

NEUROCIENCIAS

Definición, Objetivos y Alcances. Dentro de las Ciencias Biomédicas, el término Neurociencias es relativamente reciente. Su empleo actual corresponde a la necesidad de integrar las contribuciones de las diversas áreas de la investigación científica y de las ciencias clínicas para la comprensión del funcionamiento del sistema nervioso (Rocha-Miranda, 2001). Las Neurociencias cobijan un área del conocimiento que se encarga del estudio del Sistema Nervioso desde el funcionamiento neuronal hasta el comportamiento. Obviamente, la comprensión del funcionamiento del cerebro normal favorece el conocimiento y la comprensión de anomalías neurobiológicas que causan desórdenes mentales y neurológicos. El propósito principal de las Neurociencias es entender cómo el encéfalo produce la marcada individualidad de la acción humana. Es aportar explicaciones de la conducta en términos de actividades del encéfalo, explicar cómo actúan millones de células nerviosas individuales en el encéfalo para producir la conducta y cómo, a su vez, estas células están influidas por el medio ambiente, incluyendo la conducta de otros individuos (Kandel, Schwartz & Jessell, 1997).

Los actuales estudiosos del cerebro, saben que para comprenderlo hay que derrumbar las barreras de las disciplinas tradicionales para mencionar apenas algunas de las áreas que han sido creadas, en gran parte para caracterizar los métodos de estudio. Esta tendencia queda muy evidente en las obras científicas recientes las cuales tratan de las funciones más complejas de este órgano, como las emociones y la consciencia, apoyándose en los principales conceptos provenientes de las diversas disciplinas (Rocha-Miranda, 2001).

Algunas de las esperanzas alimentadas por este avance del conocimiento tienen que ver con el que aumente nuestra comprensión de las funciones normales así como también de las disfunciones psicológicas y consecuentemente, surjan métodos más eficaces de tratamiento de las enfermedades mentales que en conjunto eleven la calidad de vida del ser humano.

En principio, se puede afirmar que el desarrollo de las Neurociencias se deriva del abordaje multidisciplinario de los diversos fenómenos de interés, éstos incluyen desde los científicos de áreas más básicas como el caso de los físicos con sus aportes al conocimiento de los fundamentos de la excitabilidad celular o con sus aportes al desarrollo de redes neurales, hasta los que abordan el conocimiento con aproximaciones clínicas y/o poblacionales que contribuyen a dar una idea del ser humano integral.

No obstante, las Neurociencias dan cabida a prácticamente a todas las áreas del saber y cada una ha hecho importantes aportes a diferentes áreas temáticas, de las cuales, cabe destacar algunas como: desarrollo, envejecimiento y muerte neuronal; plasticidad celular y molecular; percepción, psicofísica y movimiento; funciones mentales superiores (memoria y aprendizaje, cognición, emociones, lenguaje, estados de conciencia); bases biológicas de las psicopatologías; psicofarmacología; abordaje etoexperimental e implementación de modelos en Neurociencias. Cada tema aquí mencionado podría subdividirse en sus respectivos componentes de abordaje

biofísico, neuroquímico, de genética y biología molecular, fisiológico, farmacológico, clínico y hasta poblacional. Consecuentemente, las ciencias básicas día a día profundizan más en la comprensión de los mecanismos que dan cuenta de cada tópico y, de esta forma, pasan por el estudio de las bases moleculares indispensables para que ocurran y se modulen dichos eventos hasta por la elaboración de modelos de redes neurales y de simulación predictiva de los mismos basados en las interrelaciones de cada elemento estudiado.

La genética hoy con el estudio del genoma humano y con los modelos de animales transgénicos o las mutaciones dirigidas viene describiendo las capacidades innatas del comportamiento y la posibilidad de manipularlas. La neurobiología del desarrollo ha hecho aportes significativos a las definiciones de los periodos críticos de desarrollo neuronal durante los cuales existe una alta vulnerabilidad del sistema nervioso con repercusiones duraderas o permanentes en el comportamiento. Los estudios de plasticidad neuronal y molecular han descrito mecanismos básicos responsables por los cambios adaptativos en diferentes fases del desarrollo ontogenético mejorando la comprensión de muchas de las preguntas relacionadas sobre los cambios comportamentales adaptativos resultados de la experiencia del individuo haciendo énfasis en los mecanismos sinápticos.

La psicofísica y los estudios de percepción han contribuido significativamente en la comprensión de las relaciones de categorías físicas medibles que inciden sobre los órganos sensoriales y la estimación cuantitativa de la percepción de dichas categorías. Quizás de los mayores avances se vienen dando con la comprensión de las funciones neurales superiores ayudados por el avance de la electrofisiología, la imagenología y el mejoramiento de los estudios de lesiones cerebrales en humanos y la manipulación controlada de distintos elementos del sistema nervioso en modelos animales.

Sin ninguna duda, una de las necesidades y puntos de mayor desarrollo de las Neurociencias ha estado en torno a la búsqueda y validación de diferentes tipos de modelos tanto animales como de simulación, que representen las características esenciales de los procesos que pretenden ser estudiados. En este aspecto, la psicofarmacología ha contribuido de manera significativa con su aporte a la validación o evaluación de muchos modelos de enfermedades mentales. Adicionalmente, la psicofarmacología ha hecho contribuciones esenciales a la clasificación y caracterización de receptores de membrana para los diferentes sistemas de neurotransmisores con sus consecuentes aportes utilizando sustancias que remedan o antagonizan los efectos funcionales repercutiendo en mejores opciones de tratamiento de los trastornos mentales. Es absolutamente imposible describir con justicia utilizando pocas palabras, los significativos avances en cada área de las Neurociencias pero si resulta necesario destacar que éstos sólo son posibles en la medida que el abordaje viene siendo hecho de manera multidisciplinaria.

Bases Epistemológicas: En la antigüedad, el cerebro aún no había sido estudiado y no se

reconocía a éste órgano como el genitor de la conducta humana (Kandell et al., 1997). Una de las más antiguas e importantes teorías referente a este tema, consideraba que la mente residía en los espacios ventriculares del cerebro, doctrina ventricular iniciada en el siglo 4 d.C., cuando la Iglesia Católica incorporó las enseñanzas anatómicas del romano Galeno (130-200 d.C.). Las funciones cerebrales fueron atribuidas a los ventrículos cerebrales y en todas las versiones de esta doctrina se consideró un esquema básico de distribución de las funciones mentales en tres etapas sucesivas correspondientes a las tres “células” ventriculares (anterior, mediana y posterior). La primera era la colecta de impresiones del ambiente (las sensaciones); la segunda, el procesamiento de las impresiones en imaginación o pensamiento; y la tercera, su almacenamiento en la memoria. Galeno afirmó que el cerebro es el órgano de la mente lo cual promovió, cientos de años después, la realización de experimentos con el fin de investigar con precisión las funciones del cerebro. Favoreció la mirada hacia el sistema nervioso como el regulador de la conducta y ejerció una profunda influencia en la medicina practicada en el Imperio Bizantino, que se extendió con posterioridad a Oriente Medio, para acabar llegando a la Europa medieval, que persistió hasta entrado el siglo XVII. De esta manera, en el siglo XVIII, antes de que se inventara el microscópico, se creía que el tejido nervioso tenía una función glandular (Herculano-Houzel, 2004).

El siglo XIX fue marcado por grandes cambios en la apreciación de la existencia humana. Emergía una sociedad civil que necesitaba de construirse independientemente de los dogmas y poder religioso. Nacía la Biología, identificando funciones y localizándolas en estructuras anatómicas definidas. Terminaba la creencia de que había un reino humano a parte, en una revolución de ideas cuyo principal promotor era Charles Darwin (1809-1882). Con la publicación de la obra “Sobre el origen de las especies”, Darwin, describió su teoría de la evolución, teoría que por excelencia ha ejercido más influencia en las ciencias biológicas. Las investigaciones de Darwin sobre la evolución fueron el punto de partida de la observación sistémica de los actos y de la conducta. Esta nueva aportación dio lugar a la psicología experimental, el estudio de la conducta animal y humana en condiciones controlada; y a la etología, el estudio de la conducta animal en condiciones de naturales (Kandel et al., 1997; Herculano-Houzel, 2004).

De esta manera, a finales del siglo XIX se fortalecieron los intentos de relacionar los conceptos biológicos con los psicológicos en el estudio de la conducta cuando el médico y neuroanatomista Franz Gall propuso que el encéfalo es un órgano de la mente y que el córtex cerebral no es homogéneo sino que contiene centros particulares que controlan funciones mentales específicas. Gall, por lo tanto, fue el primero que propuso la teoría de la localización (Simpson, 2005). No obstante, como no era un científico experimental, identificó erróneamente la función de la mayoría de las partes del córtex, al basarse en su creencia de que la localización de una facultad mental determinada podía averiguarse examinando la superficie del cráneo de los sujetos con dicha función bien desarrollada (craneoscopia). Gall fue rechazado por la academia, pero aún, sus ideas tuvieron gran impacto sobre las generaciones siguientes. Junto con sus seguidores fundó la Frenología, un intento de correlacionar la personalidad con las características

del cráneo. Movidos por la pretensión de probar que Gall no tenía razón, otros científicos comenzaron a provocar lesiones cerebrales en animales de laboratorio y observar sus consecuencias - que finalmente dependían de la localización de las lesiones. Nació el espíritu de la Neurociencia Experimental que hoy se conoce (Herculano-Houzel, 2004).

En este contexto, Pierre Florens intentó determinar la contribución relativa de diferentes partes del sistema nervioso a la conducta, extirpando en el encéfalo de animales experimentales los centros funcionales identificados por Gall. De estos experimentos, Florens concluyó que conductas específicas no dependen exclusivamente de regiones específicas del encéfalo, sino que todas las regiones del encéfalo, participan en cada función mental (teoría del campo agregado). Esta teoría prevaleció hasta que fue seriamente cuestionada por J. Hughlings Jackson quien demostró que diferentes procesos sensoriales y motores se localizan en diferentes partes del córtex cerebral.

En principios del siglo XX, estos estudios fueron elaborados sistemáticamente por el neurólogo alemán, Karl Ernick, Charles Sherrington y Ramón y Cajal en un enfoque opuesto de la función cerebral, denominado conexionismo celular. Según esta hipótesis, las neuronas individuales son unidades de señalización del encéfalo; se organizan por lo general en grupos funcionales y se conectan una con la otra de modo preciso. Ramón y Cajal, fue el primero a comprender que el denominador común de todos los cerebros es la presencia de neuronas y que todos los cerebros son sociedades celulares, la meta común de la cual está orquestrar la interconexión del comportamiento del organismo con el ambiente externo. Adicionalmente, consideraba que la función cerebral podría ser comprendida en el contexto del nicho evolutivo y ecológico en el cual había desarrollado y sobrevivido (Llinás, 2005).

En la década pasada, Kandel (1998), en el intento de proponer una base epistemológica capaz de soportar la teoría y práctica psiquiátrica y psicológica, propuso que todos los procesos mentales, incluso los procesos psicológicos más complejos derivan de operaciones cerebrales. El principio central de esta visión consiste en que lo que llamamos mente se trata de un conjunto de funciones llevadas a cabo por cerebro. Afirma que la acción del cerebro subyace no solo los comportamientos relativamente simple, más a todas las acciones cognitivas complejas. Adicionalmente, Kandel enunció en su marco teórico que las combinaciones de genes y sus productos proteicos son determinantes del patrón de interconexiones entre las neuronas del cerebro y de los detalles de su funcionamiento, por lo cual ejercen un significativo control sobre el comportamiento.

A partir de lo previamente mencionado, Kandel postula que así como las combinaciones de genes contribuyen a determinar el comportamiento, incluyendo el social, también la conducta y los factores sociales pueden ejercer acciones en el cerebro mediante una retroalimentación que modifica la expresión de los genes, es decir, su función transcripcional. De esto se podría inferir que el aprendizaje, considerado en su sentido más amplio como cambios relativamente permanentes de la conducta debidos a la experiencia, incluyendo el aprendizaje que da lugar a

disfunciones, como en el caso de algunos trastornos psicológicos, produce alteraciones en la expresión de genes. De esta manera, dichas alteraciones dan lugar a cambios en los patrones de conexiones neuronales, los cuales según Kandel, no sólo contribuyen a las bases biológicas de la individualidad, sino también son presumiblemente responsables de la iniciación y mantenimiento de anormalidades de la conducta inducidas a través de contingencias sociales.

Combinando los estudios de localización cerebral con las observaciones de la conducta cada vez más sofisticadas, ha sido posible aprender mucho acerca de la localización de las funciones mentales en el encéfalo. Hoy en día, la aplicación de las técnicas de neuroimagen está aportando considerable información con respecto a las regiones del encéfalo implicadas en conductas complejas específicas y como estas pueden descomponerse en operaciones mentales más simples, que tienen lugar en regiones encefálicas específicas que están interconectadas. Tales resultados han provocado un nuevo entusiasmo en la neurociencia actual basado en la convicción de que tenemos los conceptos idóneos y los instrumentos metodológicos para explorar el órgano de la mente.

Bases Empíricas: Considerando que las Neurociencias integran las contribuciones de las diversas áreas de la investigación científica y de las ciencias clínicas para la comprensión del funcionamiento del sistema nervioso, cada neurocientífico se dedica a aportar a la comprensión de diferentes aspectos de la conducta humana desde diferentes abordajes. En particular, la principal meta del área de Neurociencias de la Universidad Pontificia Bolivariana es estudiar la memoria y la emoción, así como la búsqueda y validación de algunos modelos animales que representen las características esenciales necesarias para comprender los procesos biológicos subyacentes a la estrecha relación entre estos dos procesos. De manera general, los conceptos y planteamientos desarrollados a continuación, son los que fundamentan la línea principal del área, los cuales asociados a toda la conceptualización sobre los procesos neurobiológicos subyacentes a los trastornos de ansiedad y de depresión, así como a algunos procesos cognitivos, son la fuente principal de interés como aporte al conocimiento científico.

La investigación de carácter científico sobre la memoria es muy reciente; aproximadamente cien años dan indicio de sus inicios (Baddeley, 1999). Sin embargo, desde la perspectiva filosófica se ha cuestionado e hipotetizado sobre ésta hace aproximadamente dos mil años. Es a partir de estos cuestionamientos que se plantean desafíos conceptuales sobre la memoria, para posibilitar la obtención de una explicación argumentativa, discursiva e instrumental que a su vez conlleve a la generación de nuevos planteamientos.

La memoria ha sido definida por McGaugh & Gold (1988) como la habilidad de aprender y recordar informaciones basadas en experiencias esenciales para la sobrevivencia; un estado estable de un sistema complejo con muchos componentes que se integran entre sí en consecuencia de un estímulo o un conjunto de estímulos (Izquierdo, 1992). De una manera más amplia, Tomaz (1993) conceptualiza la memoria como un proceso complejo de adquisición,

almacenamiento y recuperación de la información la cual es recibida o captada mediante los sentidos y que a su vez facilita la interacción entre los seres vivos, permitiéndoles la ubicación temporal en el pasado y futuro, un proceso vital para la supervivencia del individuo, así como de la especie. Dentro de esta perspectiva, la memoria ha sido estudiada a través de modelos animales y humanos. En animales se expresa mediante la modificación del comportamiento, caracterizada por cambios fisiológicos y conductuales que se traducen en respuestas viscerales y motoras simples; en humanos, puede ser medida, adicionalmente, por el reconocimiento de personas, palabras, lugares o situaciones (Rosat, 1991).

Existen diferentes maneras de categorizar y clasificar la memoria de acuerdo al tipo de información procesada (Baddeley, 1999). Una de las categorizaciones se refiere a los sistemas de memoria, los cuales corresponden al tiempo transcurrido entre la adquisición y la evocación de la información (Izquierdo, Medina, Vianna & Barros, 1999; Rosatt, Cháves, Ribeiro & Izquierdo, 1990). Se han identificado por lo menos dos sistemas de memoria, entre ellos el sistema de memoria a corto y a largo plazo. El sistema de memoria a corto plazo según se caracteriza por ser lábil, icónico y de limitada capacidad de duración; en este sistema se almacenan pequeñas cantidades de información por un período de tiempo limitado (Tomaz, 1993). Sin embargo, si la información adquirida en dicho sistema es significativa y posteriormente útil para el individuo, puede pasar al sistema de memoria a largo plazo (Baddeley & Warrington, 1970). A su vez, este último se caracteriza por ser más estable y de larga duración donde la información es almacenada en grandes cantidades por un período de tiempo indefinido y cuyo contenido puede ser evocado mediante estímulos relacionados (Tomaz & Costa, 2001).

En los sistemas de memoria, la información evoluciona y se desenvuelve de diversas formas, y en diversos niveles de clasificación. La memoria a largo plazo se ha clasificado en dos tipos: la memoria declarativa o explícita y la memoria no declarativa o implícita. La memoria declarativa o explícita (Squire, Shimamura & Amaral, 1989; Tomaz & Costa, 2001) hace alusión a la información que el individuo puede referir de manera verbal, es definida como “aquellas memorias explícitamente disponibles para la evocación consciente de hechos, acontecimientos o estímulos específicos”; es la memoria de acontecimientos sobre los cuales se puede pensar y hablar. Estudios experimentales con humanos, han demostrado que la memoria declarativa es más flexible que la no declarativa, es decir es accesible a múltiples sistemas de respuesta (Reber, knowlton & Squire, 1996). A diferencia de la anterior, en la memoria no declarativa, la información es más encapsulada y pierde acceso a sistemas no relacionados con aprendizajes iniciales (Squire & Zola-Morgan, 1996); comprende aprendizajes de carácter perceptual, de estímulos-respuesta y de carácter motor, los cuales no son necesariamente conscientes y parecen operar de manera automática. Científicos como Milner (1985), se refiere a esta clasificación como memoria implícita.

La memoria declarativa comprende dos subtipos de memoria: memoria semántica y memoria episódica. La memoria semántica (Ardila, 1992; Tomaz & Costa, 2001), incluye información verbal independiente de su fuente de origen o situación durante la cual se adquirió, es

decir, información fuera de contexto, como conocimientos aritméticos, significado de palabras, conceptos y personajes históricos; contiene información general y se mueve por significados. Por lo tanto, Tulving (1972), define la memoria semántica como aquella necesaria para el uso del lenguaje, el conocimiento organizado sobre las palabras y otros símbolos verbales, sus significados y referencias sobre ellos, y sobre las reglas, fórmulas y algoritmos para el manejo de símbolos, conceptos y relaciones. Este mismo autor conceptualiza la memoria episódica, como el “almacenamiento de eventos donde se utiliza un código espacial y temporal que incluye conocimiento de eventos o situaciones”. En este subtipo de memoria declarativa se encuentran las experiencias que el sujeto tiene como acontecimientos concretos del mundo y a través de ella se adquieren, almacenan y recuperan determinados hechos, impresiones y otros aspectos del pasado. En general, esta memoria corresponde a datos autobiográficos. En este subtipo de memoria se almacena la información por episodios y situaciones fijas temporalmente, y las relaciones temporo-espaciales entre tales situaciones (Tulving, 1972).

Una de las características de la memoria humana, que es pertinente enunciar y que la hace diferente de las memorias de los ordenadores, es que los seres humanos olvidan. A menudo el olvido es considerado como una molestia, sin embargo, este se constituye en una herramienta muy útil para el sistema de memoria humano. El proceso de olvido según Baddeley (1999), es “aquel por el cual las características importantes son filtradas y conservadas, mientras que el detalle no pertinente o predecible es destruido o almacenado de tal modo que no es fácilmente evocado”. Al respecto Lloyd y Lishman (1975), plantean que la capacidad de olvidar o recordar, está mediada por procesos de tipo emocional, afectivo y cognitivo, los cuales son de gran utilidad al momento de observar el incremento o decremento de los recuerdos en situaciones particulares y cómo son recordados fácilmente o por el contrario son olvidados sin aparente explicación. Con base en lo anterior, pueden surgir varios interrogantes: ¿cómo la información obtenida en situaciones determinadas logra consolidarse y expresarse en forma de recuerdo posterior al suceso o, por el contrario cómo es olvidada parcial o totalmente?

Planteamientos como estos muestran la importancia de otros procesos psicológicos, en especial, las emociones como facilitadores o inhibidores de los procesos de memoria. Últimamente, la emoción, se ha convertido en un tema de interés del estudio científico, especialmente cuando se ha encontrado que intervienen en su desarrollo factores de tipo fisiológico, además de los procesos cognitivos de interpretación y comprensión de las situaciones desencadenantes cognitivo y ambiental (Santiago, Tornay & Gómez, 1999). Lang (1995), define la emoción como el conjunto de sentimientos positivos o negativos producidos por situaciones específicas, que involucran la integración de componentes fisiológicos, comportamentales y cognitivos. Además, Barón y Robert (1996), plantea que estos componentes afectan la forma de actuar, pensar, recordar y sentir, convirtiéndose en uno de los aspectos esenciales que da sentido a lo que se es y a la existencia.

En cuanto a la interacción entre procesamiento de la información y emoción, autores como Frank y Tomaz (2003), reportan que un cuerpo de evidencias originadas de estudios con animales y humanos demuestra que la activación emocional influencia la retención mnemónica a largo plazo y desde el punto de vista del comportamiento, el mecanismo subyacente a este fenómeno es un estado de activación fisiológica y cognitiva causada por los estímulos. Izard (1993), expone que para que se dé este procesamiento existen 4 niveles; celular, orgánico, biopsicológico y cognitivo, donde cada uno representa un nivel de complejidad que inicia desde los procesos más sencillos de la biología hasta alcanzar la construcción de procesos mediados por la experiencia y el aprendizaje que facilitan la categorización, discriminación y comparación en la activación y regulación de la emoción. Las propiedades de categorizar, discriminar y comparar son procesos de la interrelación entre la emoción y la cognición, fundamentales para la retención, recuperación y el olvido de la información.

LeDoux (1993), sostiene que las emociones son respuestas conductuales, autonómicas y hormonales organizadas, que implican la vinculación de los procesos cognoscitivos para lograr una adecuada interpretación de los estímulos y situaciones ambientales, a fin de responder de manera adaptativa frente a estas situaciones, aun cuando suponen una amenaza para el organismo. Considerando este planteamiento, resulta pertinente abordar la vinculación y relación de la amígdala con la emoción. Respecto a esto, LeDoux (1993), sostiene que la amígdala desempeña un rol importante en las reacciones fisiológicas y conductuales, fundamentalmente ante aquellas situaciones que se asocian al dolor y a consecuencias aversivas y desagradables. La amígdala o complejo amigdalóide se constituye en una estructura cerebral que está localizada en los lóbulos temporales y se encuentra conformada por varios grupos de núcleos –núcleo medial, central, lateral o basolateral y basal-, de los cuales se expondrán el central y basolateral, teniendo en cuenta que el núcleo central está significativamente involucrado en el desarrollo de conductas y respuestas emocionales condicionadas, provocadas ante la presentación de estímulos aversivos, mientras que el basolateral se reporta (Buchanan, Denburg, Tranel & Adolphs, 2001; Cahill & McGaugh, 1998) como el núcleo amigdalino más importante para el almacenamiento de la memoria emocional, teniendo en cuenta su relevante participación en la consolidación de la memoria declarativa a largo plazo vinculada con eventos altamente emocionales.

En algunos estudios de neuroimagen funcional (Cahill & McGaugh 1996; 1998; Cahill & Stegeren, 2002; Hamann et al., 1999), donde se han señalado la participación de la amígdala para el almacenamiento de material emocional en humanos, se han demostrado también, la presencia de una asimetría funcional relacionada con el género, indicando una mayor activación de la amígdala derecha en hombres e izquierda en mujeres durante la presentación de imágenes con contenido emocional. Adicionalmente, estos autores sugirieron la existencia de una especialización hemisférica en el procesamiento de aspectos globales versus aspectos específicos, determinando la participación del hemisferio derecho en el procesamiento de elementos holísticos y el izquierdo para eventos detallados, tanto en sujetos saludables como con lesión cerebral.

Complementariamente, Adolphs, Cahill y Schul (1999), confirmaron la existencia de asimetría funcional en el complejo amigdalino, cuando al estudiar pacientes con compromiso de la amígdala izquierda, evidenciaron que éstos presentaban dificultad para recobrar palabras con contenido emocional, a diferencia de los pacientes con lesión del lado derecho, quienes no presentaron ninguna dificultad. Glosser et al. (1998) y Pillon et al. (1999), citados por Adolphs et al. (1999), demostraron también la dificultad de pacientes con compromiso cerebral derecho para recordar elementos no verbales con contenido emocional.

De acuerdo con LeDoux (1993), el sistema de memoria emocional constituye una categoría especial de la memoria, involucrada en el aprendizaje y almacenamiento implícito o inconsciente de información correspondiente al significado emocional de los eventos. En contraste con este supuesto, Cahill y McGaugh (1995), sustentan que la memoria emocional corresponde a un sistema de memoria explícito, teniendo en cuenta las evidencias existentes en relación a la influencia de la emocionalidad sobre el recuerdo consciente de la información y contemplando además, el tipo de material empleado, el intervalo de retención utilizado y la experiencia emocional presenciada.

Con el objetivo de analizar la modulación de la memoria por medio de la emoción, se han implementado diferentes herramientas con las cuales dichos sistemas emocionales han sido investigados en humanos, y cuyo reporte desde la literatura se referencia como el uso de fotos alertadoras y neutras (Taylor et al., 1998), expresiones faciales emocionales (Adolphs et al., 1999; Morris, Ohman & Dolan, 1998), películas cortas con contenidos emocionales opuestos (Lane, Reiman, Ahern, Schwartz & Davidson, 1998) e historias neutras e impactantes (Botelho et al., 2004; Cahill & McGaugh, 1995; Frank & Tomaz, 2002; Heuer & Reisberg, 1990). Dentro de esta perspectiva, algunas investigaciones recientes (Botelho et al., 2004; Cahill & McGaugh, 1995; Frank & Tomaz, 2000; Heuer & Reisberg, 1990) han demostrado que eventos y contenidos con características emocionales perduran en la memoria por mucho más tiempo que otros menos llamativos, proporcionando una menor posibilidad de olvido que según Baddeley (1999), corresponde a uno de los mecanismos evidenciados dentro del sistema humano de memoria, por el cual las características llamativas de orden cognoscitivo, emocional y afectivo, son filtradas y conservadas, mientras que las no pertinentes son destruidas o almacenadas haciendo más difícil su recuerdo. En consecuencia, las características de orden emocional y afectivo, especialmente la intensidad del estímulo, juegan un papel relevante a la hora de observar el incremento y decremento de recuerdos relacionados con situaciones particulares. Fundamentalmente, dicho incremento ha sido evidenciado a partir de los estudios realizados en la línea de memoria emocional, con los cuales se ha demostrado el efecto de potenciación que en algunas ocasiones ejerce el alertamiento emocional sobre la memoria declarativa, al aumentar la evocación de recuerdos en historias asociadas con contenido alertante emocionalmente (Botelho et al., 2004; Cahill & McGaugh, 1995; Frank & Tomaz, 2000; Heuer & Reisberg, 1990).

De hecho, se ha reportado en la literatura que el alertamiento emocional potencia la memoria tanto de sujetos saludables como la de sujetos con daño cerebral (Adolphs et al., 1997), a excepción de aquellos sujetos con compromiso bilateral de la amígdala en quienes no se reporta una diferencia significativa para el recobro y evocación de las láminas con contenido emocional de las de contenido neutro (Adolphs et al., 1997; Hamann et al., 1997). A favor de este planteamiento, estudios con tomografía por emisión de positrones (PET), entre éstos el de Cahill y McGaugh en 1996, han encontrado que durante el recobro de estímulos emocionales se muestra una marcada activación de la amígdala. Interesantemente y en particular dentro de esta investigación, no se reportó activación de esta misma estructura, cuando se asignaba el valor emocional a partir de la reacción emocional generada por la historia presenciada, proponiendo con este resultado que la amígdala es una estructura cerebral que se encuentra involucrada de manera importante en el procesamiento de la memoria asociada a eventos emocionales, pero no de la experiencia emocional subjetiva per se (Adolphs et al., 1997).

Por otro lado, se ha encontrado también que experiencias emocionalmente intensas consideradas como traumáticas pueden ocasionar amnesia psicógena (Baddeley, 1999; Markowitsch et al., 1998) o efectos adversos sobre la memoria (Brewin, 2001; Geuze, Vermetten, de Kloet & Westenberg, 2008; Gilbertson, Gurvitz, Lasko, Orr & Pitman, 2001; Emdad & Söndergaard, H.P., 2006; Megías, Ryan, Vaquero & Frese, 2007; Neylan et al., 2004). De esta manera, el impacto del estrés sobre la memoria ha sido comprendido como altamente perturbador, particularmente, en personas que sufren del Trastorno por Estrés Postraumático (TEPT), uno de los trastornos de ansiedad donde la naturaleza anormal de memoria traumática es manifestada por medio de síntomas de reexperiencia tales como pensamientos intrusivos, pesadillas y “flashbacks” acompañados de elevada reactividad emocional y fisiológica (Horowitz, Wilner, Kaltreider & Alvarez, 1980; Orr, Metzger & Pitman, 2002; Rabe, Dörfel, Zöllner, Maercker & Kart, 2006; Veazey, Blanchard, Hickling & Buckley, 2004). Específicamente, estudios realizados con prisioneros de campo de concentración han demostrado que algunas memorias centrales se deterioran con el tiempo, mientras otras pueden ser fuertemente recordadas (Brewin, 2001; Wagenaar & Groeneweg, 1990).

Los anteriores hallazgos suelen ser contradictorios ya que el enfrentamiento a un fenómeno muy estresante en unas ocasiones puede producir un recuerdo muy persistente y exacto, y en otras lo contrario, es decir, un deterioro del recuerdo total o parcial. Esta aparente contradicción, según Christianson y Engelberg (1997), parece cumplir con una función de supervivencia, la cual consiste por un lado en identificar y reconocer las situaciones amenazantes y, por otro, al olvido y deterioro del recuerdo de las experiencias desagradables. Por otro lado, se ha demostrado que el estrés intenso y prolongado altera la actividad hipocampal fundamental para la consolidación de la memoria declarativa interfiriendo sobre los procesos de potenciación a largo plazo (Aguado, 2002; Eichenbaum, 2000; Fortin, Wright & Eichenbaum, 2004; Squire, 1992; Zola, Squire, Teng, Stefanacci, Búfalo & Clark, 2000). Adicionalmente, tras la exposición al estrés

crónico, los altos niveles de hormonas corticoides, que generan las experiencias de estrés prolongado, pueden producir deterioro estructural hipocampal (Bremner et al., 2008; Bremner, Randall, Scott & Broker, 1995; Francati, Vermetten & Bremner, 2007; Bremner, Elzinga, Schmahl & Vermetten, 2008). Según Bremner (2003), los pacientes con TEPT víctimas de trauma de combate, abuso físico y sexual y abuso sexual infantil, presentan un menor volumen hipocampal. Así, la disminución en el volumen de esta estructura parece contribuir considerablemente para la disfunción de memoria característica de este trastorno (Bremner et al., 2008; Horner & Hammer, 2002). De acuerdo a estos planteamientos, los déficits de memoria asociados al TEPT, podrían tener como origen los efectos negativos de la hiperactividad hormonal y un posible deterioro previo de tipo morfofuncional en estructuras importantes para el procesamiento de la memoria declarativa.

Referencias

- Adolphs, R., Cahill, L., Schul, R., & Babinsky, R., (1997). Impaired declarative memory for emotional material following bilateral 11mygdale damage in humans. *Learning and Memory*, 4, 291-300.
- Adolphs, R., Tranel, D., Hamann, S., Young, A. W., Calder, A.J., Phelps, E.A., Anderson, A., Lee, G.P. & Damasio. A.R. (1999). Recognition of facial emotion in nine individuals with bilateral 11mygdale damage. *Neuropsychology*, 37,1111-1117.
- Aguado L. (2002). Procesos Cognitivos y Cerebrales de la Emoción (2002). *Revista de Neurología*, 34(12), 1161-1170.
- Ardila, A. (1992). Neuropsicología Clínica. Tomo I. Medellín. Prensa creativa.
- Baddeley, A. (1999). Memoria Humana. Teoría y Práctica. Madrid: McGraw Hill.
- Baddeley, A. D. & Warrington, E. K. (1970). Amnesia and the distinction between long- and short-term memory. *Journal of Verbal Learning and verbal Behavior*, 9, 176-189.
- Baron & Robert, A., (1996). Psicología. México, Prentice-Hall, 3ª ed..
- Botelho, S., Martínez, L., Conde, C., Prada, E. & Tomaz, C. (2004). Evaluación de la memoria declarativa asociada con contenido emocional en una muestra colombiana. *Latin American Journal of Psychology*, 36 (2), 229-242.
- Bremner, J.,D., Randall, P., Scott, P. and Broker, R. (1995). MRI-based measurement of hipocampal 11mygda in patients with combat-related posttraumatic stress disorder. *American Journal Psychiatry*, 152, 973-981.
- Bremner, J.D. (2003). Functional neuroanatomical correlates of traumatic stress revisited 7 years later, this time with data. *Psychopharmacology Bulletin*, 37(2), 6-25.
- Bremner, J.D., Elzinga, B., Schmahl, C. & Vermetten, E. (2008). Structural and functional plasticity of the human brain in posttraumatic stress disorder. *Progress in Brain Research*, 167:171-186.
- Brewin C.R. (2001). Cognitive and emotional reactions to traumatic events: implications for short-term intervention. *Advanced Mind-Body Medicine*, 17(3), 163-168.

- Brewin, C.,R., Dalgleish, T. & Joseph, S. (1996). A dual representation theory of posttraumatic stress disorder. *Psychological Review*, 103 (4), 670 – 686.
- Buchanan, Denburg, Tranel & Adolphs (2001). Verbal and nonverbal emotional memory following unilateral amygdala damage. *Learning & Memory*, 8(6), 326-35.
- Cahill & McGaugh (1996). Modulation of memory storage. *Current Opinion in Neurobiology* *Current Opinion in Neurobiology*. 6(2), 237-42.
- Cahill, L. & McGaugh, J.,L. (1995). A novel amygdala function of enhanced memory associated with emotional arousal. *Consciousness and Cognition*, 4, (4), 410-421.
- Cahill, L. & McGaugh, J.,L. (1998). Mechanisms of emotional arousal and amygdala declarative memory. *Trends Neuroscience*, 2, 294-299.
- Cahill, L. & McGaugh, J.L. (1995). A novel amygdala function of enhanced memory associated with emotional arousal. *Consciousness and Cognition*, 4, 410-412.
- Cahill, L. & McGaugh, J.L. (1996). Modulation of memory storage. *Current Opinion in Neurobiology*, 6, 237-242.
- Cahill, L. & van Stegeren, A. (2003). Sex-related impairment of memory for emotional events with beta-adrenergic blockade. *Neurobiology of Learning and Memory*, 79(1), 81-88.
- Christianson, S. & Engelberg, E. (1997). Remembering and forgetting traumatic experiences: A matter of survival. In M.A. Conway (Ed.), *Recovered memories and false memories*, Oxford, Oxford University Press, 230-250.
- Emdad, R., Bonekamp, D., Söndergaard, H.P., Björklund, Tomas, Agartz, I., Ingvar, M. & Theorell, T. (2006). Morphometric and psychometric comparisons between non-substance-abusing patients with posttraumatic stress disorder and normal controls. *Psychotherapy and Psychosomatics*, 75(2), 122-132.
- Francati V., Vermetten E., Bremner J.D. (2007). Functional neuroimaging studies in posttraumatic stress disorder: review of current methods and findings. *Depression and Anxiety*, 24(3), 202-218.
- Frank, J. E. & Tomaz, C. A. (2000). Enhancement of declarative memory associated with emotional content in a Brazilian sample. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 33, 1483-1489.
- Frank, J.,E. & Tomaz, C.,A. (2003). Lateralized impairment of the emotional enhancement of verbal memory in patients with amygdala-hippocampus lesion. *Brain and Cognition*, 52, 223-230.
- Geuze E, Vermetten E, de Kloet CS, Westenberg HG. (2008). Precuneal activity during encoding in veterans with posttraumatic stress disorder. *Progress in Brain Research*, 167, 293-297.
- Geuze E., Vermetten E., de Kloet, C.S., Hijman R. & Westenberg H.G. (2009). Neuropsychological performance is related to current social and occupational functioning in veterans with posttraumatic stress disorder. *Depression and Anxiety*, 26(1), 7-15.
- Geuze E., Westenberg H.G., Heinecke A., de Kloet C.S., Goebel R. & Vermetten E. (2008). Thinner prefrontal cortex in veterans with posttraumatic stress disorder. *Neuroimage*, 41(3), 675-81.

- Hamann, S. B., Cahill, L., McGaugh, J. & Squire, L. (1997). Intact enhancement of declarative memory for emotional material in amnesia. *Learning and Memory*, 4, 301-309.
- Herculano-Houzel, S. (2004). A Frenologia e o Nascimento da Neurociência Experimental. En: Roberto, L.. *Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais em Neurociência*. São Paulo, Atheneu, 20-21.
- Heuer, F. & Reisberg, D. (1990). Vivid memories of emotional events: the accuracy of remembered minutiae. *Memory and Cognition*, 18: 496 -506.
- Horner, M.D. & Hamner, M.B. (2002). Neurocognitive functioning in posttraumatic stress disorder. *Neuropsychology Review*, 12 (1), 15 –30.
- Horowitz, M., Wilner, N., Kaltreider, N. & Alvarez, W. (1980). Signs and symptoms of post-traumatic stress disorder. *Archives General Psychiatry*, 37,85-92.
- Izard, C. (1993). Four Systems for Emotion Activation: Cognitive and Noncognitive Processes. *Psychological Review*, 100(1):68-90.
- Izquierdo I. (1992). Dopamine receptors in the caudate nucleus and memory processes. *Trends in Pharmacological Sciences*, 13 (1), 7-8.
- Izquierdo, I. Medina, J.H. Vianna, M.R. & Barros, D.M. (1999). Separate Mechanisms for short-and Long-term memory. *Behavioral Brain Research*, 103 (1),1-11.
- Kandel, E.R., (1998). A new Intellectual framework for Psychiatry. *The American Journal of Psychiatry*, 4, 457-69.
- Kandel, E.R., Schwartz, J.H., Jessell, T.M. (1997). *Neurociencia y conducta*. España, Prentice Hall, 1ª ed.
- Lane, R.D., Reiman, E.M., Ahern, G.L., Schwartz, G.E. & Davidson, R.J. (1998). Neuroanatomical correlates of happiness, sadness and disgust. *American Journal of Psychiatry*, 154, 926-933.
- Lang, P. (1995), The emotion probe. Studies of Motivation and Attention. *American Psychologist*, 50, 372-385.
- LeDoux J.E. (1993). Emotional memory systems in the brain. *Behavior Brain Research*, 58(1-2), 69-79.
- LeDoux, J.,E. (1993). Emotional memory systems in the brain. *Behavioral Brain Research*, 58 (1-2), 69-79.
- Llinás, R.R., (2003). The contribution of Santiago Ramón y Cajal to functional neuroscience. *Nature Reviews*, 4, 77-80.
- Lloyd, G.,G. & Lishman, W.A. (1975). Effect of depression on the speed of recall of pleasant and unpleasant experiences. *Psychological Medicine*, 5, 173-180.
- Markowitsch, H. J. (1998). Differential contribution of the right and left amygdala to affective information processing. *Behavioural Neurology*, 11, 233-244.
- McGaugh, J.L. & Gold, P.E. (1988). Hormonal modulation of memory. En: Brush, R.B.; Levine, S. *Psychoneuroendocrinology*. New York, Academic Press.

- McGaugh, J.L. (1989). Involvement of hormonal and neuromodulatory systems in the regulation of memory storage. *Annual Review of Neuroscience*, 12, 255-287.
- Milner, B. (1985). Memory and the human brain. En: Handbook of Neuropsychology 249-332. L.S: CERMAK.
- Morris, J.L., Ohman, A. & Dolan, R.J. (1998). Conscious and unconscious emotional amygdala in the human amygdala. *Nature*, 393, 467-469.
- Orr, S.P., Metzger, L. & Pitman, R.,K. (2002). Of post-traumatic stress disorder. *Psychophysiology*, 25, 271-293.
- Reber, P.J. Knowlton, B.J & Squire, L.R. (1996) Dissociable properties of memory systems: different in the flexibility of declarative and nondeclarative Knowledge. *Behavioral Neuroscience*, 110 (5), 861-871.
- Rosatt, Chaves, Ribeiro & Izquierdo (1990). The use of a new non-verbal test in the evaluation of recent memory. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 23(9), 805-809.
- Santiago, J., Tornay, F. & Gómez, E. (1999). *Procesos Psicológicos Básicos*. Madrid, Mc Graw Hill.
- Simpson, D. (2005). Phrenology and the neurosciences: contributions of F. J. Gall and J. G. Spurzheim. *ANZ Journal of Surgery*, 7, 475-482.
- Squire, L.,R. And Zola-Morgan, S. (1996). Structure and function of declarative and nondeclarative memory systems, *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 93,(2), 13515-13522.
- Squire, L.R., Shimamura, A.P., & Amaral, D.G. (1989). Memory and the hippocampus. En: *Neural Model of Plasticity: Experimental and Theoretical Approaches*, San Diego, Academic Press.
- Taylor, S.,F., Liberzan, I., Fig, L.,M., Decker, L.,R., Minoshima, S. & Koeppe, R. (1998). The effect of emotional content on visual recognition memory: A PET activation Study. *Neuroimage*, 8, 188-197.
- Tomaz, C. & Costa J. C. (2001). Neurociência e Memória. *Humanidades*, 48, 146-160.
- Tomaz, C. (1993). Amnesia. En: Graeff, F. G. & Brandão, M. L. *Neurobiologia das doenças mentais*, 175-184. São Paulo. Lemos Editora.
- Tulving, E., (1972). Episodic and semantic memory. En: E. Tulving and W. Donaldson (Eds). *Organization of Memory*. New York. *Academic Press*, 381-403.
- Zola, S.M., Squire, L.R., Teng ,E., Stefanacci, L., Buffalo, E.A. & Clark, R.E. (2000). Impaired recognition memory in monkeys after damage limited to the hippocampal region. *Journal of Neuroscience*, 20(1), 451-463.