



El Hombre y la Máquina
ISSN: 0121-0777
maquina@uao.edu.co
Universidad Autónoma de Occidente
Colombia

Arteaga D., Gabriel; Quebradas A., David A.
Funciones ejecutivas y marcadores somáticos: apuestas, razón y emociones
El Hombre y la Máquina, núm. 34, enero-junio, 2010, pp. 115-129
Universidad Autónoma de Occidente
Cali, Colombia

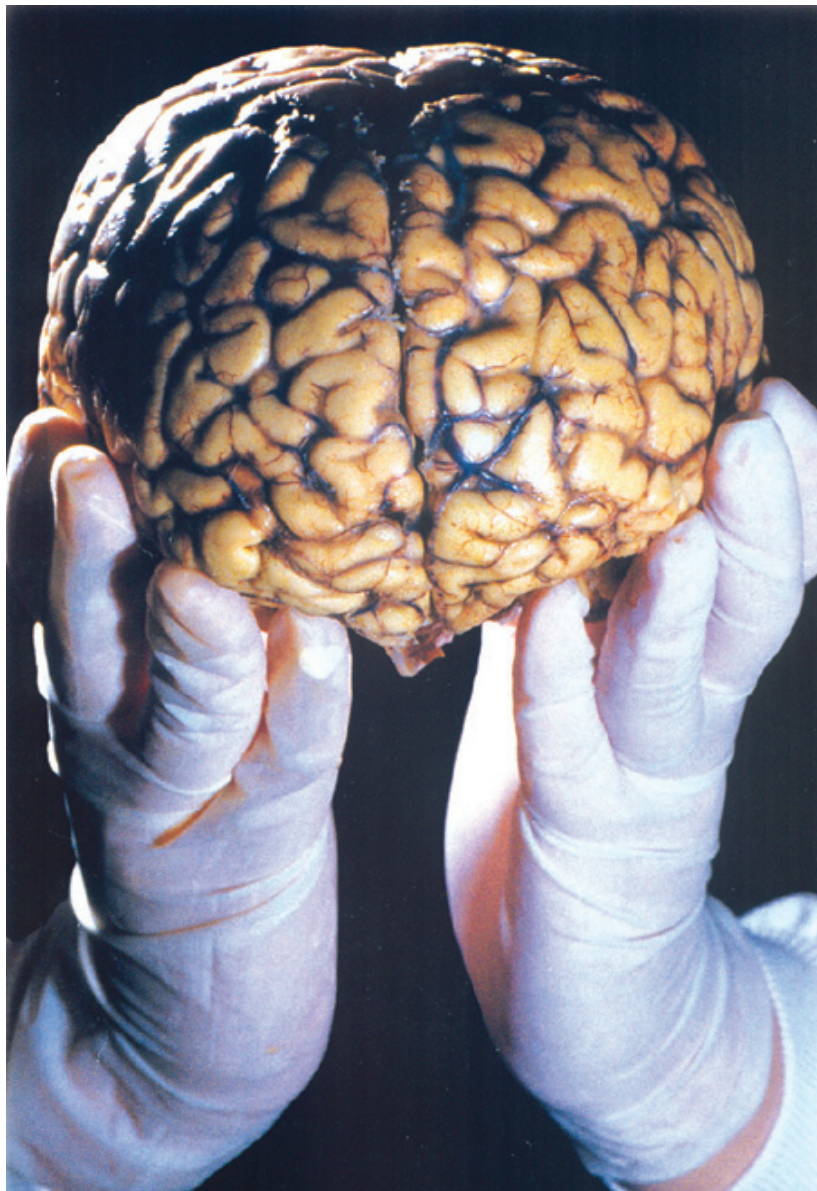
Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47817108012>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Funciones ejecutivas y marcadores somáticos: apuestas, razón y emociones



GABRIEL ARTEAGA D.*
DAVID A. QUEBRADAS A.**

Resumen

Abstraer las reglas del juego de cartas, anticipar el próximo movimiento, planear la mejor estrategia, estar atento ante cualquier cambio en la situación del juego que interfiera con el plan establecido, mantener en la memoria los múltiples elementos que están en la mesa, acceder a los recuerdos y coordinar el comportamiento para llegar a la meta, sería suficiente para ganar el juego, si no se tuviera que decidir qué carta tomar y sentir las consecuencias futuras. Aunque los procesos cognitivos como la abstracción, la planeación, la atención, la memoria etc. son necesarios para tomar una decisión, en la vida cotidiana como en una mesa de juego queda faltando un componente fundamental para pasar al acto de una manera ventajosa, las emociones que sirven como una alarma o como un

El cerebro. Revista Muy Especial No. 40

* Psicólogo, M. Sc. en Psicobiología, profesor asistente del Instituto de Psicología de la Universidad del Valle, aspirante a Ph. D. en Ciencias Básicas Médicas: Neurociencias. gad97@une.net.co

** Co-Investigador de *Mentis*, Grupo de Filosofía de la Mente y Ciencias Cognitivas de la Universidad del Valle. Estudiante de Psicología. davqueno@gmail.com
Fecha de recepción: octubre 7 de 2009 Fecha de aceptación: febrero 16 de 2010

incentivo. Así, con el objetivo de presentar la función de las emociones en la toma de decisiones, el actual texto hace un recorrido que inicia con la introducción de las funciones ejecutivas, las estructuras cerebrales a las que se les atribuye su participación en estas, hasta llegar a la Hipótesis del Marcador Somático propuesta por Antonio R. Damasio y la Tarea de Apuestas de Iowa (*Iowa Gambling Task*) desarrollada por Bechara *et al.* (1994), que permite dilucidar lo poco ventajoso que es la ausencia de emociones en la toma de decisiones.

Palabras clave: Funciones ejecutivas, emociones, sentimientos, toma de decisiones, Iowa Gambling Task, corteza prefrontal.

Abstract

To deduce the rules of a card game, to anticipate the next move, to plan the best strategy, to be attentive to any change in the game situation that could interfere with the running plan, to be aware of all elements that are on the table, to access to memories and coordinate the behavior to reach the goal, would be enough to win the game; nevertheless, it wouldn't be enough in order to decide which card to take at anytime, and "feeling" it's future consequences. Although the cognitive processes such as abstraction, planning, attention, and memory are needed to make a decision, in everyday life as in a gambling table, a link is missing: a key component to act in a way advantageous, emotions that serve as an alarm or as an incentive. Thus, with the aim of presenting the role of emotions in decision making, the current text makes a journey that begins with the introduction of execu-

tive functions, brain structures to which will attributes his involvement in these, until to arrive to the somatic marker hypothesis proposed by Antonio R. Damasio and Iowa Gambling Task (*Iowa Gambling Task*) developed by Bechara *et al.* (1994), allowing elucidate what little advantage which is the absence of emotions in decision making.

Keywords: Executive Functions, Emotions, Feelings, Decision making, Iowa Gambling Task, Prefrontal Cortex.

Introducción

Tomar decisiones con la cabeza fría fue la regla que se heredó del período de la Ilustración, la razón fría y neutra era el faro que iluminaba el camino por donde se debía ir. De ahí que no fuera extraño que en la actualidad las Funciones Ejecutivas ocuparan un lugar privilegiado en el estudio científico de la toma de decisiones y las emociones sólo aparecieran como una interferencia, puesto que si se asumen las FE como una serie de procesos cognitivos, entre los que se encuentran la anticipación, la elección de objetivos, la planificación, la abstracción, etc., que sirven para ejecutar de manera flexible el comportamiento dirigido a metas, las emociones sólo serían ruido en el tránsito plano y limpio de la razón.

Afortunadamente los trabajos realizados por Antonio R. Damasio (1994, 1999, 2003) y Antonie R. Bechara *et al.* (1994, 1997, 1998, 1999, 2000, 2005) muestran que tal razón, fría y neutra, que es propia de los pacientes que han sufrido algún tipo de lesión en la corteza prefrontal (CPF), específicamente la CPF ventromedial (CPFVM), que no pueden integrar la evaluación cognitiva con la información

afectiva, no es nada ventajosa. Si bien las funciones ejecutivas pueden elaborar múltiples hipótesis no pueden establecer una preferencia por alguna de ellas y así tomar una decisión. El no poder marcar con una emoción las hipótesis que se elaboran hace difícil dar el punto final a la elaboración de hipótesis y que sea más que un dilema decidir por alguna de las hipótesis como lo demuestra fidedignamente el paciente de Damasio, Elliot, quien luego de tener múltiples hipótesis para solucionar un problema sólo le quedaba decir: <<Y después de todo esto ¡yo seguiría sin saber qué hacer!>> (Damasio, 1994).

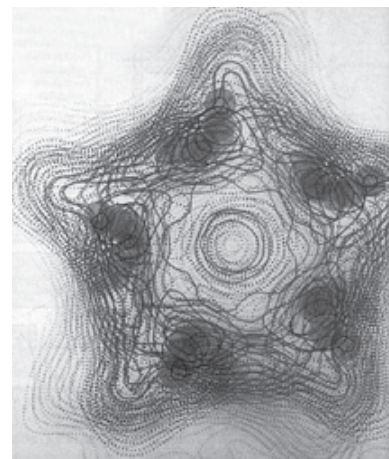
Teniendo presente lo anterior, se inicia un arduo recorrido que va desde los problemas que orbitan alrededor de la definición de las funciones ejecutivas, la arquitectura cerebral que participa en estas, hasta llegar a la Hipótesis del Marcador Somático (HMS) expuesta por Damasio (1994) y enseguida a la Tarea de Apuestas de Iowa (*Iowa Gambling Task*) desarrollada por Bechara *et al.* (1994). Todo con el objetivo de resaltar la función de los marcadores somáticos en los modelos de las funciones ejecutivas, o en otras palabras, destacar la interacción de la razón y de las emociones.

Las funciones ejecutivas

La definición de las funciones ejecutivas, sus procesos, operaciones, factores y su organización en la corteza cerebral, ha sido por largo tiempo un problema crucial para las ciencias del cerebro y la cognición. Se podría decir que Alexander R. Luria (1974, 1984) fue, en cierta medida, uno de los primeros investigadores de las funciones ejecutivas y su organización en el cerebro, pues se puede observar que en su propuesta de las tres unidades funcionales que configurarían el

funcionamiento del sistema nervioso central, la unidad funcional adscrita a los lóbulos frontales tiene capacidad de síntesis, programación de planes, supervisión de la consecución de los objetivos, valoración de los efectos, características que hoy hacen parte de las funciones ejecutivas. No obstante dichas funciones parecen comenzar su historia con la definición de M. D. Lezak (1982), quien consideraba que ellas son capacidades mentales fundamentales para efectuar una conducta eficaz, creativa y aceptada socialmente (Tirapu-Ustárriz, J., Muñoz-Céspedes, J. M., Pelegrín-Valero, C., 2002).

De lo anterior resulta que la planeación, la anticipación, la coordinación de comportamientos dirigidos a metas, la autorregulación, la atención, la abstracción, la memoria de trabajo, etc., que serían prerequisite para efectuar el tipo de conducta que menciona Lezak, sean procesos cognitivos que suelen usarse para aludir a las funciones ejecutivas (Goldman-Rakic, P. S., 1992 Fuster, J. 1989, 2002, Miller, E. K., Freedman D. J. and Wallis J. D. 2002, Koechlin, E., Ody, C., Kouneiher, F., 2003,). De ahí que haya un cierto consenso en aceptar fácilmente que bajo el paraguas de “las funciones ejecutivas” se guardan diversos procesos cognitivos. Si bien esto puede ser cierto, en tanto que hay diversos procesos cognitivos que son reclutados según la demanda de las distintas situaciones, hay que diferenciar entre las tantas teorías de las funciones ejecutivas, los procesos y los factores sobre los cuales se soporta toda la orquestación del pensamiento, que puede dividirse, salvando su interacción, en un aspecto metacognitivo (*Cool executive function*) y otro emocional (*Hot executive function*) (Zelazo *et al.*, 2003, Metcalfe J, and Mischel W., 1999, Ardila, A. y Ostrosky-Solís, F., 2008).



Mapa tipográfico del receptor realizado por ordenador con la información recabada por el microscopio.

Revista Muy Especial No. 40

Funciones, procesos y factores

Las funciones deben ser entendidas no como la propiedad de una u otra parte del cerebro, sino como un conjunto de complejas conexiones temporales. Las funciones ejecutivas son de esta manera un *sistema funcional* que se apoya en una constelación dinámica de eslabones, situados en diferentes niveles del sistema nervioso (Luria, 1997), donde el tiempo es el factor esencial que define la función, no son las columnas corticales mismas, ni las conexiones fijas, sino el código de tiempo con que las distintas partes del cerebro (anterior y posterior) son reclutadas y activadas (Fuster 2002, Miller, E. K. and Cohen, J. D., 2001, Miller, E. K., Freedman D. J. and Wallis J. D. 2002). Sobre decir que las funciones ejecutivas no son una función propia de la CPF y que no hay tal relación biunívoca entre las funciones ejecutivas y las funciones del lóbulo frontal. A pesar de que el deterioro por algún tipo de lesión del lóbulo frontal, específicamente de la Corteza Prefrontal Dorsolateral (CPFD), se correlaciona con el déficit de las funciones ejecutivas, el mismo déficit se puede encontrar como causa de lesiones posteriores del cerebro (Capilla, A. *et al.*, 2004).

Por consiguiente las funciones ejecutivas podrían pensarse como una serie de diversos procesos que se activan en virtud de la demanda de la situación o tarea que se presenta. Cabe anotar que la orquestación de las funciones ejecutivas se llevaría a cabo con la ayuda de tres procesos primordiales: 1) la Memoria de Trabajo (MT), que se divide en dos componentes dependientes –el bucle fonológico y la agenda visuoespacial– y el ejecutivo central, encargado de mantener activa la información visual y/o verbal actual con la que se trabaja, además de acceder

a información almacenada en la memoria a largo plazo (Baddeley, A., 1996, 1998), 2) El dirimidor de Conflictos (SC) –*contention scheduling*–, que tiene la función de evaluar y ajustar las acciones a un nivel automático, en un modo de funcionamiento por defecto, donde un estímulo desencadena una respuesta inflexible, y 3) El Sistema Atencional Supervisor (SAS), que mantiene, manipula y actualiza la información de los sistemas dependientes de la memoria de trabajo y modula el dirimidor de conflictos ante situaciones novedosas que exigen elaborar nuevas tácticas y estrategias (Shallice, T. & Burgess, P. W. 1991), haciendo las veces de ejecutivo central. Huelga señalar que estos tres procesos mencionados operarían sobre otros “procesos no ejecutivos” como la MLP, la percepción, la motricidad, etc. (Slachevsky, A. *et al.*, 2005).

Con esto en mente se pueden mencionar cuatro factores que rigen el buen funcionamiento de los tres procesos ejecutivos mencionados: 1) La actualización, que concierne al proceso de evaluación y re-descripción de la información activa (almacenada momentáneamente) en la memoria de trabajo, con respecto a la información reciente, 2) La inhibición, que concierne a la habilidad para impedir respuestas cognitivas y motoras dominantes o automáticas cuando son inapropiadas, 3) El cambio (*Shifting*), que se refiere a la capacidad para alternar la atención entre diferentes elementos de una tarea o varias, y 4) Acceso, que atañe a la posibilidad de acceder a información ya almacenada en la MLP que puede ser útil en la resolución de tareas (Miyake, A. *et al.* 2000, Fisk, J. E. and. Sharp, C. A., 2004).

De este modo, se puede decir que las funciones ejecutivas que ordenan la cognición y el compor-

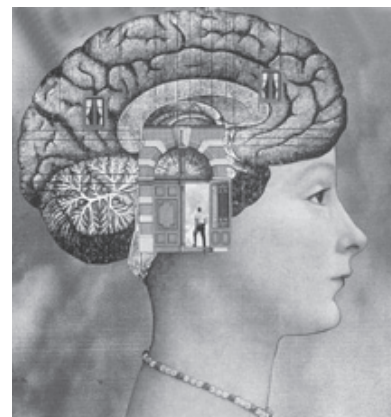
tamiento son producto de la orquestación de procesos ejecutivos y no ejecutivos, y que el buen funcionamiento de los procesos ejecutivos (MT, DC, SAS) que coordinan el reclutamiento de los procesos no ejecutivos se debe a cuatro factores que son la actualización, la inhibición, el cambio y el acceso. Así la planificación, tan estudiada en la Torre de Hanoi, la abstracción de reglas y la flexibilidad cognitiva, tan predilecta en el Wisconsin (WCST) etc., son FE posibles por los mismos procesos y los mismos cuatro principios, diferenciándose por una mayor participación de uno u otro proceso o factor y el objetivo seleccionado (Capilla, A., 2004, Slachevsky, A. *et al.*, 2005).

El cerebro ejecutivo y emocional

Ya se dijo que las funciones ejecutivas y las del lóbulo frontal no son conceptos biunívocos, en tanto que las FE involucran tanto la parte anterior como la posterior de la corteza cerebral y estructuras subcorticales y su organización no se reduce a la Corteza Prefrontal (CPF), y aunque su maduración se correlaciona con el buen desempeño en tareas que demandan la puesta en escena de las funciones ejecutivas, se necesita de la maduración y organización de áreas posteriores multimodales como las áreas parietotemporales de asociación, que al igual que la CPF son las últimas áreas en completar su maduración (Capilla *et al.*, 2004). Además, debe quedar claro que el intento localizador de las funciones ejecutivas es un error craso, que descuida que una función no puede ser localizada, que lo único que se puede localizar son los eslabones de la función (Luria, 1974). Es decir, se pueden localizar las estructuras cerebrales que participan en la función, pero no la función misma, ni siquiera los procesos y mucho menos los factores.

Antes de describir la organización de la corteza prefrontal conocida como el cerebro ejecutivo, conviene hacer explícitos tres principios que sostienen el aumento en la complejidad y diversidad de las funciones en las que participa la CPF: 1) *Organización Jerárquica* de la corteza cerebral, la corteza se organiza de una manera ascendente a partir de áreas primarias, secundarias, terciarias, cuaternarias, estas últimas encargadas de la síntesis de la información de las otras áreas anteriores; 2) *Especificidad* decreciente de la información, las áreas primarias y secundarias son modales (visuales, auditivas, motoras, somatosensitivas), las terciarias son asociativas o multimodales, trabajan con distintos tipos de información *sensorial* (i.e. área de Wernicke), y las cuaternarias son supramodales (lóbulos frontales), manipulan distintos tipos de información provista por las otras áreas, mediando entre lo sensorial y lo motor (Kolb, B., & Whishaw, I., 1990, Fuster, 1989); 3) *Lateralización* progresiva de las funciones, se tiende a pensar que el hemisferio derecho manipula preferencialmente información viso-espacial, mientras que el hemisferio izquierdo manipula información sintáctico-verbal, aunque tal distinción es aparente, pues más que el tipo de información es el modo como se procesa esta, lo que establece la lateralización funcional (Barcia-Solorio, D., 2004).

Ya habiendo hecho algunas anotaciones que sirven para entender el funcionamiento de la CPF (Áreas Cuaternarias), que corresponde aproximadamente al tercio anterior de la corteza frontal (compuesta por las áreas 4, 44, 45, 6 de Brodman), se puede dividir en tres zonas: Corteza Prefrontal Dorsolateral, Corteza Fronto-medial y Corteza Orbitofrontal (Fuster, 1989, Estévez-González, A., García-Sánchez, C., Barraquer-Bordas, Ll., 2000).



Revista Muy Especial No. 40

La CPFDL (Figura 1) se encuentra integrada por las áreas 9, 10, 46, 45 y al menos una parte de la extensa área 8, áreas altamente relacionadas con otras secundarias a nivel cortical (corteza asociativa parietal, temporal, occipital), y con conexiones subcorticales con el tálamo y ganglios basales (Fuster, 20001, Miller, E. K. and Cohen, J. D., 2001, Miller, E. K., Freedman D. J. and Wallis J. D., 2002). Estas áreas están relacionadas, específicamente, con el buen funcionamiento de la memoria de trabajo, la atención, la planificación o memoria prospectiva, la anticipación, el lenguaje, etc.

La CFM o Cingulada Anterior (CCA), conformada principalmente por las áreas 24 y 32 (Figura 2), tiene conexiones significativas con la CPFDL, la amígdala y el globo pálido –*sustancia nigra*–, se encuentra asociada con el movimiento voluntario, la atención sostenida y la inhibición de acciones. Por último queda la COF formada por las áreas 11, 12, 13, 47 (Figura 3), cuyas conexiones más importantes se realizan con la amígdala y el *núcleo accumbens*, que está involucrada en las emociones y la selección de acciones en virtud de los resultados futuros (Damasio, 1994, 1996,

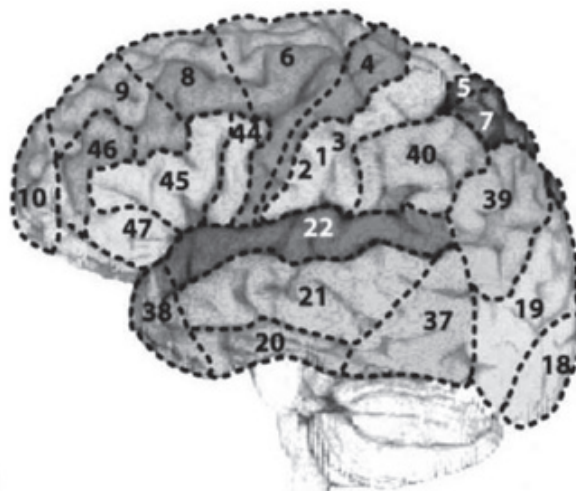


Figura 1. Corteza prefrontal dorsolateral (CPFDL). Tomado de Fuster (2001). Damasio, H. (2005)

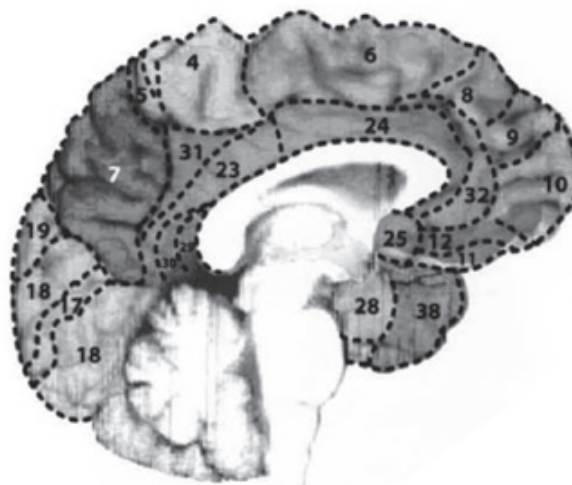


Figura 2. Corteza fronto-medial (CFM) o corteza cingulada anterior (CCA). Damasio, H. (2005)

Bechara, 1994, 2004, Cohen, M. X., Heller, A. S., Ranganath, C., 2005).

Es importante subrayar que el sistema cortical asociado con las emociones y los sentimientos se extiende más allá de la COF, en tanto que hay todo un conjunto de estructuras neuroanatómicas dentro de las que se puede destacar:

1. Los ganglios basales, que soportan y generan un conjunto de posturas motoras (PAF),¹ autonómicas y endocrinas que se evocan ante un estímulo externo, me quemo la mano, entonces la retiro y la sacudo (PAF), sin olvidar una buena exclamación (PAF).
2. La corteza cingulada (posterior) región donde la atención, la memoria de trabajo, los sentimientos/emociones interactúan de manera tan íntima que constituyen la fuente de la activación tanto de la acción externa (movimiento) como de la interna (animación del pensamiento, razonamiento) (Damasio, 2003, Cohen *et al.*, 2005, Mac Donald *et al.*, 2000, Periañez y Barceló, 2004). El cíngulo se activa ante dolores intensos, pero también al cometerse un *error* (Llinás, 2003).
3. La Corteza Somatosensorial (áreas 1, 2, 3 de Brodman) permite tener un mapa del cuerpo (Homúnculo Somatosensorial) a partir del cual se puede interactuar e interpretar de manera adecuada el medio ambiente.
4. La corteza insular, ubicada dentro de la cisura de Silvio, entre la corteza parietal y temporal, que participa en la evaluación del riesgo a partir de las expec-

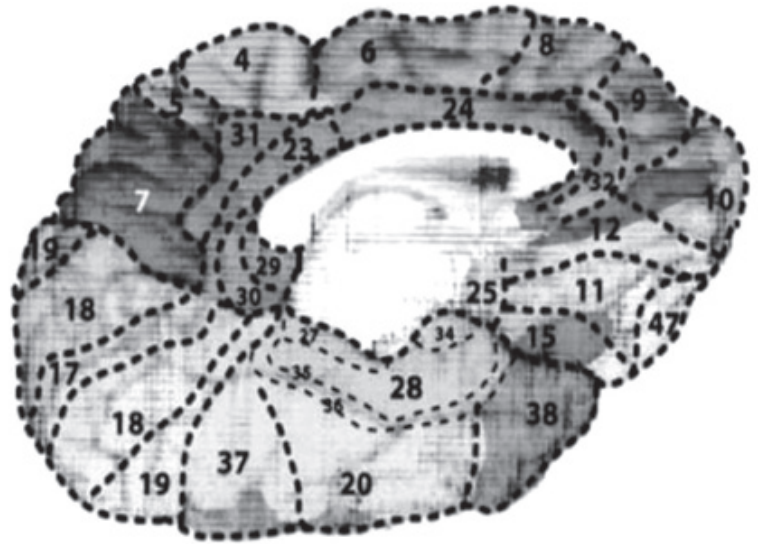


Figura 3. Corteza Orbitofrontal (COF). Tomado de Damasio, H. (2005).

tativas, es decir, anticipando las consecuencias, especialmente las negativas (Sanfey, Rilling, Aronson, Nystrom & Cohen, 2003).

5. La amígdala componente del Sistema Límbico que se relaciona con RDs que disparan la promulgación de un estado característico de una emoción, alterando los procesos cognitivos (Aggleton, 2000, Aguado, 2002, Bechara *et al.*, 1999, 2003, Le Doux, 2000, Torras M., Portell I., Morgado I. 2001). Dejando claro que el conjunto de cambios corporales en un momento determinado "...no es sólo una serie de señales neurales, sino también una serie de señales químicas que modifican el modo en que las señales se procesan..." (Damasio, 2003, p. 140).
6. El hipotálamo y los núcleos autonómicos del tallo cerebral (NTC), que modifican el medio

¹ [Los Patrones de Acción Fijos son conjuntos de activaciones motoras automáticas y bien definidas, algo así como "cintas magnéticas motoras", que cuando se activan producen movimientos bien delimitados y coordinados: la respuesta de escape, la marcha, la deglución, los aspectos prediseñados del trino de los pájaros, y otros semejantes] (Llinás, 2001). Las emociones primarias.

interno y visceral, y que en colaboración con otras estructuras como el núcleo estriado ventral, la sustancia gris periacueductal SGP y otros núcleos del tallo cerebral suscitan cambios en la expresión facial y comportamientos tales como el de huida (Bandler, R., Shipley, M. T., 1994, Bechara, 2005).

Antes de terminar este apartado es imprescindible señalar la importancia del cuerpo que proporciona una referencia continua y necesaria para que la mente pueda relacionarse con cosas reales o imaginarias, puesto que es a partir del cuerpo y la posibilidad de referenciarlo que la mente podrá construir un “Yo”, un estado funcional que se irá enriqueciendo en la medida que la interacción con el medio exterior sea mayor.

Emociones, sentimientos y la hipótesis del marcador somático

De acuerdo con Damasio (1994, 1999, 2003) las emociones son un conjunto de cambios corporales que forman un patrón distintivo representado disposicionalmente en el cerebro y que responden ante estímulos emocionalmente competentes (EEC)—estímulos que pueden elicitar las emociones—. Es decir, las *emociones* son un conjunto de cambios corporales que tienen una representación en el cerebro, una *representación neural*, que está

organizada topográficamente y que se da en las cortezas primaria (área somatosensorial primaria) con la participación de *representaciones disposicionales*² (RD) (Damasio, 1994), puesto que son estas RD las que tienen las pautas de disparo para la reconstrucción de la representación en las cortezas iniciales. Así la emoción tendría un componente periférico (el cuerpo) y uno central (la representación del conjunto de cambios corporales) en el sistema nervioso, el primero que se representa en el segundo, y el segundo que constituiría el objeto de ese proceso denominado *sentimiento*.

Aceptando esto, si las emociones son un conjunto de cambios corporales representados en el cerebro, los sentimientos vendrían a ser un proceso meta-representacional, donde se es consciente de distintos cambios corporales que se ligan en una representación del cuerpo estremecido por el estímulo emocionalmente competente (Damasio, 1996, 2003, Naqvi, N., Shiv, B. and Bechara, A., 2006). Los sentimientos así concebidos, serían posibles a partir de la coherencia del procesamiento de la información de tres conjuntos de ensamblajes neuronales distribuidos en el cerebro, el primero que representaría el objeto que desencadena el ciclo emoción/sentimiento, el segundo que soporta la representación de las emociones, y otro conjunto de ensamblajes neu-

² Las *representaciones disposicionales* se encuentran distribuidas en diferentes estructuras de la corteza cerebral. Cabe decir que el concepto de representación puede ser asumido de manera flexible en colaboración con la teoría, entendiéndolo como *algo a cambio de*, sin querer asumir que las representaciones están estrechamente localizadas o algo por el estilo, si se tuviese que asumir una posición, sería esta:

1. Un estímulo-objeto-evento no está o será representado a partir de un patrón fijo en un mapa sensorial determinado. No obstante se debe conservar una neurología básica.
2. Las representaciones neuronales no son producto de un mero proceso combinatorio sino de un proceso relacional.
3. La representaciones neuronales son plásticas.

De manera que las representaciones neuronales no se encuentran localizadas en una neurona, ni en un *ensamblaje* de neuronas, aunque se debe entender que no se ha de procesar información de color en la corteza prefrontal, sino en la occipital; de modo que las representaciones serían el producto de patrones estables de una estructura plástica, además de no ser un producto de un mero proceso combinatorio sino de un proceso relacional. Lo que quiere decir “que la señal transmitida por una sola neurona puede variar según la actividad de la población entera, que en diferentes momentos no necesariamente representa la misma característica distintiva y que sólo tiene significado [...] en relación con el contexto del resto de la población” (Merzenich, M. M. & Decharms, R. C., 2006), contrario a la perspectiva estática de las asambleas neuronales que sugiere que cada una de las neuronas de la población transmite su propia información y al combinarse se forma una sola representación distribuida.

ronales que ligaría esa información (Damasio, 2006), todo esto regido por un ritmo, los famosos 40 Hz (Llinás, 2003, 2006), donde la resonancia y el silencio de las distintas ensamblajes neuronales orquestarían este proceso.

Ahora bien, ya habiendo presentado lo que se ha de entender por emociones y sentimientos, se puede exponer la Hipótesis del Marcador Somático (HMS), que afirma que las emociones marcan el conocimiento de las situaciones y eventos pasados. Esta hipótesis sostiene un aprendizaje basado en las emociones, que en pocas palabras muestra que ante situaciones nuevas y rutinarias las emociones sirven como un timbre de alarma, cuando es el caso que un marcador somático negativo se yuxtapone a un determinado resultado futuro, o como un incentivo, cuando es un marcador somático positivo el que se superpone (Damasio, 1994). Señalando que no hay necesidad de que los marcadores somáticos operen de manera consciente, i.e. cuando el marcador somático asignado no involucra la estructuras corticales como la corteza insular, sino el sistema dopaminérgico mesolímbico (Naqvi, N., Shiv, B. and Bechara, A., 2006).

Es necesario mencionar que los marcadores somáticos pueden operar de dos maneras: 1) utilizando un *bucle corporal como si* (*as if body loop*), donde la emoción que marca (MS) se puede soportar sobre una representación de un conjunto de cambios corporales representados en la corteza cerebral, sin provocar un conjunto de cambios corporales, 2) utilizando un *bucle corporal* (*body loop*) donde el marcador somático se soporta sobre el cuerpo que se ve estremecido. ¿A qué se debe la participación de uno u otro? Los trabajos realizados por Bechara (2005) con pacientes prefrontales muestran

que en situaciones de certeza e incertidumbre se implementan distintos circuitos neurales que soportan los modos de operar mencionados, demostrando que en casos donde el resultado futuro es incierto o ambiguo participa el cuerpo, “*body loop*”, y que por el contrario en casos donde el resultado tiene alta probabilidad de ser previsto, no participa el cuerpo, “*as if body loop*”.

Organizando todo lo dicho hasta aquí, se tiene entonces: 1) una definición de las FE, 2) los PE (MT, DC, SAS) que orquestan las FE, 3) los factores (actualización, inhibición, cambio, acceso) que regulan los PE, 4) una definición de las emociones y los sentimientos, y 5) la HMS. Un conjunto de ideas que han de permitir la comprensión de la función de las emociones en la toma de decisiones a partir de la Tarea de Apuestas de Iowa (*Iowa Gambling Task*).

Iowa Gambling Task

La *Iowa Gambling Task* (IGT) es, como su nombre lo dice, una tarea de apuestas. Esta fue empleada en un experimento realizado por Bechara A. y colaboradores (1994), con el objetivo de simular una toma de decisión que implicara factores de incertidumbre, recompensa y sanción. En la tarea se le entrega una cantidad de 2.000 dólares en billetes facsímiles al paciente, luego se le pide que trate de perder la menor cantidad de dinero y, que por el contrario, trate de ganar la mayor cantidad que pueda. Posteriormente el paciente debe elegir entre cuatro mazos de cartas, dos de los cuales (mazos A y B) le recompensan con 100 dólares, con el inconveniente de que estos primeros mazos tienen sanciones mayores que los otros dos (mazos C y D), que le recompensan con la mitad (50 dólares). La aparición de la sanción y recompensa es impredecible, no



Revista Muy Especial No. 40

obstante lo que pudieron observar los investigadores es que a la altura del intento número 40 de los 100 a realizar, los sujetos normales que participaron de la investigación tienden a elegir los últimos mazos que parecen ser más ventajosos en el futuro, aunque inicien tomando los primeros mazos como lo hacen con mayor frecuencia los pacientes con lesiones prefrontales.

La tarea se llevó a cabo, en una segunda ocasión, en función de poder estudiar los cambios en la actividad electrodérmica, es decir, poder medir y observar los distintos niveles y respuestas de conductancia cutánea que desencadenan la situación, distinguiendo dos tipos de respuestas electrodérmicas, las que aparecen antes de cada elección y las que surgen después de una recompensa o sanción (Bechara *et al.*, 1997). De manera que esa respuesta de conductancia cutánea ha sido el marcador somático estudiado y de acuerdo con los autores (Damasio, Bechara, 1997, 1999, 2005, Crone *et al.*, 2004) se suscita con mayor intensidad en la medida que la recompensa o sanción sea mayor. Pero lo realmente importante es que las investigaciones apuntan a que hay cierta correlación entre la aparición de este marcador antes de la elección y la elección de mazos ventajosos, y la no aparición del marcador con la elección de los mazos desventajosos. Asimismo, las investigaciones sugieren que la conductancia cutánea no aparecerá en posteriores situaciones de elección, no habrá marcador somático para el caso de los pacientes prefrontales, en tanto que la corteza prefrontal ventromedial (CPVM: área 25, porción inferior de las áreas 24 y 32, sector medial de las áreas 10, 11 y 12 de Brodmann) encargada de integrar la información cognitiva y la emocional se encuentra lesionada. En pocas palabras, los pacientes no logran llevar a cabo

un proceso de aprendizaje donde se integre la evaluación cognitiva con lo afectivo (percepción somática), dejando la situación evaluada sin ningún precedente emocional.

El dilema de las funciones ejecutivas y el marcador somático

Teniendo en cuenta que el paciente con una lesión PFVM al enfrentarse a la IGT no ha sufrido daño en la CPDL, ni en otras regiones del cerebro, claro está que pocos son estos casos de lesión de laboratorio, las funciones ejecutivas de carácter metacognitivo necesarias para la solución lógica y meramente racional de la tarea estarían a la mano, o mejor, al cerebro, la tarea puede en primera medida ser resuelta con éxito; sería “fácil” establecer que hay dos mazos (A y B) con los cuales se puede ganar sumas altas de dinero en unas ocasiones, pero que en otras se puede perder sumas altas de dinero, y que por otro lado hay dos mazos (C y D) con los cuales se puede ganar sumas relativamente bajas de dinero en unas ocasiones, sin el riesgo de perder grandes sumas. Así, si se quiere acumular una gran cantidad de dinero, la estrategia ventajosa es simplemente alejarse de los mazos malos. No hay otra forma de operacionalizar la estrategia ventajosa, pues es poco probable que alguien logre abstraer la regularidad de la aparición de las sanciones (1 sanción por cada 10 cartas en los mazos B de -1250 dólares y D de -10 dólares, y 5 sanciones por cada 10 cartas en los mazos A de -200/-250/-300 dólares y C de -25/-50/-75 dólares), de la misma forma que es poco probable que se pueda mantener toda esta información en la MT para que el SAS pueda manipularla, actualizarla y utilizarla.

Según Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D. & Damasio R. (1997) los participantes sin lesión en la

CPVM deciden por los mazos ventajosos antes de saber la estrategia ventajosa, gracias a la participación de los MS encubiertos (no conscientes). Sin embargo el trabajo realizado por Maia, T. & McClelland, J. (2004), expone que los participantes saben más de lo que parece en la medida en que siguen eligiendo cartas, puesto que el conocimiento de la estrategia exitosa se hace más consciente y no hay necesidad de la aparición de los marcadores somáticos encubiertos.

Maia, T. & McClelland, J. identifican tres posibles niveles del conocimiento consciente de la estrategia ventajosa, entendiendo por conocimiento de la estrategia ventajosa como la elección de cualquiera de los dos mazos ventajosos, así los tres niveles propuestos son:

Level 0. The participant does not have any conscious knowledge specifying a preference for one of the two best decks.

Level 1. The participant has conscious knowledge specifying a preference for one of the two best decks but does not have conscious knowledge about the outcomes of the decks that could provide a basis for that preference.

Level 2. The participant has conscious knowledge specifying a preference for one of the two best decks and has conscious knowledge about the outcomes of the decks that could provide a basis for that preference.³

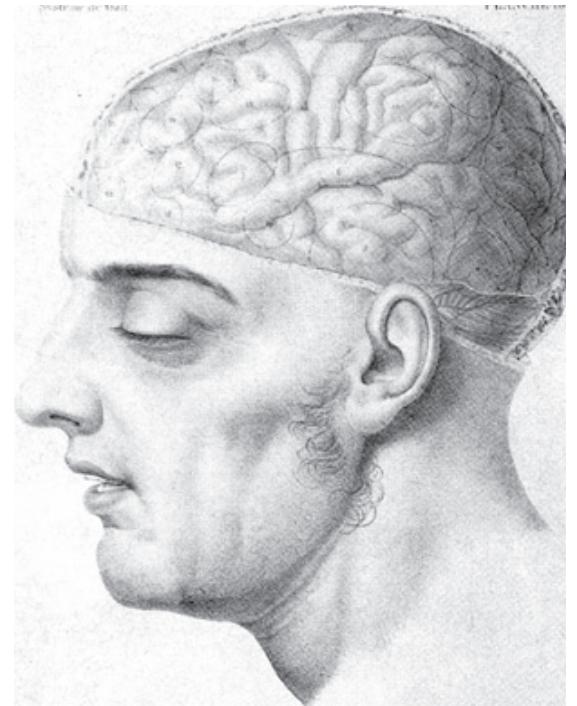
De acuerdo con los autores, es desde un nivel 1 cuando los participantes comienzan a elegir de manera ventajosa, es decir la elección de los mazos ventajosos se da en un mayor número cuando se empieza a tener un conocimiento consciente de los mazos ventajosos, comparando el desempeño de los participantes en este nivel de conocimiento con lo que Bechara denomina el período de la “corazonada” (Hunch).

Un poco distinto a lo expuesto por Maia, T. & McClelland, J., Bechara *et al.* (1997) habían demostrado cómo en el desarrollo de la IGT los participantes normales (sin lesión en la CPVM) pasan por cuatro períodos conforme eligen las cartas:

Período 1. Pre-Sanción. El participante inicia probando las tarjetas de los mazos hasta llegar a la primera sanción.

Período 2. Pre-Corazonada. El participante sigue tomando tarjetas de los distintos mazos sin ninguna noción de lo que está pasando.

Período 3. Corazonada. El participante comienza a descubrir los mazos buenos y malos, pero sin seguridad en sus respuestas.



Tomado de: Revista Muy Especial No. 40

³ Nivel 0. El participante no tiene ningún conocimiento consciente que especifique una preferencia por uno de los dos mejores mazos. Nivel 1. El participante tiene conocimiento consciente que especifica una preferencia por uno de los dos mejores mazos, pero no tiene conocimiento consciente de los resultados de los mazos que podrían proveer una base para tal preferencia. Nivel 2. El participante tiene conocimiento consciente que especifica una preferencia por uno de los dos mejores mazos, y tiene conocimiento consciente de los resultados de los mazos que podrían proveer una base para tal preferencia.

Período 4. Conceptual. El participante articula la naturaleza de la tarea y sabe con seguridad cuáles son los mazos buenos y cuáles son los mazos malos.

Estos períodos describen la secuencia, si bien lineal, de un aprendizaje basado en las emociones, que evidencia a partir del desempeño de los pacientes con lesión PFVM que no logran llegar al período de la corazonada, que la ausencia de marcadores somáticos no es nada ventajosa, al menos cuando se trata de un juego de cartas.

Es evidente, o al menos así lo es desde las definiciones de los niveles y los períodos presentados, que no hay necesidad de crear una división tajante entre las emociones y la razón, entre la abstracción de la naturaleza de la tarea y la participación de los marcadores somáticos en la coordinación de la acción dirigida hacia una meta, que no es otra que ganar la mayor cantidad de dinero posible, evitando perder grandes sumas de dinero.

So pena de todo lo escrito hasta el momento, una pregunta se ha quedado sin responder y es: ¿Por qué los pacientes con lesión localizada en la CPFVM fracasan en la IGT? Decir que su fracaso se debe a la lesión en la CPFVM, sería una reducción ingenua, una equivocación, al no comprender que se trata de una pregunta por las funciones ejecutivas que se colocan en juego en la toma de decisiones. Para responder a esto se debe tener en cuenta que estos pacientes con lesión prefrontal, que perseveran en la elección de los mazos malos, no son sujetos hipersensibles a la recompensa, ni insensibles a la sanción, como podría pensarse; son insensibles a las futuras consecuencias, sean buenas o malas, por lo que su comportamiento está guiado por las respuestas inmedia-

tas (Damasio, 1994, Bechara, 1994, 2000, 2004).

¿Cómo explicar entonces esta miopía al futuro? Las distintas investigaciones realizadas revelan que la toma de decisiones se puede ver perturbada por un déficit en la memoria de trabajo, en la medida que las representaciones de los resultados futuros serían inestables y no se podría operar sobre ellas (Bechara *et al.*, 1998), creando graves problemas en la representación de las acciones en el tiempo y su ejecución (Fuster, 2001, 2002). La dificultad para mantener las representaciones por el tiempo necesario para que el SAS pueda inhibir las respuestas automáticas y cambiar de estrategia, podría hacer que el paciente luego de haber sido retroalimentado por las recompensas antes de recibir las sanciones, no sea capaz de dirigir la atención hacia los mazos buenos, presentando una conducta repetitiva (perseveración). No obstante, este no es el caso de los pacientes con los que se empleó la IGT, en tanto que los pacientes presentaron desempeños satisfactorios en pruebas que implicaban cambio de atención como inhibición de conductas, demostrando que pueden hacer uso de los PE (MT, DC, SAS). De ahí que la HMS sea la más plausible para explicar sus desempeños, puesto que el déficit en la toma de decisiones se debe a la imposibilidad de marcar las representaciones de los resultados futuros, lo cual hace difícil la aceptación o rechazo de las estrategias ejecutadas.

Por consiguiente, la toma de decisiones involucraría además de la MT, DC, SAS un nuevo componente en las funciones ejecutivas, el MS. Teniendo por lo tanto un sistema flexible que escapa de ese modo de funcionamiento por defecto, donde las repuestas de recompensa inmediata marcan la pauta de la acción, un sistema funcional que

puede representar en el tiempo las acciones (secuencia de acciones), en el que los marcadores somáticos ayudan a concentrar la atención en estímulos que resultan competentes, de acuerdo con la información almacenada en la MLP, lo que permite organizar y jerarquizar con distintas intensidades de valencias positivas o negativas las acciones (Figura 4), a la vez que se evalúa de una forma muy realista las situaciones futuras en las que se podría estar involucrado (Morgado, I., 2000).

Conclusiones

A través de este largo recorrido por las funciones ejecutivas, los procesos (MT, DC, SAS), los factores (actualización, inhibición, cambio, acceso), las emociones, los sentimientos, la HMS y la IGT, se puede reconocer la importante función de las emociones en la toma de decisiones, tal como se presentó en el modelo anteriormente expuesto, en el que los marcadores somáticos organizan las acciones en virtud de los resultados futuros

que son marcados con valencias positivas o negativas, para atraer la atención sobre estímulos relevantes y permitir también la elaboración de secuencias de acciones novedosas, conforme a la demanda del contexto y soportar con todo esto un aprendizaje basado en las emociones.

Así, para decidir entre mazos buenos y mazos malos, en una tarea donde los resultados son inciertos y descubrir la frecuencia de aparición de las sanciones resulta casi imposible, se necesita más que los PE y no ejecutivos. Como se espera que haya sido evidente a lo largo de los últimos pasajes, la toma de decisiones en situaciones inciertas como las que comúnmente se presentan en la vida cotidiana, simulada en la IGT, desborda por completo la labor de las funciones ejecutivas, que necesitan de los marcadores somáticos para agregarle un valor a los resultados futuros que deben ser sentidos con el objetivo de poder ejecutar una secuencia de acciones eficaces, adaptativas y aceptadas socialmente; en el caso de la IGT

para llegar a un nivel conceptual donde se pueda establecer la naturaleza de la tarea y estar seguro de la estrategia ventajosa. •

Bibliografía

1. Aggleton, J. P. & Young, A. W. (2000). The enigma of the amygdale: on its contribution to human emotion. In Lane, R. D., Nadel, L., eds. *Cognitive neuroscience of emotion*. New York: Oxford University Press; p. 106-28.
2. Aguado, L. (2002). Procesos cognitivos y sistemas cerebrales de la emoción. *Rev Neurol*, 34: 1161-70.
3. Ardila, A. y Ostrosky-Solís, F. (2008). Desarrollo Histórico de las Funciones Ejecutivas. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, Vol.8, No.1, pp. 1-21.
4. Baddeley, A. D. (1998). Working memory: Mémoire de travail. C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie / Life Sciences, 321, 167-173.
5. Baddeley, A.D. (1996). The fractionation of working memory. *Proc Natl Acad Sci USA*, 93, 13466-13472.
6. Bandler, R., Shipley, M. T. (1994). Columnar organization in the mid-brain periaqueductal gray: modules for emotional expression? *Trends Neurosci.* 17, 379-389.
7. Barcia-Solorio, D. (2004). Introducción histórica al modelo neuropsicológico. *Rev Neurol*; 39 (7): 668-681.
8. Bechara, A. & Damasio, A. R. (2005). The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games and Economic Behavior*, 52, pp. 336-372.
9. Bechara, A. (2004). The role of emotion in decision-making: Evidence from neurological patients with orbitofrontal damage. *Brain and Cognition*, 55, 30-40.

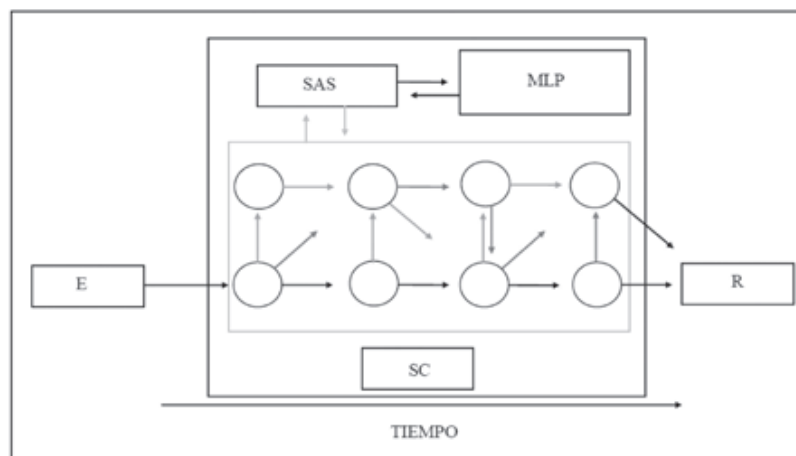


Figura 4. Modelo basado en la MT (Baddeley, 1996), el SC y el SAS (Shallice, T. & Burgess, P. W. 1991), el MS (Damasio, 1994), y en la secuenciación de acciones (Fuster 2001). El Modelo representa la función de la MT (rectángulo verde) que mantiene en el tiempo distintas secuencias de acciones. Una de las secuencias de acciones son los círculos de abajo y las flechas de color negro que representan una secuencia rutinaria (lineal) en la que participa el SC. Las otras posibles secuencias de acciones, representadas por las diversa combinaciones de todos los círculos, surgen a partir de la incorporación de los marcadores somáticos positivos (flechas de color rojo) y negativos (flechas de color azul), que ordenan la secuencia frente a situaciones novedosas. Mientras que el SAS actualiza la información de la MT, utilizando información del medio y de la MLP, información que puede reelaborar el valor de los marcadores somáticos.

10. Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A. R., (2003). The role of the amygdala in decision-making. In: Shinnick-Gallagher, P., Pitkanen, A., Shekhar, A., Cahill, L. (Eds.), *The Amygdala in Brain Function: Basic and Clinical Approaches*. Ann. New York Academy Sci., 356–369.
11. Bechara, A., Tranel, D., Damasio, H., (2000). Characterization of the decision-making impairment of patients with bilateral lesions of the ventromedial prefrontal cortex. *Brain* 123, 2189–2202.
12. Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A. R., Lee, S. W. (1999). Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision making. *J Neurosci*, 19: 5473–81.
13. Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., Anderson, S. W. (1998). Dissociation of working memory from decision making within the human prefrontal cortex. *J Neurosci*, 18: 428–37.
14. Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., Damasio, A. R. (1997). Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science*, Vol. 275, pp. 1293–1295.
15. Bechara, A., Damasio, A. R., Damasio, H. and Anderson, S. W. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition* 50, 7–15.
16. Capilla, A., Romero, D., Maestúa, F., Campo, P., Fernández, S., González-Márquez J., Fernández, A. y Ortiz, T. (2004) Emergencia y desarrollo cerebral de las funciones ejecutivas. *Actas Esp Psiquiatr*, 32(2):377–386.
17. Cohen, M. X., Heller, A. S., Ranganath, C. (2005) Functional connectivity with anterior cingulate and orbitofrontal cortices during decision-making. *Brain Res Cogn Brain Res*, 23: 61–70.
18. Damasio, A.R. (2006). “Generación de imágenes y creación de la subjetividad”. En Llinás, R. & Churland P. S. Comps. (2006). *El continuum mente-cerebro*. Procesos sensoriales. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Universidad del Rosario, p. 23–32. (Título orig.: The main-brain continuum. Sensorial processes. MIT Press, Massachusetts, 1996)
19. _____. (2003). *Looking for Spinoza: Joy, Sorrow and the Feeling Brain*. Harcourt, New York.
20. _____. (1999). *The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness*. Harcourt, New York.
21. _____. (1996). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 351, 1413–1420
22. _____. (1994). *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*. Grosset/ Putnam, New York.
23. Damasio, A.R., Grabowski, T.J., Bechara, A., Damasio, H., Ponto, L.L., Parvizi, J., et al. (2000). Subcortical and cortical brain activity during the feeling of self-generated emotions. *Nat. Neurosci.* 3 (10), 1049–1056.
24. Damasio, H., Grabowski, T., Frank, R., Galaburda, A. M., and Damasio, A. R. (1994). The Return of Phineas Gage: Clues About the Brain from The Skull of a Famous Patient. *Science, New Series, Vol. 264*, pp. 1102–1105.
25. Estévez-González, A., García-Sánchez, C., Barraquer-Bordas, L.I. (2000). Los lóbulos frontales: el cerebro ejecutivo. *Rev Neurol*, 31 (6): 566–577.
26. Fisk, J. E. and Sharp, C. A. (2004). Age-Related Impairment in Executive Functioning: Updating, Inhibition, Shifting, and Access. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, Vol. 26, No. 7, pp. 874–890.
27. Fuster, J. M. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology*, 31, 373–385.
28. _____. (2001). The Prefrontal Cortex—An Update: Time Is of the Essence. *Neuron*, Vol. 30, 319–333.
29. _____. (1989). *The prefrontal cortex: anatomy, physiology, and neuropsychology of the frontal lobe*. New York: Raven Press.
30. Goldman-Rakic, P. S. (1992). Working memory and the mind. *Scientific Am*, 267: 111–7.
31. James, W. (1890). Chapter XXV “The emotions”. *The Principles of Psychology*. Dover Publications.
32. Koechlin E, Ody C, Kouneiher F. (2003). The architecture of cognitive control in the human prefrontal cortex. *Science*, 302: 1181–5.
33. Kolb, B., & Whishaw, I. (1990). *Fundamentals of Human Neuropsychology*. W.H. Freeman and Co., New York.
34. LeDoux, J. E. (2000). Cognitive-emotional interactions. In Lane, R. D., Nadel, L., eds. *Cognitive neuroscience of emotion*. New York: Oxford University Press; p. 129–55.
35. Luria, A. R. (1974). El cerebro en acción. Editorial Fontanella, Ediciones Orbis, S. A. Barcelona.
36. Luria, A.R. (1984). *Conciencia y lenguaje*. VISOR LIBROS, Madrid, España.
37. Luria, A.R. (1997): “Las funciones psíquicas superiores y su organización cerebral” en *Las funciones corticales superiores del hombre*. Orbe, Habana. Moscú, 1969 (en Ruso)
38. Llinás, R. (2003). *El cerebro y el mito del yo*. Editorial Norma S.A., Bogotá, Colombia.
39. Llinás, R. y Paré, D. (2006). “El cerebro como sistema cerrado modulado por los sentidos”. En Llinás, R. y Churland P. S. Comps. (2006). *El continuum mente-cerebro*. Procesos sensoriales. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Universidad del Rosario, p. 1–21. (Título orig.: The main-brain continuum. Sensorial processes. MIT Press, Massachusetts, 1996).
40. Mac Donald, A. W., Cohen, J. D., Stenger, V. A., Carter, C. S. (2000). Dissociating the role of the dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex in cognitive control. *Science*, 288: 1835–8.
41. Merzenich, M. M. & Decharms, R. C. “Representaciones neurales experiencia y cambio”. En Llinás, R. & Churland P. S. Comps. (2006). *El continuum mente-cerebro*. Procesos sensoriales. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Universidad del Rosario, p. 75–95. (Título orig.: The main-brain continuum. Sensorial processes. MIT Press, Massachusetts, 1996).
42. Metcalfe J, and Mischel W. (1999). A hot/cool-system analysis of delay of

- gratification: dynamics of willpower. *Psychol Rev*, 106: 3-19.
43. Miller, E. K., Freedman D. J. and Wallis J. D. (2002). The prefrontal cortex: categories, concepts and cognition. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 357, 1123-1136.
 44. Morgado-Bernal, I. (2000). emoción, recompensa y castigo. *Psicología de razonamiento y la moral*. en Mora, F. (Coord), *El cerebro sintieste*. Ariel, Barcelona.
 45. Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to 'frontal lobe' tasks: *A latent variable analysis*. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
 46. Miller, E. K. and Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annu. Rev. Neurosci.* 24:167-202.
 47. Naqvi, N., Shiv, B. and Bechara, A. (2006). The role of emotion in decision making: A cognitive neuroscience perspective. *Current directions in psychological science*, Vol. 15, 5, 260-264.
 48. Periañez, J. A., Barceló, F. (2004). Electrofisiología de las funciones ejecutivas. *Rev Neurol*, 38: 359-65.
 49. Pollock, J. L. (1983). *Contemporary theories of knowledge*, Savage, Maryland.
 50. Sanfey, A. G., Rilling, J. K., Aronson, J. A., Nystrom, L. E. & Cohen, J. D. (2003). The neural basis of economic decision-making in the ultimatum game. *Science*, 300, 1755-1758.
 51. Slachevsky, A., Pérez, C., Silva, J., Orellana, G., Prenafeta, M. L., Alegría Peña, M. (2005). Córtex prefrontal y trastornos del comportamiento: Modelos explicativos y métodos de evaluación. *Rev Chil Neuro-Psiquiat*, 43 (2); 109-121.
 52. Shallice, T. & Burgess, P. W. 1991 Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain* 114,727-741.
 53. Stuss, D. T. & Alexander, M. P. (2000). Executive functions and frontal lobes: a conceptual view. *Psychological Research*, 63, 289-298.
 53. Tirapu-Ustárrroz, J., Muñoz-Céspedes, J. M., Pelegrín-Valero, C. (2002). Funciones ejecutivas: necesidad de una integración conceptual. *Rev Neurol* 34 (7): 673-685.
 54. Torras, M., Portell, I., Morgado, I. (2001). La amígdala: implicaciones funcionales. *Rev Neurol*, 33 (5): 471-476.
 55. Wood, J. and Grafman, J. (2003). Human prefrontal cortex: processing and representational perspectives. *Neuroscience*, Vol. 4,
 56. Zelazo PD, Müller U, Frye D, Marcovitch S, Argitis G, Boseovski J, et al. (2003). The development of executive function in early childhood. *Monogr Soc Res Child Dev*, 68: vii-137.