

III Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología XVIII Jornadas de Investigación Séptimo Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR. Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 2011.

Principales aportes de la física -cuántica- al estudio de la consciencia y su vínculo con el cerebro.

Ruiz, Paul.

Cita:

Ruiz, Paul (2011). *Principales aportes de la física -cuántica- al estudio de la consciencia y su vínculo con el cerebro. III Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología XVIII Jornadas de Investigación Séptimo Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR. Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/000-052/118>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/eRwr/6AC>

Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.

PRINCIPALES APORTES DE LA FÍSICA -CUÁNTICA- AL ESTUDIO DE LA CONSCIENCIA Y SU VÍNCULO CON EL CEREBRO

Ruiz, Paul

Facultad de Psicología, Universidad de la República. Uruguay

RESUMEN

Este trabajo intenta, someramente, hacer un racconto de las principales teorías de la física cuántica que intentaron vincularse con el estudio de la consciencia. Para luego intentar vincularlas con los hallazgos sobre el estudio de las bases neurales de la consciencia y aspectos filosóficos del vínculo mente-cerebro.

Palabras clave

Física Cuántica Consciencia Cerebro

ABSTRACT

CONTRIBUTIONS OF QUANTUM PHYSICS TO STUDY THE MIND-BRAIN PROBLEM

This paper try to make a brief review of quantum physics theories that attempt to link their theories with the study of consciousness. After that I try to link them with findings on the study of the neural basis of consciousness and philosophical aspects of mind-brain connection.

Key words

Physics Quantum Consciousness Brain

Introducción

El origen orgánico de la consciencia es parte del debate mente-cerebro, cuya explicaciones neurobiológica y mecánico-cuántica es una nueva frontera para la ciencia actual. Al decir de Damasio, y retomado por muchos otros, *"how does the set of processes we can call mind emerge from the activity of the organ we call brain"*. En esta línea de razonamiento, los estados mentales deberían estar correlacionados con estados cerebrales. Tanto las sensaciones como el self-awareness deberían estar acompañados de actividad electroquímica específica en algún área del cerebro (Pratt, 1997). El autor citado también habla de los aspectos no orgánicos de lo mental como la posibilidad de afectar otras mentes y objetos, en este trabajo no tenemos ningún tipo de interés de referirnos a lo paranormal.

Algunos físicos, cuánticos, han propuesto modelos para el estudio de la interfaz mente-cerebro. Con estos modelos se hace necesario llevar la discusión al nivel cuántico para describir adecuadamente la fisiología cerebral. Este pasaje se hace indefectiblemente a través del modelado teórico de las propiedades del cerebro como elemento condensado, pero a su vez el modelado

cuántico no termina de encontrar explicaciones suficientemente convincentes.

Parecería ser que la dinámica mecanicista simple cerebral dada por rasgos estructurales impuestos como la dinámica de sinapsis y canales iónicos no es suficiente para explicar la actividad mental y sus propiedades. Existen evidencias que explican cómo es importante la sincronización neural en los procesos cognitivos superiores. La oscilación neural sería así una de las formas de sincronización en el cerebro observable a través de la actividad eléctrica (EEG). Esta sincronización ha sido propuesta como una de las formas relacionada con procesos cognitivos superiores y hasta con la consciencia (Acacio de Barros *et al*, 2002).

A partir de estos elementos intentaremos exponer las principales teorías físicas para explicar la relación consciencia-cerebro, considerando estrictamente la consciencia como lo opuesto a la inconsciencia (anestesia), sin detallar propiedades.

Desarrollo.

"The hard problem"

The hard problem se refiere al problema teórico metodológico en torno al estudio del origen de la consciencia. En torno a este problema varias disciplinas y territorios se pueden referir. En nuestro caso estamos abordando el hard problem desde la física (cuántica). Los principales tópicos serían: el problema del estudio de la consciencia desde la perspectiva de la tercer persona, la relación con el abordaje desde la primer persona y el lugar de la experiencia individual privada sus consecuencias y como abordarla (ej qualias, estados mentales) (Smedes, 2005).

Chris Smith tiene dos trabajos publicados en la revista *Brain and Cognition* (2006 y 2009) abordando el problema de cómo se ha teorizando sobre la relación mente-cerebro (hard problem) y el rol de la física en estas discusiones. En el primer artículo (2006) el autor hace un resumen de los principales físicos que han teorizado, sobre todo desde la cuántica, sobre este tema: Niels Bohr, Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg y Wolfgang Pauli. En este artículo culmina concluyendo que uno de los principales aportes de estos físicos y la cuántica en general es la explicación desde la filosofía de la mente sobre el vínculo de la subjetividad y la actividad físico-química de las neuronas como analogía de la función de onda de las partículas y la dualidad onda-partícula. Fundamentando que la neurobiología debería bus-

car efectos de interpretación desde la física cuántica en el cerebro (sobre todo en las sinapsis) como uno de los lugares regios para estudio de la consciencia y la relación mente-cerebro desde la intencionalidad. Este trabajo cierra diciendo que a criterio del autor la cuántica es una de las teorías que podría ayudar a entender como, evolutivamente, la consciencia ha tenido la posibilidad de surgir del tejido nervioso.

En su segundo trabajo Smith (2009) hace un pequeño recorrido sobre las bases neurales de la consciencia y las sinapsis para terminar hablando de la teoría de Eccles que explicaremos brevemente más adelante. También les dedica su espacio a Henry Stapp, Roger Penrose y David Bohm con sus teorías. Y concluye fundamentando sobre como la consciencia del observador participa del colapso de la función de onda y la posible relación de este hecho con la estructura cuántica del cerebro.

A pesar del desarrollo enorme de las neurociencias hay muchos procesos que aun no se pueden explicar estrictamente, uno de ellos es la conciencia y la relación con el cerebro. Sobre esto existen muchas posturas y opiniones, algunas con más y otras con menos consenso. Dentro de este panorama la mecánica cuántica ha propuesto sus teorías que, de igual forma que para la filosofía de la mente, provienen de diferentes lugares. Fundamentando desde el fisicalismo (Penrose) hasta dualismo (Eccles). Sin lograr un consenso absoluto dado que muchos físicos consideran que la cuántica no tiene nada para decir sobre el vínculo mente-cerebro y que con la mecánica newtoniana es más que suficiente.

Antes de desarrollar específicamente las teorías que se plantean al respecto, retomaremos algunos conceptos básicos de la cuántica teórica para entender desde donde venimos para esta discusión.

Cuántica

La idea no es introducirnos en los conceptos matemáticos sino ir directamente a los conceptos teóricos de la mecánica cuántica que son útiles para el estudio del cerebro. Partimos de la idea básica de que la mecánica cuántica describe los sistemas físicos por medio de la llamada función de onda o función de estado habitualmente denominadas ψ (Ψ), dando toda la información que podemos extraer de un sistema (energía, posición, momento, etc). En relación a la función de la onda podemos anexar otros conceptos como el principio de superposición de la onda, la ecuación de Schrödinger, el principio de incertidumbre y la no localidad cuántica, y con estos dos últimos el no-determinismo, el no-localizacismo y la contextualidad. Cualquiera de estos conceptos se pueden encontrar en manuales básicos de física cuántica muy bien explicados.

Probablemente, al menos estrictamente sobre el vínculo mente-cerebro, el punto más considerable dentro de la física cuántica es la clasificación de la materia y sus propiedades. Para esto los planteos más relevantes al respecto son las teorías de la estadística de Fermi-Dirac y Bose-Einstein. En relación a estas teorías se dis-

tingue la existencia de dos tipos de partículas en la naturaleza:

- Fermiones, partículas de espín múltiplo de $\frac{1}{2}$ que forman parte de los átomos. Obedecen la estadística de Fermi-Dirac e incluyen electrones, protones y neutrones.
- Bosones, pueden o no tener masa y son espín cero o números enteros. Obedecen a la estadística de Bose-Einstein e incluyen fotones, partículas Z y W, gluones y gravitones.

Más adelante retomaremos la relevancia de las estadísticas cuando retomemos las propiedades de los condensados.

Quizás, y por último, otro concepto de la cuántica que vale la pena mencionar es la teorización sobre la computadora cuántica (Acacio de Barros *et al*, 2002; Pastor-Gómez, 2002). Consiste en un sistema mecánico-cuántico que permite la superposición de los estados y que esta superposición se vea como un proceso de cómputo, una vez realizado estos cálculos para cada canal superpuesto se generaría un colapso en la función de la onda y daría lugar a un cómputo. A su vez dicha propiedad permitiría un comportamiento como superconductor y con superfluidez, además de generar un sistema en paralelo masivo.

Estos puntos son probablemente los más importantes de la teoría cuántica implicados en la discusión sobre el vínculo mente-cerebro. Consideramos que dentro del panorama de la filosofía de la mente los planteos provenientes de la cuántica se encuentran cercanos a la teoría emergentista de la mente. Para esto antes de introducirnos en las teorías cuánticas específicas haremos una pequeña introducción al planteo emergentista.

Emergentismo en filosofía de la mente y ciencias cognitivas.

El emergentismo hace referencia a aquellas propiedades o procesos de un sistema *no reducibles* a las propiedades o procesos de sus partes constituyentes (la totalidad es más que la suma de las partes, y por lo tanto no reducible a la sumatoria de estas). El concepto de emergencia se relaciona estrechamente con los conceptos de autoorganización y complejidad en oposición a los conceptos dualismo mental y de reduccionismo en filosofía de mente. Sin duda, el fenómeno emergente que más literatura ha producido es el de la conciencia habiendo sido abordada por psicólogos, epistemólogos y físicos para poder explicar y entender cómo se relaciona la conciencia con el cerebro. Desde hace mucho tiempo existen ideas que consideran que las sensaciones (como el sabor o el olor) son propiedades últimas no reducibles a las propiedades físicas de los objetos (fenoménico) sino experiencias subjetivas en relación a los objetos (fenomenológico). Siendo una de las principales máximas que aplica la fenomenología al momento del estudio de la conciencia, máxima que hace ver y pensar a la mente, la psicología y la subjetividad de una manera radicalmente distinta dado que se opone a las ideas cartesianas positivistas. Defendiendo implícita y explícitamente que la mente puede ser explicada a través de su estudio desde la tercera persona. Construyendo por lo tanto una idea de la mente absolu-

tamente obtusa y determinista. Esta idea de la mente, creemos, va de la mano de la visión emergentista dado que aporta a la visión de la mente como un fenómeno emergente y esto a su vez da primacía a la vivencia subjetiva y trascendente (por lo menos desde la visión emergentista que no se fundamenta desde la visión de la mente como epifenómeno cerebral). Hoy en día, muchos siguen defendiendo que la mente es un fenómeno emergente del sistema nervioso, como es el caso de John Searle. Distintas corrientes en psicología toman distintas posturas en cuanto al papel de la mente, su origen y su abordaje. Valiendo la pena resaltar que dentro de la subdivisión del emergentismo es la *fuerte* (y no la débil) la que mejor nos aproxima a emergentismo mental, dado que de lo contrario estaríamos volviendo a hablar de la mente como epifenómeno cerebral.

Existen varias posturas emergentistas como las de John Searle y Mario Bunge (Beorlegui, 2007). No es el objetivo de este trabajo ingresar en el enfrentamiento entre ellas. Para generar acuerdo sobre los presupuestos del marco teórico emergentista partiremos de uno de los presupuestos más importante al momento de explicar el origen de la mente al referirse al *monismo de sustancia y dualismo de propiedad*. Dando cuenta así de una realidad material-orgánica con sus propiedades materiales desde donde emerge al mismo tiempo la mente como propiedad de la materia, contando también con sus propiedades, encontrándose las propiedades de ambos sistemas en relación.

En estos planteos asumimos los principios del conexionismo presumiendo que los fenómenos mentales pueden ser descritos por redes de unidades sencillas (neuronas) frecuentemente iguales que se interconectan, pudiendo hablar así de representaciones neuronales que codifican información ambiental y decodifican información interna. Dicho argumento se basa en el sin fin de investigaciones que demuestran correlato neural a nivel encefálico de las vivencias internas y externas, como estas codifican circuitos y patrones de respuesta neural (Cobos, 2005). Este hecho no nos aleja de una visión neurofenomenológica ni nos acerca a un planteo realista, dado que los sucesos siguen siendo vivencias internas e individuales pero influenciados por el contexto, las representaciones y codificaciones intelectuales-afectivas internalizadas de los estímulos cualquiera sea, pudiéndose hallar correlato neural de esto.

Las distinciones entre internalismo y externalismo surgen en muchas áreas de la filosofía de la mente, la filosofía del lenguaje, epistemología y ética. Todas estas distinciones se pueden caracterizar por medio de las tesis de la *superveniencia* (*Supervenience*: Stanford Encyclopedia of Philosophy). La superveniencia permite asumir que los niveles altos (como la conciencia) dependen al final de lo físico, pero dejando en claro que no se puede estudiar los fenómenos de alto nivel usando medios que si bien son apropiados para estudiar lo físico, no lo son para estudiar los niveles elevados (conciencia). Esta tesis nos permite asociar componentes aparentemente duales asumiendo a su vez que cada ni-

vel tiene sus propiedades, pero dejando grandes interrogantes. Como por ejemplo la disputa sobre si dos pensadores pueden diferir en el contenido de su mente sin también diferir o no en algún aspecto neurofísico. La tesis superveniente complejiza de una forma muy interesante la discusión no solo de cómo se relaciona la mente con el cerebro sino, asumiendo la tesis emergentista, de cuáles son las propiedades de la mente y del cerebro por separado y como se vinculan sin caer en reduccionismos (Bermúdez, 2006).

De esta forma, resumiendo grosso modo, el emergentismo hace referencia a aquellas propiedades o procesos de un sistema *no reducibles* a las propiedades o procesos de sus partes constituyentes considerando el vínculo mente-cerebro como *monismo de sustancia y dualismo de propiedad*. Dando cuenta de una realidad material-orgánica con sus propiedades materiales de donde emerge al mismo tiempo la mente, contando también con sus propias propiedades, en relación a su vez con las propiedades materiales (Ruiz, 2010). Habilitando además a la discusión sobre el internalismo v externalismo vinculado a la superveniencia dado que la visión emergentista y su correlato neural permite dar cuenta de estos elementos al estar vinculados en la codificación y decodificación del vínculo mente-cerebro y sus componentes.

En este contexto teórico Taeda Smedes (2005) resume muy bien los principales alcances del planteo emergentista; 1) La asunción de una ontología monista donde se considera que la realidad en última instancia cuenta con una realidad material, pero insuficiente para explicar los diferentes estados que puede adoptar la realidad y la materia. 2) Que la materia (cerebro) cuenta con propiedades emergentes. 3) La irreductibilidad del proceso emergente (mente) a los fenómenos de bajo nivel (orgánicos) y su interacción. 4) Influencia causal entre las partes.

Principales aportes de la física cuántica a la discusión

Existen pocas teorías desde la física que intenten trabajar el vínculo mente-cerebro. Algunas de ellas además bastante dadas de baja a partir de dificultades para defenderlas y sostenerlas. Una de ellas es la teoría de interacción dualista de John Eccles. Los planteos teóricos de este autor parecerían dejar entrever su clara visión religiosa del mundo. Es un planteo claramente dualista, donde fundamenta que no es posible experimentalmente abordar la unicidad cerebro-espíritu, considera su teoría del campo cuántico de probabilidad a nivel de las sinapsis neuronales como la forma y el lugar donde se da la interacción mente-cerebro basado en el efecto de la intencionalidad en la exocitosis (Beck *et al*, 1992). Esta teoría es en sí misma muy criticable, a pesar de ser coherente matemáticamente y estadísticamente, el autor en definitiva plantea que ontológicamente el pensamiento es diferente que la materia, y por lo tanto, de tienen porque tener vínculo alguno (Pastor-Gómez, 2002). Otra de las teorías cuánticas vinculadas con filosofía de la mente es la teoría de la conciencia como coherencia

microtubular de Roger Penrose. El autor retoma los planteos de Hameroff y Watt quienes sugieren que la coherencia de la proteína tubulina en los microtúbulos del citoesqueleto pueden generar algo así como campos de coherencia cuánticos (Searle, 1997). Esta teoría tiene unos cuantos elementos teóricos para criticar, por ejemplo, las neuronas que poseen más microtúbulos son las menos vinculadas con la actividad consciente, y también en su planteo no considera la actividad electromagnética de las neuronas (Pastor-Gomez, 2002).

Estas dos propuestas se encuentran dentro de las principales teorías propuestas desde la física cuántica, quedándonos para trabajar la teoría de los condensados, la cual para nosotros es la más coherente con los hallazgos experimentales actuales.

Condensados de Bose-Einstein y Fröhlich

Si consideramos a la conciencia como una unidad debemos partir de la base que el sustrato físico debe estar en estado constante, o sea uniforme en espacio-tiempo. Este sistema condensado se puede considerar como una unidad aunque sea un sistema macroscópico como el caso del encéfalo. Además de que todas sus partes compartirían propiedades. El fenómeno físico que permite el máximo de condensación de un sistema es el condensado de Bose-Einstein. Este sistema permitiría propiedades como la superconductividad y la superfluidez. La propuesta teórica de los condensados sobre sistemas biológicos ha sido propuesto a varios niveles donde existe cantidades de energía almacenada y en movimiento (Miller, 1991). Este sistema se ha descrito como el *sistema de bombeo*, el cual consiste en que las membranas emitan fotones en longitudes de microonda y que luego de determinada amplitud el sistema vibre al unísono emitiendo y aceptando fotones (y/o fonones, como veremos plantea Fröhlich). El sistema obtendría la energía a partir de los potenciales de acción y la actividad eléctrica de las membranas celulares. De esta manera el EEG sería una forma de ver un correlato de esta actividad mecánico-cuántica, pudiendo corroborar actividad consciente e inconsciente. La idea del condensado, vale remarcar, implica también la consideración de la actividad neuronal individual y de circuitos computacionales, además de poder ser pensada desde el punto de vista evolutivo según las cualidades de la conciencia a diferentes niveles de la escala zoológica.

Según Marshall (1989) existen tres realidades, la mental, la corporal y la cuántica. Las tres relacionadas entre sí en el estudio de la conciencia. Este autor considera la conciencia como lo opuesto anestesia y como sinónimo de awareness. Para Marshall la actividad cuántica cerebral se encuentra entre la actividad física y psíquica, encontrando correlato en los estados mentales y el momento del cerebro asociado. También fundamenta que el condensado con los arreglos de Fröhlich cumple con los requisitos para el estudio de la conciencia. Además de poder ser aplicado a los encéfalos de diferentes mamíferos y en correlato con las áreas del encéfalo acusa-

das como responsables de la conciencia. Este hecho se puede tomar en correspondencia a las críticas que Pastor-Gómez (2002) le hace a teoría del condensado de Bose-Einstein y a la postura de Danah Zohar dado que Pastor plantea que un punto incoherente a la teoría del condensado es que es que si un área del encéfalo se encuentra en estado Ψ todo el encéfalo se debería encontrar en ese estado, y que no es así dado que no todo en encéfalo es responsable de la conciencia como propiedad de lo mental.

Uno de los principales aportes de Fröhlich es la posibilidad de pensar el condensado a temperatura corporal, dado que la teorización de Bose-Einstein estaba pensada a 0 K. Y que la actividad del condensado estaba basada en la oscilación coherente de las membranas celulares en la emisión y absorción de microondas (Blinowska *et al*, 1985). Los planteos de Fröhlich consistieron básicamente en pensar al sistema nervioso como una orquesta con oscilaciones como una unidad única. Con la conjetura básica de que los sistemas biológicos deben poseer una forma de vibración colectiva a través de los fonones. Esto supone y explica algunas particularidades como la oscilación de las macromoléculas en el sistema (Bhaumik *et al*, 1976). Como bien se sabe, los fonones son parte de los bosones, dejando abierta esta particularidad cuántica a diferentes interpretaciones sobre aspectos físicos y psíquicos variados.

Consideraciones finales

En torno a estas teorías y consideraciones cuánticas surgen muchas preguntas. Desde las más básicas; es realmente la cuántica que podría aproximarse a como emerge la propiedad mental del sistema nervioso?, hasta algunas más complejas como; tendrá alguna relación el estado interno de la persona con el colapso de la onda?. Hasta el momento nada de esto se ha podido responder, pero la cuántica aun mantiene el deseo de aportar. Lo que si se hace más que interesante es teorizar sobre las supuestas bases neurales de la conciencia (Chalmer, 1998; Bodovitz, 2008) y como las propiedades cuánticas de ese material neural puede ayudar a entender algunas propiedades de la conciencia (y porque no también de la inconsciencia). A mi humilde entender la teoría de los condensados aplicados a estas redes neurales adjudicadas responsables de la actividad consciente puede ser una de las posibles formas para que la física cuántica pueda aproximarse al estudio de la conciencia y como esta emerge con sus propiedades del tejido nervioso. De aquí en adelante los qualias, los estados mentales y todo lo relacionado con el mundo interno del sujeto tendrían que ver con las cualidades del condensado nervioso, como es la resonancia de este, y al decir de Miller (1991) podría ser la vida (y la conciencia) la que podría disminuir la indeterminación cuántica de los elementos, lo cuál tendría relación con el colapso de la función de la onda.

En este contexto, podríamos vincular 4 elementos que se desprenden del estudio científico de la conciencia:

- Vincular las propiedades de los condensados -asu-

miendo sus propiedades cuánticas-

- aplicados a las estructuras neurales responsables de la consciencia,

- dando cuenta de cómo los estados mentales pueden afectar la consciencia y sus propiedades,

- sumándole a esta lógica el working model sobre cómo funciona la actividad consciente de Edelman (2003) donde existe un centro dinámico en relación bidireccional con el cuerpo y el cerebro que impulsan la acción, y que a su vez recibe información del medio exterior y procesa fenomenológicamente.

Quizás, un nuevo working model podría ser la vinculación de los estados mentales con el centro dinámico que propone Edelman y como estos a través de las bases neurales interfieren en el comportamiento del condensado, y este en la función de la onda. Claramente este modelo nos deja, dentro de las teorías de la filosofía de la mente, cerca del emergentismo y la superveniencia (Karakostas, 2009).

Hasta aquí, ha sido solo el tímido intento de vincular campos temáticos que intentan hablar de lo mismo, pero que pocas veces se logran encontrar. Si el lector logra sentirse mínimamente entusiasmado como para profundizar en las teorías aquí planteadas en pro de profundizar en el vínculo consciencia, fenomenología, física cuántica y neurociencias sentiré que este trabajo cumplió su objetivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acacio de Barros, J.; Suppes, P. (2009). Quantum mechanics, interference, and the brain. *Journal of Mathematical Psychology*, 53: 306-313.
2. Beck, F.; Eccles, J. (1992). Quantum aspects of brain activity and the role of consciousness. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 89: 11357-11361.
3. Beorlegui, C. (2007). *Filosofía de la Mente: visión panorámica y situación actual*. Revista Realidad. n° 111, pág. 121-160.
4. Bermudez, J.L. (2006). *Philosophy of psychology*. Routledge Ediciones.
5. Bhaumik, D; Bhaumik, K; Dutta-Roy, B. (1976). A microscopic approach to the frohlich model of bose condensation of phonons in biological systems. *Physics letters*, 59 (1): 77- 80.
6. Blinowska, K.J.; Lech, W. (1985). Cell membrane as a possible site of frohlich's coherent oscillations. *Physics letters*, 109 (3): 124: 126.
7. Bodovitz, S. (2008). The neural correlate of consciousness. *Journal of Theoretical Biology*, 254: 594- 598.
8. Chalmers, D. (1998). On the search for the neural correlate of consciousness. En: *Toward a science of consciousness II*. MIT Press.
9. Cobos, P. (2005). *Conexionismo y cognición*. Editorial Pirámide.
10. Edelman, G. (2003). Naturalizing consciousness: A theoretical framework. *PNAS*, 100 (9): 5520 -5524.
11. Marshall, I. (1989). Consciousness and Bose-Einstein condensates. *New ideas in psychology*, 7 (1): 73-83.
12. Miller, D. (1991). Useful perspective on the relation between biological and physical description of phenomena. *J. theor. Biol*, 152: 341-355.
13. Pastor-Gómez, J. (2002). Mecánica cuántica y cerebro: una revisión crítica. *Rev Neurol*, 35 (1): 87-94.
14. Pratt, D. (1997). Consciousness, Causality, and Quantum Physics. *Journal of Scientific Exploration*, 11 (1): 69-78.
15. Karakostas, V. (2009). Humean Supervenience in the light of contemporary science. *Metaphysica*, 10: 1-26.
16. Ruiz, P. (2010). La psicología naturalizada como herramienta neurofilosófica y neuroepistemológica. *Cuad Neuropsicol*. Vol 4, n° 1, pág. 20-30.
17. Searle, J. (1997). *The mystery of consciousness*. New york review books.
18. Smedes, T. (2005). *Mind & Emergence: From Quantum to Consciousness*. *Ars Disputandi*, vol 5. Obtenido de: <http://www.ArsDisputandi.org>
19. Smith, C. (2006). The 'hard problem' and the quantum physicists. Part 1: The first generation. *Brain and Cognition*, 61: 181-188.
20. Smith, C. (2009). The 'hard problem' and the quantum physicists. Part 2: Modern times. *Brain and Cognition*, 71: 54-63.