relación existente entre diferentes ciencias. En *The Structure of Science*, Ernest Nagel (Nagel 1961) afirma que: “*El reduccionismo es la explicación de una teoría o de un conjunto de leyes experimentales dentro de un área de conocimiento a partir de otra teoría en otro dominio*”. El esquema general es el siguiente:

- T se reduce a T' si las leyes de T' son derivables a partir de las de T.

En su forma más básica el reduccionismo establece que la naturaleza de cosas complejas se reduce a la naturaleza de la suma de cosas más simples o fundamentales. De este modo, por ejemplo se enseña que la química se basa en la física, la biología se basa en la química, la psicología se basa en la biología, la sociología en la psicología, etcétera. Muchos ven en el reduccionismo la unidad de la ciencia. Sin embargo a pesar de que las dos primeras reducciones mencionadas son generalmente aceptadas, hay insatisfacción con el uso del reduccionismo para describir fenómenos mentales y esto a su vez ha conducido al análisis de propuestas no reduccionistas como por ejemplo, el emergentismo. De acuerdo a Board (1929), “una cualidad emergente es una cualidad que pertenece a un agregado complejo pero no a sus partes”. Por tanto, una cualidad emergente no puede ser inferida aún a partir del más completo conocimiento de las propiedades y operación de las partes de un sistema, como ejemplos posteriormente se discute la dinámica de un fluido turbulento y el clima.

Se ha argumentado con amplitud (Morton, 1988; Horgan & Tienson, 1992; Port & Gelder, 1995; Combs, 1996; Newman, 1996, 2004) que hay una relación entre los fenómenos mentales y la teoría de caos, en particular que las propiedades mentales son propiedades caóticas emergentes del cerebro. Desde este punto de vista es en principio posible explicar las propiedades mentales a partir de términos físicos.

SISTEMAS DINÁMICOS

La evolución temporal de un sistema dinámico n-dimensional esta descrito por la ecuación vectorial

$$d\mathbf{x}/dt = \mathbf{f}(\mathbf{x}) \quad (1)$$

donde $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ es un vector de n-dimensiones en el espacio fase y $\mathbf{f}(\mathbf{x}) = (f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), \dots, f_n(\mathbf{x}))$ es una función vectorial con componentes f_1, f_2, \dots, f_n . Toda solución \mathbf{x} del sistema representa un punto en el espacio fase y la evolución en el tiempo de este punto describe una curva también llamada trayectoria de espacio fase. Un ejemplo bidimensional ($n = 2$) de un sistema dinámico es un oscilador armónico formado por una masa "m" y un resorte con constante restitutiva "k", con desplazamiento "x" alrededor de una posición de equilibrio y velocidad "v", descrito por la ecuación diferencial:

$$m \, d^2x/dt^2 + k \, x = 0 \quad (2)$$

Para este caso el vector de espacio fase es, $\mathbf{x} = (x_1, x_2)$, el cual tiene elementos; $x_1 = x$; $x_2 = v$. En este ejemplo la ecuación vectorial que describe al sistema dinámico tiene componentes:

$$dx/dt = v \quad (3.1)$$

$$dv/dt = -\omega^2 x \quad (3.2)$$

En donde por simplicidad se ha definido; $\omega^2 = k/m$. A partir de un punto arbitrario inicial (x_0, v_0) , se puede en el espacio fase (x, v) , ver gráficamente la trayectoria que el sistema dinámico describe en el tiempo. Para el caso $(x, v) = (0, 0)$ se tiene un "punto fijo" mientras que el péndulo en oscilación esta descrito en el espacio fase por un círculo, o elipse; toda trayectoria aislada y cerrada se conoce como "círculo límite". Si el péndulo oscilara en un medio viscoso perdería energía y el lado derecho de la ecuación (2) no sería igual a cero, en este caso se tendría un sistema dinámico disipativo. Sistemas dinámicos en tres o más dimensiones (como muchos sistemas físicos, incluidas las redes neuronales, los láseres y los modelos meteorológicos, entre muchos otros) pueden generar en el espacio fase que describen, trayectorias muy complejas en donde se tiene cuasi-periodicidad y caos. En general se define "caos" como el comportamiento aperiódico a largo plazo en un sistema determinístico que es altamente sensible a las condiciones iniciales. Vale señalar que por "comportamiento aperiódico a largo plazo" se entiende que cuando $t \rightarrow \infty$ las trayectorias en el espacio fase no terminan en puntos fijos, órbitas estables o cuasi-periodicas. Por "determinístico" se entiende que el sis-

tema (i.e. el sistema físico y su modelo matemático) no tiene como entradas señales aleatorias o ruido, esto es, que el comportamiento irregular del sistema ocurre debido a sus propias características no-lineales. Finalmente, por "altamente sensible a las condiciones iniciales" se entiende que trayectorias iniciales en el espacio fase muy cercanas entre sí evolucionan alejándose una de otra exponencialmente en el tiempo. Por último es importante mencionar que un "atractor" en el espacio fase es un conjunto de trayectorias vecinas que convergen; un punto fijo, un círculo límite y un atractor cuasi-periódico son ejemplos de atractores no caóticos. Sin embargo existe también el caso en que la trayectoria de un sistema dinámico converge a un atractor con dimensión fractal llamado "atractor extraño" y en este caso se tiene caos (Strogatz, 2001). Es importante señalar que un fractal es un objeto semi geométrico cuya estructura básica, fragmentada o irregular, se repite a diferentes escalas. El término deriva del Latín *fractus*, que significa quebrado o fracturado. Muchas estructuras naturales son de tipo fractal. En geometría de fractales, la dimensión fractal, D es una cantidad estadística que da una idea de cuán completamente parece llenar un fractal el espacio conforme se amplía el primero hacia escalas más y más finas. De hecho, un sistema caótico es un sistema tal que su comportamiento a largo plazo puede ser descrito por un atractor con dimensión fractal o atractor extraño.

EMERGENTISMO Y CAOS

Dos ejemplos de fenómenos emergentes caóticos son, los fluidos turbulentos y el clima. Desde un punto de vista microscópico un fluido turbulento se compone de una multitud de partículas en movimiento tales que las propiedades del fluido turbulento dependen de las propiedades de las partículas del fluido. Sin embargo las propiedades del fluido turbulento no pueden determinarse a partir de las partículas individuales involucradas. Por tanto las propiedades de un fluido turbulento son propiedades emergentes que dependen de las propiedades de las partículas que lo componen. Vemos que en este ejemplo el esquema general del reduccionismo anteriormente mostrado no se satisface, pues siendo T la teoría newtoniana del movimiento de partículas (basada en las tres leyes de la dinámica de Newton) y T' la teoría de fluidos turbulentos (basada en las ecuaciones de Navier Stokes) no se sigue que las leyes de T' sean derivables a partir de las de T. Por lo tanto el esquema reduccionista no se aplica y mas bien se observa, como se señaló anteriormente, que las propiedades de un fluido turbulento son propiedades emergentes. De

modo similar y dado que el sistema nervioso central puede ser descrito como un complejo sistema dinámico caótico, las propiedades mentales del cerebro dependen de las propiedades caóticas del sistema nervioso central (Morton, 1988; Horgan & Tienson, 1992; Port & Gelder, 1995; Combs, 1996; Newman, 1996, 2004, Aboites, 2008, 2009, Atmanspacher, 2009). Novedosos resultados experimentales reportando la emergencia de estados mentales a partir de la dinámica de las señales eléctricas del cerebro así lo indican (Allefeld, 2009). Debe de enfatizarse que las propiedades emergentes no tienen nada de misteriosas, solamente que tenemos un acceso epistemológico limitado a ellas (la teoría emergente no propone entes misteriosos).

De acuerdo a Newman (1996) una definición más precisa de emergencia debe de lograr cuatro cosas; (i) debe de hacer explícita la naturaleza de la restricción epistémica de nuestro conocimiento de una propiedad emergente, (ii) debe de hacer explícito el rechazo al reduccionismo, (iii) debe de dejar claro que una propiedad emergente depende de un conjunto de propiedades físicas y, (iv) debe elucidar como una propiedad emergente puede ser explicada sin ser reducida a otras propiedades físicas y sin violar las restricciones anteriores. Con objeto de lograr estos objetivos se propone la siguiente definición.

Una propiedad designada por un predicado P en una teoría ideal T es emergente si y sólo si las siguientes condiciones son satisfechas (Newman, 1996):

- (1) T describe una clase de sistemas CS cuyos agregados estructurales son entidades descritas por T' (donde T' es una teoría ideal de esas entidades) y las entidades descritas por T dependen de las descritas por T'
- (2) Acontecimientos de la propiedad designada por P son epistémicamente imposibles de identificar con acontecimientos de cualquier propiedad finitamente describable por T'
- (3) Cada acontecimiento de la propiedad designada por P es un acontecimiento de un conjunto de propiedades CP que son modeladas por T'. Cada miembro de CP es epistémicamente indistinguible en T' de algunos otros CP.

Fundamentalmente: Primera parte uno evita que las definiciones anteriores sean aplicadas a propiedades misteriosas. La segunda parte evita la reducción de T a T'. La parte tres garantiza que la propiedad P sea explicable solamente por referencia a la clase de propiedades básicas que la satisfacen.

Una explicación simplificada del argumento que conduce a la conclusión de que cualquier sistema dinámico en la zona de atracción de un atractor extraño tiene una propiedad emergente es el siguiente. Puesto que la teoría de caos se aplica a teorías físicas bien establecidas (e.g. mecánica clásica y cuántica, electromagnetismo, termodinámica y fluidos, etcétera) (1) se satisface. Por otra parte, puesto que un sistema caótico tiene una dependencia sensible a las condiciones iniciales, esto introduce una limitación epistémica fundamental así como impredecibilidad. Las mediciones pueden sólo determinar el estado fase con precisión experimental limitada, esencialmente haciendo imposible predecir cómo el sistema evolucionará. Debe de ser enfatizado que la impredecibilidad es epistémica y no metafísica. Aún conociendo el sistema con el que tratamos, la dependencia sensible a las condiciones iniciales evita la predicción de cualquier propiedad. También la dependencia sensible a las condiciones iniciales y nuestra limitada precisión en las mediciones experimentales, evita que podamos determinar la evolución del sistema caótico. Por otra parte las zonas de atractores coexistentes en sistemas multiestables no pueden ser identificadas o asociadas con las propiedades físicas específicas del sistema sino con su conjunto. Por tanto (2) y (3) también se satisfacen. Como resultado, cualquier sistema dinámico en la zona de atracción de un atractor extraño posee propiedades emergentes. Aun más, podemos añadir que cualquier sistema dinámico con atractores caóticos coexistentes posee una propiedad emergente.

CAOS, MULTIESTABILIDAD Y ESTADOS MENTALES

Los sistemas dinámicos multiestables son muy complejos debido a la interacción entre atractores. Esto introduce nuevas características a las ya conocidas en sistemas caóticos tradicionales. Adicionalmente a una alta sensibilidad a las condiciones iniciales, las zonas de atracción en el espacio fase de los sistemas multiestables pueden mezclarse de formas muy complejas. También, el pequeño cambio de un parámetro puede producir un cambio en el número de atractores coexistentes, ellos pueden aparecer y desaparecer.

Investigación neurológica y con circuitos electrónicos ha mostrado evidencia de que el cerebro puede ser descrito como un complejo sistema caótico multiestable. La primera evidencia experimental de multiestabilidad se obtuvo en experimentos en física de láseres (Arecchi, 1982). La multiestabilidad ha sido considerada como un mecanismo para explicar el almacenamiento de memoria y el reconocimiento de patrones (Hertz *et al.*, 1991; Canavier *et al.*, 1993). Se

han encontrado atractores caóticos en encefalogramas (Basar, 1990), en el comportamiento de membranas nerviosas (Aihara, 1997) y se han implementado circuitos analógicos/digitales para describir sistemas neuro-computacionales caóticos (Horio *et al.*, 2002). La multiestabilidad se encuentra frecuentemente en sistemas acoplados (Kaneko *et al.*, 1993) y en sistemas con retraso en retroalimentación (Martínez *et al.*, 2003; Balanov *et al.*, 2005). Puesto que el cerebro puede ser simulado como un sistema compuesto por un gran número de neuronas acopladas con retraso en retroalimentación no es sorprendente encontrar multiestabilidad (Foss & Milton, 2000).

Por otra parte la presencia de ruido fuertemente incrementa la complejidad de los sistemas dinámicos. El ruido puede producir saltos complejos entre atractores coexistentes (de Souza *et al.*, 2007) llamados saltos de atractor inducidos por ruido, este fenómeno es particularmente importante en niveles de ruido bajo e intermedios. Hay suficiente evidencia experimental que muestra la importancia del ruido en la actividad cerebral. Recientemente se ha mostrado que utilizando ruido o perturbación de parámetros la multiestabilidad puede ser controlada (Saucedo & Aboites, 2002; Pisarchik & Goswami, 2000; Reategui, 2004).

El anterior trabajo de investigación fuertemente sugiere que hay mucho por explorar con objeto de verificar si algunas hipótesis, o francas especulaciones, eventualmente tendrán o no un sustento científico riguroso. Como sabemos ésta incertidumbre es una característica fundamental y distintiva de la frontera del conocimiento en cualquier disciplina y la frontera de la física y la mente no es una excepción. Por ejemplo, experimentos en percepción visual sugieren que los conceptos visuales fuertemente dependen de las condiciones iniciales (Atteneave, 1971). La analogía entre esto y la mente puede extenderse aún más, se puede argumentar que la forma en que cada persona interpreta al mundo, su *weltanschauung*, también depende de las condiciones iniciales de su vida, i.e. del ruido interno y externo y de las condiciones iniciales de nuestros cerebros. Si la actividad mental es una propiedad emergente del cerebro, viendo a éste como un sistema caótico, entonces los estados cerebrales pueden ser el resultado de señales o ruido interno o externo. Por tanto diferentes estados cerebrales o atractores caóticos coexistentes en sus zonas de atracción, podrían estar vinculados, por ejemplo, a términos lingüísticos como “gato”, “dolor”, “rojo”, “Dios”, o cualquier otro. Se podría preguntar cuál sería la diferencia del estado cerebral asociado a las palabras “gato” o “Dios” y la

respuesta es; fundamentalmente ninguna. Ambos estados serían el resultado de un proceso físico neuronal que genera un estado mental o atractor extraño. De este modo la investigación filosófica, como cualquier otra actividad mental que hace uso de conceptos sería descrita en términos exclusivamente físicos. Por tanto cualquier término físico o metafísico sería, desde el punto de vista de la dinámica caótica no-lineal, nada más que el resultado de un atractor, o conjunto de atractores generados en nuestro cerebro. Los términos metafísicos serían no más etéreos que cualquier otro término referido al mundo físico puesto que ambos son producidos en nuestro cerebro del mismo modo. Las condiciones iniciales y el ruido pueden ser la clave para comprender la generación y el manejo de diferentes conceptos por nuestro cerebro. Este podría ser lo que Greenfield (2007) ha descrito como ese “proceso especial del cerebro” que eventualmente permitirá explicar la conciencia. Se debe subrayar que esto no afecta, de hecho ni siquiera toca, la discusión sobre la realidad o irrealidad de la metafísica y sus términos, pues solo se propone que todos los términos, físicos y metafísicos, tienen un origen físico común, lo cual es simple fisicalismo.

La explicación científica de la mente y eventualmente de la conciencia, es posiblemente el reto científico más importante de la humanidad. El autor confía en que la investigación científica futura eventualmente lo explicará aunque probablemente esto implique tanto cambios en nuestros paradigmas reduccionistas, como la confirmación científica de lo que ahora parecen ser propuestas altamente especulativas. Sabemos que la historia de la ciencia muestra numerosos ejemplos de esto último.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece las estimulantes y numerosas observaciones y correcciones de dos árbitros anónimos.

REFERENCIAS:

- Aboites, V. (2008) Multistable chaotic dynamical systems and philosophy, *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 18, pp. 1821-1824.
- Aboites, V. (2009) Metafísica y dinámica caótica, *Revista Valenciana*, Facultad de Filosofía, Universidad de Guanajuato (aceptado).
- Aihara, K. (1997) Chaos in neural networks *The Impact of Chaos on Science and Society*, ed. Grebogi, C. & Yorke, J.A. (United Nations University Press, NY), pp. 110-126.
- Allefeld C., Atmanspacher H., and Wackermann J., (2009) Mental states as macrostates emerging from brain electrical dynamics *Chaos*, 19 15102.

- Arecchi, T.F., Neucci, R., Puccioni, G. & Tredicce, J. (1982) Experimental evidence of subharmonic bifurcations, multistability and turbulence in a Q-switched gas laser, *Phys. Rev. Lett.*, 49, 1217-1220.
- Arecchi, F.T. (2004) "Chaotic neuron dynamics, synchronization and feature binding", *Physica A* 338, 218-237.
- Astakhov, V., Shabunin, A. Uhm, W. & Kim, S. (2001) Multistability formation and synchronization loss in coupled Hénon maps, *Phys. Rev. E* 63, 56212.
- Atmanspacher, H. and beim Graven, P., (2007) Contextual emergence of mental states from neurodynamics, *Chaos Complexity Lett.*, 2 151.
- Atteneave, F. (1971) Multistability in perception, *Sci. Amer.* 225, 62-67.
- Balanov, A., Janson, N. & Scholl, E. (2005) Delayed feedback control chaos: Bifurcation analysis, *Phys. Rev. E* 71, 16222.
- Basar, E. (1990) Chaotic dynamics and resonance phenomena in brain functions, *Chaos in Brain Functions* (Springer -Verlag, Berlin), pp. 1-30.
- Bickle, J., (2003) *Philosophy and Neuroscience: A Ruthlessly Reductive Account*, Dordrecht: Kluwer Academic.
- Board C.D., (1929) *The Mind and Its Place in Nature*, ed. Ogden, C. D., International Library of Psychology, Philosophy and Scientific Method (Brance & Co., New York).
- Canavier, C., Baxter, D., Clark, J. & Byrne, J. (1993) Nonlinear dynamics in a model neuron provide a novel mechanism for transient synaptic inputs to produce long-term alterations of postsynaptic activity, *J. Neurophysiol.* 69, 2252-2257.
- Chemero, A., Silberstein, M. (2008) After the philosophy of Mind: Replacing Scholasticism with Science, *Philosophy of Science* 75, 1-27.
- Churchland, P., (1989) *A Neurocomputational Perspective*, Cambridge, MA, MIT Press.
- Combs, A. (1996) "Consciousness: Chaotic and Strangely attractive," *Nonlinear Dynamics in Human Behaviours*, eds. Sulis, W. & Combs, A. (World Scientific, Singapore), pp. 401-411.
- Cosmelli, D., Lachaux, J.P., & Thompson E. (2007) Neurodynamics of Consciousness, in Zelazo, P.D. (ed.), *The Cambridge Handbook of Consciousness*, Cambridge, CUP, 730-770.
- De Souza, S., Batista, A., Caldas, I., Viana, R. & Kapitaniak, T., (2007) Noise-induced basing hopping in a vibro-impact system, *Chaos Solit. Fract.* 32, 758-767.
- Fodor, J., (1975) *The Language of Thought*, Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Foss., & Milton, J. (2000) Multistability in recurrent neural loops arising from delay, *J. Neurophysiol.* 84, 975-985.
- Gibson, J., (1979) *The Ecological Approach to Visual Perception*, Hillside, NJ, Erlbaum.
- Grayling, A.C. (1998) The empiricists, in *Philosophy* 1 (Oxford University Press, Oxford).
- Greenfield, S. (2007) "How does consciousness happen", ed. Koch, D.C. & Greenfield, S., *Sci. Amer.* 10, 55-57.
- Hagan, S., Hameroff, S.R., and Tuszynski, J.A. (2002). Quantum computation in brain microtubules: decoherence and biological feasibility. *Phys. Rev. E* 65, 061901-1 to -11.
- Hertz, J., Krough, A. & Palmer, R. (1991) *Introduction to the Theory of Neural Computation* (Addison-Wesley, NY).
- Horgan, T. & Tienson, J. (1992) Cognitive systems as dynamical systems, *Topoi* 11, 27-43.
- Horio, Y. & Kazayuki, A. (2002) Chaotic Neuro-Computer, in *Chaos in Circuits and Systems*, eds. Chen, G. & Ueta, T., World Scientific Series on Non-linear Science (World Scientific, Singapore).
- Hume, D. (1748) *Enquiry Concerning Human Understanding* (Oxford Philosophical Texts, Oxford).
- Jaimes Reategui, R. & Pisarchik, A. N. (2004) Control of on-off intermittency by slow parametric modulation, *Phys. Rev. E* 69, 067203.
- Kaneko, K. ed. (1993) *Theory and Applications of Coupled Map Lattices* (Wiley, NY).
- Martínez-Zerega, B. E., Pisarchik, A. N. & Tsimring, L. (2003) Using periodic modulation to control coexisting attractors induced by delayed feedback, *Phys. Lett. A* 318, 102-111.
- Morton, A. (1988) The chaology of mind, *Analysis* 48, 135-42.
- Nagel, E., (1961), *The Structure of Science*. Routledge and Kegan Paul, London. pp 338.
- Newman, D. V. (1996) Emergence and strange attractors, *Philos. Sci.* 63, 245-261.
- Newman, D. V. (2001) Chaos, emergence and the mind body problem, *Austral. J. Philos.* 79, 180-196.
- Newman, D. V. (2004) Chaos and qualia, *Essays in Philos.* 5, 1-22.
- Pisarchik, A. N. & Goswami, B. K.. (2000) Annihilation of one of the coexisting attractors in a bistable system, *Phys. Rev. Lett.* 84, 1423-1426.
- Pisarchik, A. N. (2001) Controlling the multistability of nonlinear systems with co-existing attractors, *Phys. Rev. E* 64, 046203.
- Platón, (2006) *Diálogos* (Fondo de Cultura Económica, México).
- Port, R. F. & van Gelder, T. (eds.) (1995) *Mind as Motion: Explorations in the Dynamics of Cognition* (Mass, MIT/Bradford, Cambridge).
- Rumelhart, D., et al., (1986) Schemata and Sequential Thought Processes in PDP Models, in *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*, Vol. 2, *Psychological and Biological Models*, Cambridge, MA, MIT Press, 7 - 57.
- Saucedo, J. & Aboites, V. (2002) Shift of critical points in the modulated Hénon map, *Phys. Lett. A* 304, 21-29.
- Strogatz, S.H. (2001) *Nonlinear dynamics and chaos* (Perseus Publishing, Cambridge)
- Stapp, H.P. (1993). A quantum theory of the mind-brain interface. In *Mind, Matter, and Quantum Mechanics*, Springer, Berlin, pp. 145-172.
- Vitiello, G. (1995). Dissipation and memory capacity in the quantum brain model. *International Journal of Modern Physics B* 9, 973-989.