

Representaciones formales de la memoria humana en sus diferentes manifestaciones y su relación con las memorias computacionales.

Ayelén Díaz¹, Claudio Garuti², Franca Oppici² Isabel Morales³, Andrea Mattiozzi³ and Franco Simini³

¹Estudiante del XXX Seminario de Ingeniería Biomédica 2021.

²Conferencista del Seminario del día 28 04 2021 de título “Medical Sapiens: Sistema de diagnósticos asistidos en base a signos y síntomas.”, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

³Docentes del XXX Seminario de Ingeniería Biomédica 2021.

Abstract—In medicine, memory is defined as a complex brain function, which allows a human being to remember all the stimuli to which he was exposed throughout his life, through the encoding, consolidation, storage and retrieval of memories. This is located in multiple areas of the brain, which together give the human being the ability to understand the world and interact with it.

On the other hand, in computing, memory is a necessary component for data storage and subsequent execution of programs and tasks. Thanks to this, is that a computer can store and retrieve information. Although human memory and computer memory differ in their structure and function, the objective of this work is to make a flow diagram as a formal representation of human memory and to look for common characteristics between both memories.

For the conclusion of this analysis, favorable results were found, since it is possible to establish an analogy between the functioning of sensory memory, short-term memory and long-term memory with different models of computational memory.

Keyword— Memory, Brain, Computer, Flow chart, Analogy.

Resumen— En medicina, se define a la memoria como una función cerebral compleja, que le permite al ser humano recordar todos los estímulos a los que fue expuesto a lo largo de su vida mediante la codificación, consolidación, almacenamiento y recuperación de recuerdos. Ésta, se ubica en múltiples áreas del cerebro, que en conjunto le otorgan al ser humano la capacidad de comprender el mundo e interactuar con él.

Por otro lado, en informática, la memoria es un componente necesario para el almacenamiento de datos y posterior ejecución de programas y tareas. Gracias a esta, es que una computadora puede almacenar y recuperar información. Aunque la memoria humana y la memoria de una computadora difieren en su estructura y función, se propone como objetivo de este trabajo, realizar un diagrama de flujo como representación formal de la memoria humana y buscar características en común entre ambas memorias.

Al final de este análisis, se encontraron resultados favorables, puesto que es posible establecer una analogía entre el funcionamiento de la memoria sensorial, memoria a corto plazo y memoria a largo plazo con diferentes tipos de memoria computacional.

Palabras claves— Memoria, Cerebro, Computadora, Flujograma, Analogía.

INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, la ciencia ha definido a la memoria como un proceso complejo y de vital importancia para el ser humano. Esta, nos permite crear recuerdos a partir de la activación de múltiples áreas del cerebro mediante cuatro procesos: codificación, consolidación, almacenamiento y recuperación [1].

Cada recuerdo, es creado a partir de diferentes fragmentos de información que percibimos e interpretamos del mundo exterior, haciendo posible, no solo adquirir, aprender y guardar recuerdos, sino que también integrarlos sistemáticamente y de forma significativa a los que se encontraban previamente almacenados. Una forma de guardarlos y clasificarlos es de acuerdo con su contenido y temporalidad en: memoria sensorial, memoria a corto plazo y memoria a largo plazo [1].

El interés de este trabajo se basa en conocer cómo el modelo general de una memoria que codifica, almacena y recupera, se asemeja al desarrollo de distintas técnicas informáticas que representan y emulan funciones cognitivas inherentes al ser humano para la resolución de problemas. Por este motivo, y teniendo en cuenta que una computadora y un cerebro no funcionan igual; este trabajo tiene como objetivo, obtener como resultado una representación formal del funcionamiento conceptual de la memoria humana, y buscar una analogía entre estas la misma y la memoria computacional.

I MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de esta monografía se consultaron distintas fuentes y portales de búsqueda, tanto en inglés como español, tales como Timbó, Scielo, ElSevier, Google académico y material de Eva Facultad de Ingeniería UdelaR. Se seleccionaron documentos, artículos, libros, etc., que abordaban la temática. Posteriormente, la información encontrada, se representa en un formato procesable por una computadora: Diagrama de flujo, donde fueron representadas los diferentes tipos de memorias humana, su estructura y funcionalidad para facilitar la comprensión de estas. Finalmente, se realizó una analogía con la memoria computacional que permitiera el cumplimiento del objetivo propuesto.

II LA MEMORIA COMO ENTIDAD BIOLÓGICA

La memoria en medicina es un conjunto de sistemas complejo, gracias al cual lo que aprendemos a lo largo de nuestra vida persiste en el tiempo de manera temporal o permanente. Es así, como somos capaces de recordar información sobre cómo llegar a nuestra casa, nuestro número de teléfono o la cara del presidente de nuestro país.

Cada recuerdo, es generado mediante variaciones en la sensibilidad de la transmisión sináptica de las neuronas [2]. Éstas, se encuentran continuamente haciendo sinapsis unas con otras, formando circuitos neuronales por los cuales se transmiten señales [2]. Cuando se forma un nuevo circuito, el cerebro adquiere la capacidad de activarlo cada vez que reproducimos un recuerdo. Para crear un nuevo recuerdo, se requiere de una serie de procesos, para poder posteriormente acceder a ellos cuando sea necesario. La falla en uno de estos tendrá como consecuencia la incapacidad de crear nuevos recuerdos o de recordar los pasados. Estos procesos son:

- 1 Codificación [1]: Es el primer paso donde los estímulos se transforman en una representación mental. Para lo cual, es importante prestar atención y concentrarnos, ya que, si la información no tiene un significado para nosotros, la misma no será almacenada.
- 2 Almacenamiento [1]: Comprende mecanismos mediante los cuales retenemos la información en la memoria por un tiempo determinado para utilizarla posteriormente.
- 3 Consolidación [1] [3]: Es el proceso encargado de alterar información almacenada recientemente, con el fin de estabilizarla y almacenarla a largo plazo. Para consolidar un recuerdo será necesaria la expresión génica, la síntesis de nuevas proteínas [2], y el crecimiento de conexiones sinápticas.
- 4 Recuperación [1]: Es el proceso que se activa en el caso de necesitar información que guardamos anteriormente, permitiéndonos acceder a la misma de forma voluntaria o involuntaria dependiendo donde esta información se aloje.

III ESTRUCTURA Y CLASIFICACIÓN DE LA MEMORIA

Existen diferentes tipos de memoria, donde la información se guarda según el contenido, el funcionamiento, o temporalidad. Clásicamente se clasifica en tres categorías fundamentales: memoria sensorial (MS), memoria a corto plazo (MCP) y memoria a largo plazo (MLP) [1].

La *Memoria sensorial* [1], es la encargada de registrar estímulos sensoriales a partir del mundo que nos rodea. Ésta, procesa y envía información visual, auditiva, olfativa y/o gustativa a la MCP. Su duración temporal es de 1

a 2 segundos, tiempo en el que se decide si la información recibida se transfiere o se olvida.

La *Memoria a corto plazo* [1], ubicada en la corteza prefrontal, es la encargada de integrar aquellos recuerdos que son necesarios en el presente o imprescindibles ante lo que pueda surgir a futuro. Su función es organizar y analizar información e interpretar nuestras experiencias. La información que llega a la MCP es seleccionada y codificada a partir de la memoria sensorial.

El almacenamiento de este tipo de memoria es limitado, con la capacidad de retener no más de siete ítems al mismo tiempo, siempre y cuando prestemos atención mientras se produce el registro [1]. La MCP tiene una duración temporal de entre 18 y 20 segundos. Pasado ese tiempo, la información será descartada por decaimiento o interferencia, es decir, que esos recuerdos, se olvidan, se alteran y suplantados por nuevas experiencias, o se consolidan en la MLP.

La *Memoria a largo plazo* [1], contiene información aprendida sobre el mundo físico, social y cultural. Además de ser “ilimitada”, puede tener una duración de minutos, horas, meses, años e incluso durante toda la vida, dado que es una estructura de memoria estable.

Cuando llega información desde la MCP, esta se almacena; sin embargo, puede ser olvidada mediante fallas en su codificación, en su almacenamiento (por decaimiento o interferencia [1]) o por fallas en su recuperación. Para que el almacenamiento sea permanente se debe consolidar, permitiendo relacionar la información y guardarla de forma ordenada para que luego la misma pueda ser recuperada fácilmente.

IV DIVISIÓN DE LA MEMORIA A LARGO PLAZO

Memoria implícita (MI): [1], [3] También conocida como memoria inconsciente, no depende ni requiere de la búsqueda consciente de información. Las estructuras responsables de su almacenamiento [1] (cerebelo, neocórtex, corteza límbica y áreas de asociación sensitiva), son las encargadas de la ejecución de tareas en base a experiencias vividas y aprendidas. A su vez, la MI puede ser asociativa o no asociativa. Por un lado, la memoria asociativa [1] [5], [6] se basa en el aprendizaje por *condicionamiento*, el cual puede ser *clásico* (que relaciona dos estímulos diferentes), u *operante* (que relaciona un estímulo (conducta) a su consecuencia). Mientras que, la no asociativa comprende dos formas de aprendizaje: la *habituación* donde la respuesta ante un estímulo benigno es disminuida y la *sensibilización* donde la respuesta ante un estímulo nocivo es potenciada.

Memoria explícita (ME): [1], [3] Es aquella que se encarga de procesar contenido. La generación de sus recuerdos se hace de forma consciente e intencional, y son guardados en las áreas del cerebro de asociación: la corteza prefrontal, la corteza límbica, y la corteza parietooccipitotemporal [1]. Al mismo tiempo la ME se divide en:

-*Memoria episódica* o autobiográfica [1], [7]: Nos da información acerca del tiempo y el lugar donde ocurren las experiencias. Esta información recordada, puede ser *retrospectiva* o *prospectiva*, dependiendo de si está relacionada a nuestro pasado o en proyección al futuro.

-*Memoria semántica u objetiva* [1], [7]: Se encarga de procesar imágenes y hechos aprendidos, asociando un nuevo recuerdo a características almacenadas en diferentes estructuras del cerebro.

V MEMORIA COMPUTACIONAL: ARQUITECTURA DE VON NEUMANN

La memoria de una computadora es un elemento fundamental para que el procesamiento de datos y posterior ejecución de programas y tareas sea posible [4]. Al igual que en la memoria humana, para que una computadora pueda almacenar información, ocurren los siguientes procesos: codificación, almacenamiento y recuperación.

El *modelo de von Neumann* [8], establece un modelo de arquitectura computacional que constituye una abstracción general de lo que es una computadora actualmente. El mismo, se compone de tres bloques constructivos básicos:

- Unidad central de procesamiento (CPU): Encargada de la ejecución de los programas [9].
- Memoria: Almacena los programas a ejecutar y sus datos asociados.
- Entrada/Salida: Comunica a la computadora con el mundo exterior [10].

VI RESULTADOS

TIPOS DE MEMORIA COMPUTACIONAL Y SU ANALOGÍA CON LA MEMORIA HUMANA

A partir del modelo de von Neumann, podemos establecer una analogía entre el cerebro humano procesando y almacenando una nueva experiencia percibida a través de los sentidos; y una computadora almacenando (memoria) y operando (CPU) con datos recibidos de los componentes de entrada/salida. Donde, los dispositivos de entrada/salida de una computadora (tales como un mouse, un teclado o un micrófono, etc.), funcionan de forma análoga a los sentidos, ya que se encargan de recibir información (táctil o auditiva en este caso), para codificar y almacenar en la memoria para su posterior uso. La información recibida, es clasificada para que, al ejecutar una tarea, ésta, se recupere e integre a información ya cargada en la memoria, como sucede en la recuperación de un recuerdo.

MEMORIA RAM Y SU SIMILITUD CON LA MEMORIA A CORTO PLAZO

Dentro de los tipos de memoria de una computadora, la memoria RAM [11] [12], (Memoria de acceso aleatorio), podría considerarse análoga a la MCP por ser de almacenamiento temporal (Fig.1). Este elemento, es considerado como una memoria de trabajo, ya que los programas necesitan ser cargados en la misma para su ejecución.

La memoria RAM es una memoria volátil [11],[12], por lo que sin una fuente de energía los datos se perderán. En ese sentido, podemos establecer una analogía con el corto tiempo de retención de datos de la MCP. Además, la capacidad de almacenamiento de la memoria RAM podría considerarse pequeña si la comparamos con las capacidades de almacenamiento de las memorias no volátiles. Esto podríamos interpretarlo como otra similitud entre la memoria RAM y la MCP, la cual también tiene una capacidad de almacenamiento limitada en comparación con la MLP.

MEMORIA NO VOLÁTIL Y SU SIMILITUD CON LA MEMORIA A LARGO PLAZO

Así como la memoria volátil funciona a corto plazo, también existe un análogo a la memoria no volátil, la MLP a largo [13] (Fig.2). Ésta, se diferencia de la anterior, porque los datos no se pierden sin una fuente de energía, y tiene más capacidad de almacenamiento. Sin embargo, no podemos decir que sea literalmente ilimitada. Entonces, luego de que la información se codifica y almacena permanentemente en la memoria del ordenador, cuando queramos acceder a ella nuevamente, por ejemplo, para ejecutar una tarea, los datos son recuperados desde la MLP (memoria secundaria) a la MCP o Memoria RAM (memoria principal) tal como sucede en el cerebro.

MEMORIA ASOCIATIVA COMPUTACIONAL

La memoria asociativa (MA) es un tipo de memoria donde los datos son recuperados a partir de su propio contenido y no a partir de su ubicación como lo hacen las memorias tradicionales [11], [14]. Un posible esquema de funcionamiento para una MA es el siguiente (Fig.3):

1. Almacenamiento: La información, se almacena en cualquier lugar si este está disponible. A esta operación, se la conoce como: Operación de escritura [11].
2. Recuperación: Si queremos llevar a cabo una operación de lectura sobre la memoria [11], se deben indicar en el "Argumento (A)" los datos, o parte los datos, que se quieren buscar. Dado que no se puede llenar "A" de forma parcial, el mismo debe ser completado con datos aleatorios. En la "Máscara (M)", se indica que partes de la información especificada en "A" se desea buscar en la memoria (necesario para dejar por fuera de la búsqueda de "Coincidencias" a los datos de relleno introducidos previamente). A continuación, la memoria realiza una búsqueda e indica en "C" cuales son aquellos datos almacenados en la misma que coinciden con los especificados.

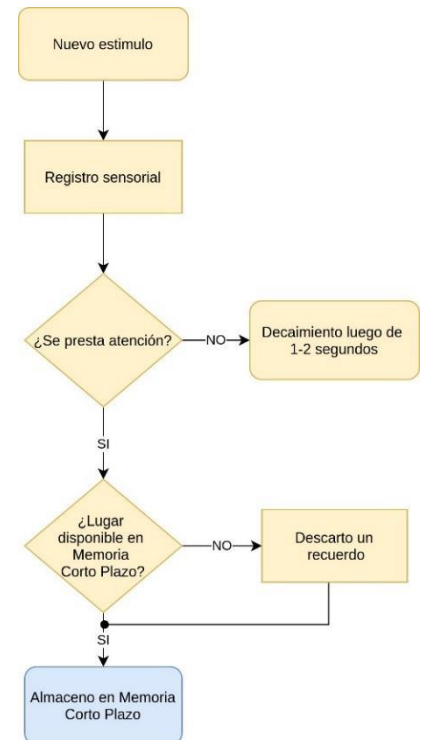


Fig. 1: Representación formal de la Memoria a Corto plazo.

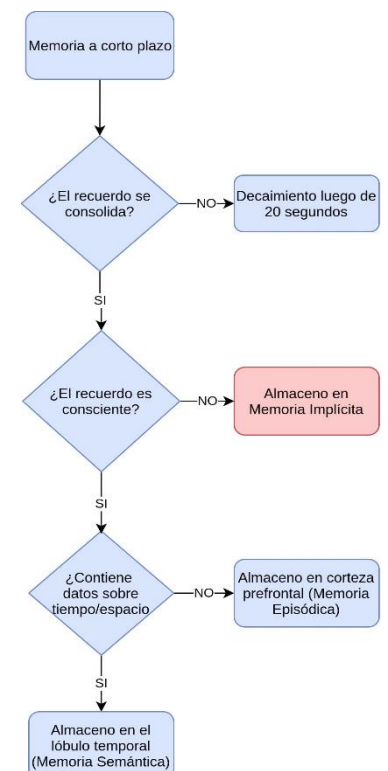


Fig. 2: Representación formal de la Memoria a Largo plazo.

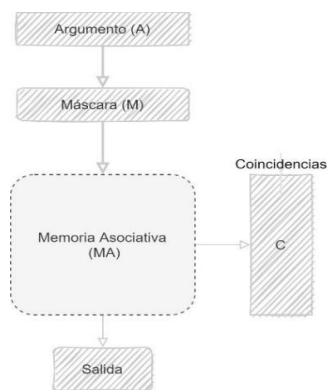


Fig. 3 Representación de un modelo de memoria Asociativa.

ANALOGÍA CON LA MEMORIA ASOCIATIVA HUMANA

Según el funcionamiento de la memoria humana asociativa (Fig.4), podemos hacer, por ejemplo, una analogía con la siguiente situación: Cuando le facilitamos al ser humano las tres primeras letras del nombre de un objeto, se buscará en su memoria inconsciente aquellos recuerdos que contengan información sobre palabras que tengan al inicio, esas tres letras. Una vez recuperada esa información, se traerá a la MCP donde el sujeto por asociación podrá nombrar (operación de lectura), objetos que comiencen con dichas letras a partir de un registro de coincidencias previamente almacenado a partir de experiencias vividas.

En ese sentido, podemos decir que de todos los tipos de memoria que hemos analizado, la Memoria Asociativa, es la que tiene más similitudes con la memoria humana; particularmente si tenemos en cuenta que la misma es la única en la cual la información se recupera a partir del propio contenido y no utilizando direcciones.

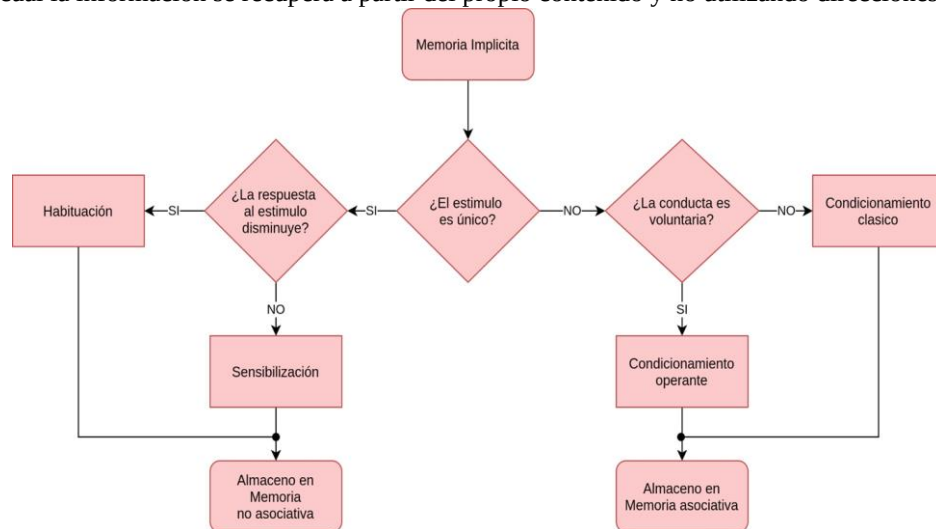


Fig.4: Representación formal de la Memoria Asociativa

VII. CONCLUSIÓN

Finalmente, tras la elaboración de un diagrama de flujo, a modo de representación formal de la memoria humana; podemos concluir que éste, permite una mejor comprensión conceptual de su estructura y funcionamiento.

Por otro lado, tomando como punto de partida el modelo de una memoria humana que procesa, almacena y recupera datos, se puede establecer una analogía con la memoria computacional. Es importante destacar que, a pesar de la alta complejidad de la estructura y funcionalidad del cerebro, de igual manera, se pudieron establecer analogías entre la Memoria a Corto plazo y las Memorias volátiles, y entre la Memoria a Largo plazo y las Memorias no volátiles. Encontrando similitudes como pueden ser los tiempos de permanencia de los datos en las memorias, o la capacidad de almacenamiento de las mismas. Por último, la analogía propuesta entre las memorias

asociativas de un cerebro y una computadora pone de manifiesto la semejanza que existe entre los procesos de guardado y recuperación de contenido en las mismas.

REFERENCIAS

- [1] E. Kandel, “62 Capítulo 62 - Aprendizaje y memoria,” in *Principios de Neurociencia*, 2001.
- [2] C. O. Loubon and J. C. Franco, “Neurofisiología del aprendizaje y la memoria. Plasticidad neuronal,” *Arch. Med.*, vol. 6, no. 1, 2010, doi: 10.3823/048.
- [3] F. Benfenati, “Synaptic plasticity and the neurobiology of learning and memory,” *Acta Biomed.*, vol. 78, no. SUPPL. 1, pp. 58–66, 2007.
- [4] A. Busquets-García *et al.*, “Hippocampal CB1 Receptors Control Incidental Associations,” *Neuron*, vol. 99, no. 6, pp. 1247–1259.e7, 2018, doi: 10.1016/j.neuron.2018.08.014.
- [5] I. Morgado, “The psychobiology of learning and memory: Fundamentals and recent advances,” *Revista de Neurología*, vol. 40, no. 5, pp. 289–297, 2005, doi: 10.33588/rn.4005.2005004.
- [6] J. H. Wang and S. Cui, “Associative memory cells and their working principle in the brain,” *F1000Research*, vol. 7, Faculty of 1000 Ltd, 2018, doi: 10.12688/f1000research.13665.1.
- [7] P. Carrillo, “Sistemas de memoria: reseña histórica, clasificación y conceptos actuales. Primera parte: Historia, taxonomía de la memoria, sistemas de memoria de largo plazo: la memoria semántica,” *Salud Ment.*, vol. 33, no. 1, pp. 85–93, 2010.
- [8] A. De Computadoras, “Notas de Teórico Arquitectura de von Neumann,” 2011.
- [9] A. De Computadoras, “Notas de Teórico Organización del CPU,” pp. 1–15, 2012.
- [10] A. De Computadoras, “Notas de Teórico Entrada / Salida,” pp. 1–20, 2012.
- [11] M. Chimento, “Reporte Técnico RT 12-02 Modelos de memoria en entornos de virtualización,” 2012.
- [12] R. Latinoamericana, “Notas de,” vol. 11, pp. 483–494, 2013.
- [13] “Volatile and Non-Volatile Computer Memory | Ivy Tech College Success 115.” <https://courses.lumenlearning.com/collegesuccess2x48x115/chapter/volatile-and-non-volatile-computer-memory-session-6/> (accessed Jun. 30, 2021).
- [14] “COA | Associative Memory - javatpoint.” <https://www.javatpoint.com/coa-associative-memory> (accessed Jun. 30, 2021).