



Artículo de Revisión:

Amor y adicción: comparación de las características neurales y conductuales.

Love and addiction:
comparison of the neural and behavioral characteristics.

Rev. chil. neuropsicol. 2009; 4 (2): 84-90
Publicado online: 30 diciembre 2009

Fernando Maureira C. ^a *

^a Departamento de Educación Física. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Chile.

(Rec.: 08 de agosto 2009. Acep.: 10 de diciembre 2009)

Resumen

El amor es una experiencia placentera que se encuentra presente en todas las culturas y que posee una compleja base neurobiológica que la sustenta. El sistema neural del placer es fundamental para dicha experiencia y al contrario de lo que normalmente se piensa, el amor está ligado más con el sistema motivacional que con emociones. Los núcleos y los neurotransmisores que sintetizan la experiencia del amor son los mismos que sustentan la adicción a las drogas como la cocaína, las anfetaminas o la morfina. Además los síntomas por abstinencia del consumo de drogas y los que se generan cuando se termina una relación de pareja son casi los mismos.

Palabras Clave: Amor, motivación, placer, sexo, adicción, abstinencia.

Abstract

The love is a pleasant experience that is present in all the culture and that possesses a complex base neurobiological that sustains her. The neural system of the pleasure is fundamental for the above mentioned experience and unlike what normally this one thinks the love tied more with the system motivational that with emotions. The nucleuses and the neurotransmitters that they synthesize during the experience of the love are the same that sustain the addiction the drugs as the cocaine, the amphetamines and the morphine. In addition the symptom for abstinence of the consumption of drugs and those who are generated when a relation of pair finishes are almost the same one.

Keywords: Love, motivation, pleasure, sex, addiction, abstinence.

* Correspondencia: Profesor de Postgrado. Departamento de Educación Física, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Santiago, Chile. Dirección: Luis Bisquert 2765, Ñuñoa. Teléfono (56 2) 7520648 Fax: (56 2) 2388811. E-mail: maureirafernando@yahoo.es

Introducción

Jankowiak y Fisher (1992) muestran que la atracción romántica esta presente en 147 de 166 sociedades y postulando que a las restantes culturas fueron no fueron hechas las preguntas apropiadas etnográficamente. El amor es una experiencia placentera presente en todas las culturas y en todos los períodos históricos, ya en Sumeria cuatro mil años antes de cristo se pueden leer grabados como "mi amado, delicia de mis ojos" (Páez, 2006), desde ahí hasta nuestros días la experiencia de amor romántico se encuentra presente en pinturas, poemas, esculturas, canciones, libros, etc. Sin embargo es solo durante el siglo veinte que se comienza a estudiar el funcionamiento del sistema nervioso como la fuente de explicación funcional de las diversas experiencias que vivenciamos, de esta forma la neurociencia con sus diversas ramas intentan esclarecer los fenómenos cognitivos más complejos que poseemos en nuestra naturaleza como seres humanos. Dentro de este contexto el amor deja de ser solo una preocupación de artistas, filósofos y psicólogos y se convierte en materia de estudio de la ciencias biológicas, quienes tratan de encontrar las bases neurofuncionales que llevan a la experiencia de la atracción romántica.

El amor esta relacionado con ciertas funciones del sistema nervioso central, con núcleos y neurotransmisores determinados y que poseen como única finalidad el apego a la pareja para la reproducción y el cuidado de las crías (Fisher, 2002). Diversos estudios neurofisiológicos (Wang et al, 1998; Fisher et al, 2002; Aragona et al, 2003; Young et al, 2004; Aron et al, 2005) sostienen que el amor romántico está relacionado con el sistema de recompensa cerebral, íntimamente relacionado con la motivación y no con las emociones.

Bases neurobiológicas de la motivación

Tradicionalmente, las orientaciones biológicas en Psicología de la Motivación se han centrado en el estudio de las bases orgánicas que permiten entender y explicar las distintas conductas motivadas (Palmero, 2005). La motivación tiene relación con la búsqueda o rechazo de ciertos estímulos, es un conjunto de acciones conductuales tendientes a buscar el

placer o huir de estímulos dolorosos, es decir, que un estímulo provocará un conjunto de posibles respuestas por parte de un organismo, así el estímulo genera una respuesta de atracción o aversión a dicha situación y es entonces cuando el sistema biológico genera un conjunto de acciones conductuales tendiente a uno de estos dos fines. Las acciones de comer, beber y copular son los ejes motivacionales que llevan a un organismo a generar un conjunto de conductas que busquen alcanzar estos fines, esto conocido como motivación de aproximación (Davidson, 1999). Por el contrario, la motivación de evitación, lleva aun sistema biológico a alejarse de la fuente que genera una experiencia desagradable, dolorosa y aversiva (Davidson, 1999).

A principios del siglo XX el psicólogo Thorndike evaluaba la capacidad de resolución de problemas de animales. En ese entonces formuló la Ley del Efecto, la cual establece que la probabilidad de que una conducta ocurra depende de sus consecuencias (Palmero et al., 2005). Una consecuencia satisfactoria aumenta la ocurrencia de una conducta. Así, desplegamos conductas con base en las consecuencias obtenidas. El efecto hedónico que provee el reforzador una vez obtenido es lo que se conoce como recompensa.

Para Brown y Pluck (2000) es a través del circuito tálamo-corteza-estriado-pálido, y de sus distintos subcircuitos, que se establece el eje relevante sobre el que se fundamenta la motivación desde un punto de vista neurobiológico basado en la auto-regulación.

Gray (1991) postula que cada uno de los sistemas de aproximación y evitación responde a un tipo concreto de estímulos con patrones específicos de conductas y estructuras neurales concretas. Desde que Olds y Milner (1954) encontraran centros asociados al placer, se ha estudiado mucho sobre las bases neurobiológicas del refuerzo y por ende de la motivación, en donde el principal elemento es el sistema meso-cortico-límbico, que se origina en el área tegmental ventral del mesencéfalo (VTA) y que proyecta fibras al núcleo accumbens (NAc) y la corteza prefrontal medial (CPF). El núcleo accumbens es la principal estructura relacionada con la motivación de aproximación recibiendo información de las áreas primarias sensoriales, de la amí-

dala y del hipocampo, y proyectándose de regreso a las zonas mesencefálicas y también al hipotálamo donde se originan las respuestas autonómicas. Las neuronas del mesencéfalo que proyectan al núcleo accumbens utilizan dopamina que contribuye a la asociación entre estímulos y conductas gratificantes. La actividad de la dopamina en el núcleo accumbens aumenta durante la fase anticipatorio y de conducta motivada, no así en la etapa consumatoria del comer, beber o copular (Robbins y Everitt, 1996, citado en Palmero et al. 2005). Cousins y Salomone (1994) sugieren que la dopamina se relaciona con la conducta motivada y no el placer propiamente tal.

El sistema motivacional de evitación está relacionado con los estímulos de castigo, dolor y la frustración tras la ausencia de recompensa. Las estructuras que permiten este sistema son: la formación del hipocampo, el área septal, algunas estructuras del cíngulo de Papez, el hipotálamo, el núcleo amigdalino, las proyecciones noradrenérgicas del locus ceruleus, las proyecciones serotoninérgicas del rafe del troncoencefálico y la corteza prefrontal (Gray, 1999). "El área subicular ubicada en el hipocampo, recibe información desde la corteza prefrontal (encargada en preparar las expectativas), de la corteza entorrinal (relacionada con la memoria) y del tálamo (encargada en transmitir la información sensorial). Además el subículo se comunica con el septum y el circuito de Papez" (Palmero, 2001). El neurotransmisor que parece estar relacionado con la motivación de evitación es el GABA, existente en todo este circuito. Mediante este sistema se genera: a) evitación pasiva relacionada con la inhibición de una conducta de aproximación a un estímulo, y b) evitación por extinción, la cuenta de la inhibición de una conducta por no existir recompensa por ella (Palmero, 2001).

Sistema neural del placer

En 1954 James Olds y Peter Milner colocaron un electrodo de estimulación eléctrica en el cerebro de una rata. El animal se encontraba dentro de una caja donde tenía la opción de presionar una palanca y autoadministrarse pulsos eléctricos. La rata podía presionar la palanca desde 500 hasta 5000 veces en una hora, y, prefería la autoestimulación eléctrica

en vez de comer, beber o copular. Entonces los investigadores estuvieron seguros de encontrar el centro del placer (Palmero et al. 2005).

Ahora se sabe que Olds y Milner colocaron los electrodos de estimulación en el área ventral tegmental (VTA) que se conectan con el núcleo accumbens (NAc). El VTA produce dopamina y la envía hacia el NAc, donde hay dos receptores: el D1 que es excitador y el D2 que es inhibitor. Cuando la dopamina se libera activa los receptores D1 provocando la actividad del NAc, tras un periodo el D2 regresa al NAc al estado anterior a la excitación. La activación del NAc por la liberación de dopamina del VTA ocurre ante la presencia de reforzadores naturales (comida, agua y sexo) y artificiales (drogas) (Palmero et al. 2005).

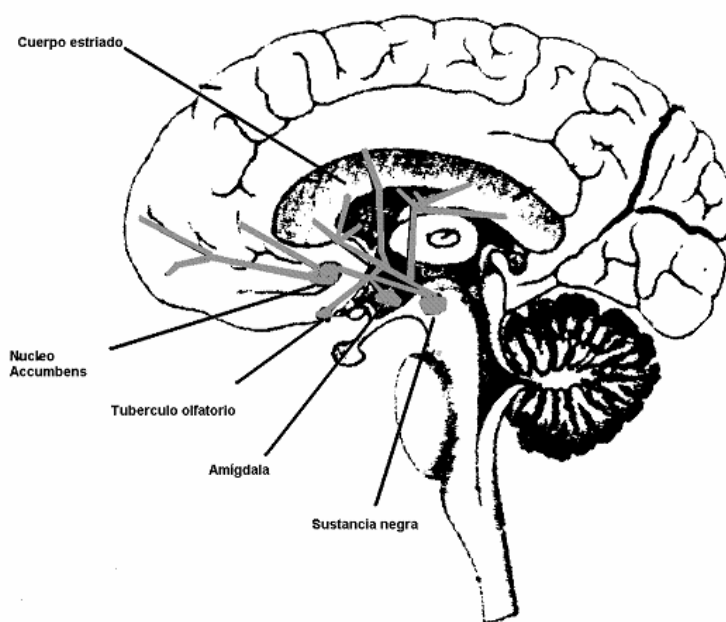


Figura 1 Vías de la dopamina y grupos neuronales que la sintetizan.

El NAc recibe proyecciones del hipotálamo lateral (HL), la corteza prefrontal (CPF), el tálamo dorsomedial (TDM), el hipocampo (HC) y por su puesto del VTA. El accumbens a su vez envía proyecciones al VTA y al HL. Mientras que el VTA envía y recibe proyecciones de la CPF y del HL. Estas estructuras forman el sistema de recompensa llamado también circuito límbico-motor. Dentro del sistema de recompensa la información visceral y endocrina es recibida por el HL, la activación del VTA ocurre ante la presencia

de reforzadores naturales o artificiales. La información del contexto es proporcionada por el HC, la planeación y la ejecución de la conducta de consumo estará a cargo de la CPF y de los núcleos de la base involucrados en la coordinación de movimientos (Palmero et al. 2005). Para Montes y Próspero (2005) el NAc parece ser un integrador del estado inicial de necesidad, de la ejecución de una conducta motivada y la sensación subjetiva de placer ante la obtención y/o consumo del reforzador.

Bases neurales de la adicción

La recompensa inducida por drogas induce aprendizajes que pueden modular las preferencias del individuo. Se cree que muchas de estas preferencias son en parte el resultado de un proceso de condicionamiento (Coria et al. 2008). La técnica de preferencia de lugar condicionado (PLC) es una herramienta que permite inferir si un estímulo fue lo suficientemente grande como para producir experiencia gratificante o aversiva. Las cajas experimentales de PLC contienen dos compartimentos diferentes, en uno de los cuales se encuentra un estímulo placentero (Coria et al. 2008).

“Se ha demostrado que, con una sola prueba de condicionamiento, las ratas desarrollan PLC por compartimentos asociados con la cópula (Agmo, 1990), lo cual indica que el sexo induce un estado de recompensa con suficiente intensidad para condicionarse a estímulos ambientales que sirven de predictores futuros. [...] De la misma forma, las ratas también desarrollan PLC hacia lugares asociados a la administración de ciertas drogas como cocaína intravenosa (0,5 mg/kg) o intraperitoneal (10 mg/kg), o inyecciones de morfina (5 mg/kg) (Bardo, 1984; Spyraki, 1987; Olmstead, 1997). [...] A través de pruebas de voltimetría y microdialisis se ha demostrado que la dopamina participa en las preferencias condicionadas por drogas. La cocaína o las anfetaminas incrementan la actividad dopaminérgica en el NAc de ratas. Además, las inyecciones de anfetaminas directamente en el NAc inducen preferencia de lugar condicionado (Hemby et al. 1992)” (Coria et al. 2008. p. 214-5).

Otros estudios demostraron que inyecciones de antagonistas dopaminérgicos D2 bloquean completamente los efectos reforzadores de las anfetaminas y que inyecciones sistémicas de agonistas D2 inducen preferencia de lugar condicionado, mientras que agonistas D1 inducen aversión de lugar condicionado en animales de laboratorio (Coria et al. 2008).

Coria et al. (2008) informa que en una revisión de Kovacs et al (1998) menciona que el tratamiento con oxitocina bloquea varios síntomas ocurridos por la abstinencia de morfina en ratones adictos. Además, de producir una disminución en la autoadministración intravenosa de heroína y de la hiperlocomoción causada por la cocaína. Lo anterior evidencia un efecto modulador de la oxitocina en relación al efecto recompensador en el consumo de drogas.

“Por otra parte se considera que los opioides desempeñan un papel importante en la recompensa a drogas. Inyecciones sistémicas o intracerebrales de agonistas de opioides específicos para receptores μ y δ inducen PLC, mientras que agonistas del receptor κ inducen aversión de lugar condicionada (Mucha y Herz, 1999)” (Coria et al. 2008. p. 216).

Química del amor romántico

La primera etapa relacionada con el apareamiento es el deseo sexual que puede ser definida como la necesidad de gratificación sexual, aquí son los estrógenos y andrógenos los encargados de generar esta conducta. La siguiente etapa es el amor romántico o enamoramiento que puede definirse como el proceso de atención a una pareja en particular para el apareamiento, sumada con la necesidad de unión sentimental con dicha pareja; aquí se observa un aumento de dopamina (DA) y norepinefrina (NE) y disminución de la serotonina (5-HT). Finalmente existe una etapa de apego de pareja con el fin de cuidar las crías, aquí se observa la construcción y defensa de una madriguera, se comparten los deberes de la crianza y existe comodidad y unión sentimental; aquí son dos neuropéptidos los encargados de esta conducta: la oxitocina (OT) y la vasopresina (AVP) (Fisher, H., 2002)

“Wang et al. (1999) demostraron que la administración sistémica de agonistas dopaminérgicos como la apomorfina facilita la formación de preferencia de pareja en ratones de pradera hembras que se exponían a un macho, mientras que los antagonistas como el haloperidol afectaba la formación de preferencia de parejas. Además, las inyecciones de antagonistas de dopamina para D2 afectaba la preferencia de pareja, mientras que agonistas para D2 facilitaban la formación de pareja. Los ratones de pradera machos también forman preferencia de pareja bajo los efectos de inyecciones de apomorfina y las inyecciones de haloperidol inhiben la preferencia de pareja. [...] La oxitocina y vasopresina también modulan las preferencias por sexo y parejas. Inyecciones de oxitocina directamente en el NAc de hembras de ratones de pradera produce preferencia de pareja, mientras que inyecciones de antagonistas de oxitocina en el NAc afectan la formación de las mismas.

Las inyecciones de vasopresina de ratones de pradera machos facilitan la formación de preferencia de pareja (Cushing et al, 2001). Además, las comparaciones de la distribución de receptores de oxitocina en el cerebro entre ratones de pradera monógamos y polígamos han revelado diferencias importantes. Específicamente, los ratones monógamos expresan más receptores de oxitocina en el NAc que los polígamos (Insel et al. 1992)" (Coria et al. 2008. p. 215).

Finalmente tratamientos sistémicos con el antagonista de opioide naxalona bloquean las propiedades recompensadoras de la eyaculación en ratas machos, de la misma forma que bloquean las propiedades recompensadoras de cópula en hembras y la preferencia de pareja condicionada (Coria et al. 2008).

Conductas durante el enamoramiento

En una relación de pareja existen conductas características como dependencia emocional, celos, posesión, temor al rechazo, ansiedad por la separación, empatía hacia la persona objeto del amor, deseo de sacrificarse por el bien de ella, reordenación de prioridades diarias para estar disponible al amado, deseo sexual con exclusividad por la persona amada, deseo de unión emocional más importante que el sexual y pasión involuntaria e incontrolable.

Todas las conductas que pueden observarse en un sujeto enamorado pueden ser explicadas desde la neuroquímica de su cerebro. El aumento de dopamina aumenta la atención y la tendencia a considerar única a la persona amada. Provoca euforia, pérdida del apetito y sueño, temblor, palpitations, aumento de la frecuencia respiratoria, ansiedad, pánico, temor, cambios súbitos de humor, desesperación si se rompe la relación. Todas ellas conductas características de la dependencia de drogas como la cocaína y las anfetaminas (Páez, 2006).

El aumento de norepinefrina permite la fijación en cualidades positivas y desestima las negativas de la persona amada y la disminución de la serotonina genera pensamientos obsesivos hacia la persona amada, situación que también ocurre en los trastornos obsesivos (Páez, 2006).

Síndrome de abstinencia a la cocaína y enamoramiento

El síndrome de abstinencia esta dado por dos tipos de dependencias: a) Una física generada por un estado de adaptación

del organismo que se traduce en la presencia de alteraciones físicas al suprimir la administración de cocaína, y b) una dependencia psíquica generada por un estado de bienestar y satisfacción motivado por el consumo de la cocaína y que induce al individuo a repetir su administración para continuar en ese estado o evitar la aparición de síntomas de abstinencia, siendo éste el factor más importante (DSM IV).

El síndrome de abstinencia a la cocaína aparece en pocas horas o días después de interrumpir el consumo abundante y prolongado de la droga. Los síntomas de abstinencia aguda se observan con frecuencia después de períodos de consumo de dosis altas y repetidas. Estos períodos se caracterizan por sentimientos intensos y desagradables de lasitud y depresión que requieren generalmente algunos días de descanso y recuperación. Pueden aparecer síntomas depresivos con ideas o comportamiento suicidas, que constituyen el problema más grave observado durante este período de abstinencia de cocaína (DSM IV).

Glavin y Kleber (1986) describieron un síndrome de abstinencia por cocaína que consta de 3 fases:

Fase 1. Crash, de 9 horas a 4 días. Al finalizar un episodio de abuso continuado de cocaína que puede haber durado varios días, se produce el crash o estado de gran abatimiento que cursa con depresión, anhedonia, insomnio, irritabilidad, ansiedad y deseo imperioso de volver a consumir cocaína. En esta primera fase, el estado de fatiga se acentúa hasta llegar a la letargia y anergia. De la anorexia inicial se pasa a la bulimia y del insomnio a la hipersomnia, y el deseo de consumir inicial va desapareciendo. Se pueden presentar ideas paranoides y de autolisis.

Fase 2. Abstinencia, de 1 a 10 semanas. Se inicia a partir del 5º día después del último consumo de cocaína. Cursa con anhedonia, cierta disforia, anergia, ansiedad, irritabilidad, sensación de intenso aburrimiento y craving.

Fase 3. Extinción, de duración indeterminada. Recuperación del estado afectivo de base con una respuesta hedónica renormalizada. Los estímulos condicionados al consumo de droga pueden desencadenar un estado de necesidad y búsqueda de droga que precipita la recaída.

En el caso de la ruptura de una relación de pareja se sigue las mismas fases que en el duelo por pérdida,

establecidas por el psiquiatra Kübler-Ross: negación-disociación-aislamiento, rabia, negociación, depresión y aceptación (Maciejewski et al. 2007). Tras la ruptura de una relación de pareja se produce un síndrome de abstinencia en relación a la persona amada, con dependencia física y psíquica, que se puede presentar pasada algunas horas y sobre todo varios días después del término de la relación. A partir de ese momento se producen síntomas como depresión, insomnio, irritabilidad y fuertes deseos de volver a estar con esa persona, incluso a veces se presentan ideas suicidas. También se observa ansiedad, aburrimiento, poca energía y falta de deseos de vivir (Páez, 2006). La duración lo anterior va a depender de las condiciones biológicas de cada sujeto y el tiempo de duración de la relación.

Posteriormente viene una fase en que el sujeto comienza a sentirse mejor y disminuyen los síntomas de la abstinencia, sin embargo es una etapa en la cual frente al antiguo estímulo amoroso se recae en el consumo, se vuelve a una relación de pareja. (Páez, 2006). Si no existe una recaída con el objeto amado, los síntomas van decayendo lentamente hasta llegar a la total aceptación del fin de la relación. En una pérdida no patológica este período siempre es inferior a los dos años (Maciejewski et al. 2007).

Conclusiones

Basado en los antecedentes anteriores podemos comparar el estado de enamoramiento con los estados de adicciones a ciertas drogas, tanto en las bases neurales que la solventan, como en los estados conductuales que conllevan su presencia y su posterior pérdida. El amor de pareja está claramente relacionado con el sistema motivacional, con el placer surgido del sexo y es una necesidad fisiológica, más que una emoción.

El síndrome de abstinencia a la cocaína es el que presenta mayor similitud con los síntomas físicos y psicológicos observables en las personas que han perdido su pareja por separación. Ambas situaciones muestran homologías estructurales y conductuales, lo que puede convertirse en una base para postular al amor como una adicción natural.

A futuro sería interesante estudiar la evolución de los síntomas de abstinencia por pérdida de pareja y com-

parlos con la evolución del síndrome de abstinencia a cocaína, de manera de determinar los tiempos de duración y establecer similitudes empíricas entre ambos procesos.

Referencias bibliográficas

- American Psychiatric Association (2002). *DSM-IV-TR. Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales. Texto revisado*. Barcelona: Masson.
- Aragona, B.; Liu, Y.; Curtis, T.; Stephan, F.; and Wang, Z. (2003) A critical role for nucleus accumbens dopamine in partner preference formation in male prairie voles. *Journal of Neuroscience*, 23, 8: 3483
- Aron, A.; Fisher, H.; Mashek, D.; Strong, G.; Li, H. and Brown, L.; (2005) Reward. Motivation and emotion system with early-stage intense romantic love. *Journal Neurophysiology*, 94: 327-337.
- Coria-Avila, G.; Pfau, J.; Miquel, M.; Pacheco, P.; Manzo, J. (2008) Preferencias condicionadas por sexo y drogas: comparación de las bases neurales. *Rev. Neurología*, 46 (4): 213-218
- Critelli, J.; Myers, E. and Loos, V. (1986) The component of love: romantic attraction and sex role orientation. *Journal of Personality*, 54, 2: 354-370.
- Cubillo, S. (2007) Las vías del amor. *Gaceta de Psiquiatría Universitaria*, 3, 2: 142-147.
- Fisher, H.; Aron, A.; Mashek, D.; Li, H. and Brown, L. (2002) The neural mechanisms of mate choice: a hypothesis. *Neuroendocrinology Letters*, 23: 92-97.
- Fisher, H.; Aron, A.; Mashek, D.; Li, H. and Brown, L. (2002) Defining the brain system of lust romantic attraction and attachment. *Archives of Sexual Behavior*, 31, 5: 413-419.
- Fisher, H.; Aron, A. and Brown, L. (2006) Romantic love: a mammalian brain system for mate choice. *Philosophical Transaction Royal Society B*, 361: 2173-2186.
- Fromm, E. (1956) *El arte de amar*. Barcelona. Paidós.
- Jankowiak, and Fisher, H. (1992) A cross-cultural perspective of romantic love. *Ethos*, 31: 19-155.
- Kovacs GL, Samyai Z, Szabo G. (1998) Oxytocin and addiction: a review. *Psychoneuroendocrinology*, 23: 945-62.
- Maciejewski, P.; Zhang B.; Block, S.; Prigerson, H. (2007) An Empirical Examination of the Stage Theory of Grief. *JAMA*, 21 (7): 716-23
- Maureira, F. (2008) Amor y monogamia como conductas biológicas. *Gaceta de Psiquiatría Universitaria*, 4, 3: 326-330.
- Montes, C.; Prospero, O. (2005) El paraíso y el infierno en el cerebro: el sistema de recompensa. *LiberAddictus*, 86.
- Najib, A.; Lorberbaum, J.; Kose, S.; Bohning, D. and George, M. (2004) Regional brain activity in women grieving a romantic relationship breakup. *American Journal of Psychiatry*, 161: 2245-2256.
- Olds, J. (1956). Pleasure centers in the brain. *Scientific American* 195: 105-116.
- Olds, J. (1958). Self-Stimulation of the Brain. *Science* 127: 315-324.
- Ophir, A.; Wolff, J.; Phelps, S. (2008) Variation in neural V1aR predicts sexual fidelity and space used among male prairie voles in semi-natural setting. *PNAS*, 105, 4: 1249-1254.
- OMS. (1992) *Clasificación de los Trastornos Mentales y del Comportamiento de la CIE-10*. Meditor. Madrid.
- Paéz, X. (2006) Neurobiología del amor y sustrato biológico de la monogamia. Seminarios postgrados multidisciplinarios biología celular. Universidad de los Andes, Venezuela.
- Palmero, F.; Gómez, C.; Carpi, A.; Guerrero, C.; Diez, J. (2005) Motivación y biología: desarrollos teóricos. *Revista Electrónica de Motivación y Emoción*, 8, 20-21: 1-60.

- Pichot P, Lopez-Ibor J, Valdés M. (1995) *DSM-IV. Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales*. Barcelona: Masson.
- Sternberg, R. (1989) *El triángulo del amor: intimidad, pasión y compromiso*. Barcelona. Paidós.
- Wang Z, Yu G, Cascio C, Liu Y, Gingrich B, Insel TR. (1999) Dopamine D2 receptor-mediated regulation of partner preferences in female prairie voles (*Microtus ochrogaster*): a mechanism for pair bonding? *Behav Neurosci*, 113: 602-11.
- Young, L.; Wang, Z.; Insel, T. (1998) Neuroendocrine bases of monogamy. *Trends in Neuroscience*, 21, 2: 71-75.
- Young, L. and Wang, Z. (2004) The neurobiology of pair bonding. *Nature Neuroscience*, 7: 1048-1054
- Zeki, S. (2007) The neurobiology of love. *FEBS Letters*, 581: 2575-2579.