

Artículo de reflexión

EL CEREBRO HUMANO: UN SUBSISTEMA QUE TRABAJA CON UN SOLO PROCESADOR

Supuestamente, el cerebro humano es algo parecido a una libreta
que se adquiere en la papelería:
muy poco mecanismo y muchas hojas en blanco.

ALAN MATHISON TURING

Martha Yaneth Segura Ruiz¹

Recibido: 30 de noviembre de 2016

Aprobado: 24 de agosto de 2018

Cómo citar este artículo: Segura, M. (2018). El cerebro humano: un subsistema que trabaja con un solo procesador. *Agustiniana Revista Académica*, 12, pp. 57-67.

Resumen. El ser humano es un sistema compuesto por subsistemas interrelacionados e interdependientes que buscan su viabilidad, es decir, su legalización en un medio que cambia constantemente. Como sistema el hombre lucha por sobrevivir cada día y parte de su evolución radica en cómo el cerebro se adapta y ajusta a las nuevas necesidades que se presentan en su entorno. La configuración y capacidades del cerebro facilitan esa adaptación. Desde que el hombre inicia la locomoción bípeda hasta la época actual, su cerebro se ha ido perfeccionando. Sin embargo, a pesar de la evolución misma del ser humano y de su diversidad, la práctica de tareas que comprometen simultáneamente sus subsistemas aún tiene sus restricciones. Este artículo presenta una mirada al funcionamiento del cerebro como subsistema, a partir de la teoría general de sistemas y la perspectiva del modelo de sistema viable, que inciden en el funcionamiento del ser humano y en su equifinalidad.

Palabras clave: cerebro humano, subsistema, procesamiento de información cerebral, modelo de sistema viable.

¹ Ingeniera de Sistemas de la Universidad Autónoma de Colombia. Especialista en Diseño y Construcción de Soluciones Telemáticas de la Universidad Autónoma de Colombia. Especialista en Ingeniería de Software de la Universidad Incca de Colombia. Magíster en Administración y Dirección de Empresas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga y el Instituto de Estudios Superiores de Monterrey. Docente del Programa de Tecnología en Desarrollo de Software en la Universitaria Agustiniana. Correo electrónico: martha.segura@uniagustiniana.edu.co.

Introducción

El cerebro del ser humano es un misterioso órgano que se ha sido analizado durante décadas por muchas áreas del conocimiento como la neurología, la psiquiatría, la filosofía, la fisiología, la biología, la medicina, la matemática, la cibernética y la informática, cuyos resultados se han constituido en diversos estudios sobre la anatomía y el funcionamiento.

Los conceptos sobre el cerebro han variado de lo más extenso a lo más circunscrito, o sea, desde el símil de la función de todos los órganos del cuerpo, hasta la función de los órganos del sistema nervioso en general, a la del cerebro en particular, y más específicamente, a la estructura de la corteza cerebral que es la más relevante. (Alegre y Zumaeta, 2015, p. 265)

Al reflexionar sobre el cerebro, se plantean los siguientes interrogantes: ¿cómo un tejido nervioso o material biológico puede tomar decisiones?, ¿cómo se produce, procesa y transforma la información en el cerebro a velocidades imperceptibles y como se interconecta con los demás sistemas del cuerpo humano?, ¿cómo ese procesamiento de información asegura la viabilidad del ser humano?

Según el uso dado al cerebro, las experiencias y los conocimientos alcanzados, se desarrollan unas funciones cognitivas propias en cada individuo, producto de la plasticidad cerebral, la cual

se refiere a la capacidad del sistema nervioso para cambiar su estructura y su funcionamiento a lo largo de su vida, como reacción a la diversidad del entorno. Aunque este término se utiliza hoy día en psicología y neurociencia, no es fácil de definir. Se utiliza para referirse a los cambios que se dan a diferentes niveles en el sistema nervioso: estructuras moleculares, cambios en la expresión genética y comportamiento. (CogniFit, 2018)

La plasticidad neuronal es la que garantiza la viabilidad del ser humano, ya que permite al cerebro reestructurarse y recuperarse (CogniFit, 2018). Para Johansen (2004), la viabilidad se entiende como la capacidad de sobrevivencia y adaptación de un sistema en un medio cambiante; evidentemente, el medio de un subsistema será el sistema o gran parte de él. Por su parte, Beer (1972) estudia la fisiología del cerebro y el funcionamiento del sistema nervioso, con lo cual desarrolla la cibernética organizacional —una ciencia que puede ser aplicada a sistemas complejos— y propone el modelo de sistema viable, ambos divulgados en su libro *Brain of the firm*.

En razón a lo anterior, este artículo intenta describir cómo el cerebro es un subsistema que logra la adaptación a las condiciones cambiantes de su entorno, pero con limitaciones en la ejecución de múltiples procesos cognitivos simultáneos. Con este fin, se considerarán de forma sucesiva: la anatomía y el funcionamiento del cerebro como unidad central de procesamiento de información del ser humano y el análisis del cerebro como subsistema del ser humano, a partir de la teoría general de sistemas y del modelo de sistema viable.

De la diversidad del cerebro como unidad de procesamiento de información

Para Alegre y Zumaeta (2015), un ser humano es un sistema compuesto por

células que forman tejidos, tejidos que forman órganos, órganos que están inervados por fibras nerviosas unidas a la médula, cerebro con dos hemisferios que tienen más de una estructura laminar superficial, la paleocorteza y la neocorteza. Esta última, organizada por un tipo más complejo de información psíquica (neocortical) como configuración de billones de neuronas también agrupadas. (p. 265)

El procesamiento de las señales y la información en el ser humano se lleva a cabo a través del sistema nervioso, que a su vez se divide en sistema nervioso central y sistema nervioso periférico. Arango-Dávila y Pimienta (2004) precisan que

el sistema nervioso central cuenta con una organización funcional que permanentemente compara la percepción actual con lo almacenado en registros de memoria. Este sistema comparador es sumamente activo, ya que, dependiendo de la importancia emocional o de la peligrosidad del estímulo novedoso, se generan respuestas biológicas de diferente intensidad que hacen que se centre la atención en dicho estímulo, se replantee la conducta que se está realizando y se generen estrategias de exploración. (p. 102)

El cerebro hace parte del sistema nervioso central junto con la médula espinal, que es como un cable conductor que se comunica con el sistema nervioso periférico para responder a los estímulos recibidos a través de los sentidos. Este responsable de procesar la información y gobernar la mayoría de funciones del ser humano. Dentro del cerebro existen doce nervios craneales, de los cuales, nueve llevan información desde los órganos de los sentidos hasta el cerebro; los restantes controlan los músculos y se conectan a órganos internos como el corazón.

Del mundo que lo rodea, el cerebro humano recibe millones de piezas de información cada segundo a través de los sentidos —la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto—. Sin embargo, como lo afirman Castejón (2010) y Llinás (2001), “el cerebro utiliza los sentidos para apropiarse de la riqueza del mundo, pero no se limita a ellos”, pues también puede crear su propia realidad. La información es recibida, procesada y transformada por el sistema nervioso, responsable de controlar las acciones y sensaciones, así como las emociones y los procesos cognitivos.

Una compleja red de neuronas transmite la información mediante las dendritas de cada neurona hasta los axones de otra, gracias a los neurotransmisores, sustancias químicas que facilitan el transporte de los impulsos nerviosos en un proceso llamado sinapsis. El proceso químico es antecedido por uno eléctrico, en el que la información recibida se transporta dentro de la neurona por impulsos eléctricos, que controlan todas las actividades del organismo. Cuando una neurona está en reposo con su carga eléctrica negativa y se produce un estímulo, la carga pasa de negativa a positiva: este cambio eléctrico es el impulso nervioso que se propaga al axón. En la figura 1 se describe la forma en que se comunican las neuronas:

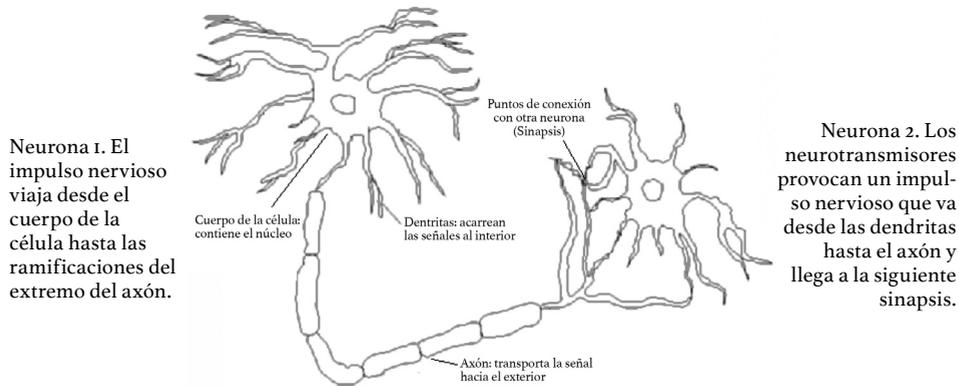


Figura 1. Comunicación entre neuronas.

Fuente: adaptado de sites.google.com (2018).

Debido a procesos eléctricos y químicos del cerebro, el ser humano puede pensar, aprender, comunicarse, recordar, planear, sentir, moverse y gobernar los demás sistemas y órganos del cuerpo.

Así mismo, el cerebro está conformado por un alto porcentaje de agua, proteínas y neurotransmisores, y es irrigado por vasos sanguíneos que lo proveen de oxígeno y nutrientes. Desde lo fisiológico, es decir, desde sus propiedades y funciones, el cerebro está conformado por dos hemisferios, el derecho y el izquierdo, cada uno con funciones específicas. El hemisferio izquierdo es responsable de la motricidad del lado derecho del cuerpo y viceversa.

Según estudios realizados por el doctor R. Sperry (citado por Pérez et al., 2013), premio nobel de Medicina en 1981:

El hemisferio cerebral izquierdo actúa prioritariamente en el pensamiento lógico, matemático, racional y analítico, el lenguaje, el sentido del tiempo y actividades como el cálculo y la lectura. Su acción está orientada hacia el mundo exterior con un predominio de ondas cerebrales β durante su actividad. El hemisferio cerebral derecho actúa en el pensamiento espontáneo, sintético e intuitivo. Se encarga del sentido artístico y espacial, en él predomina lo subjetivo, el mundo interior. De acuerdo a esta perspectiva, realizaría el procesamiento de los mensajes del cuerpo y de los circuitos cerebrales específicos asentados en la zona límbica. Su acción no es registrada por el nivel consciente, sino por la zona subconsciente. Ningún aprendizaje académico pertenece a estos circuitos, los que se localizan en las zonas cerebrales de la zona consciente. Se acompaña en su funcionamiento de las ondas cerebrales α principalmente.

Se puede deducir que los procesos cognitivos se despliegan en el hemisferio cerebral izquierdo, encargado del pensamiento lógico, desarrollados en la zona consciente del cerebro. Es en este hemisferio donde se crean redes neuronales para el aprendizaje académico.

Tal es la complejidad del cerebro que, a su vez, está organizado en cuatro lóbulos: frontal, parietal, occipital y temporal. Cada uno se ocupa de funciones específicas que gobiernan los demás órganos y funciones del ser humano. Las funciones superiores del ser humano son coordinadas por el lóbulo frontal; la visión es controlada por el lóbulo occipital; el lóbulo parietal se encarga del movimiento, la orientación y la asociación; y el lóbulo temporal se relaciona con el habla, la escucha y el lenguaje, así como la memoria visual y auditiva. El conjunto de interrelaciones entre los hemisferios izquierdo y derecho, y los cuatro lóbulos del cerebro se organizan para mantener vivo al ser humano. La figura 2 recrea los lóbulos y las funciones de cada uno:

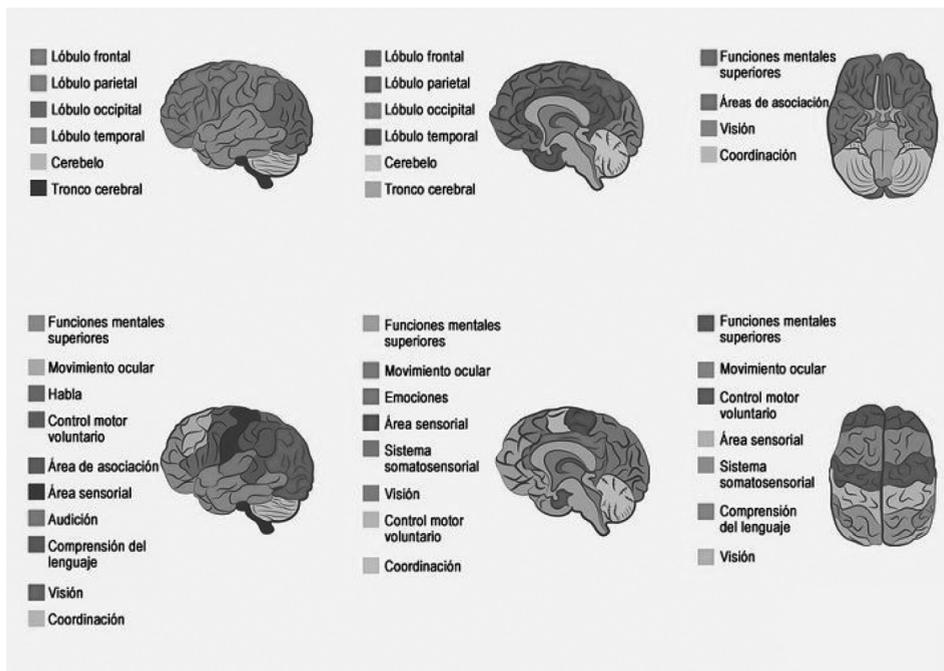


Figura 2. Lóbulos del cerebro y sus funciones.

Fuente: Lifeder (2018).

Otro aspecto a resaltar es que el cerebro o encéfalo se divide en el telencéfalo y el diencéfalo. El telencéfalo se compone de la corteza cerebral, donde se almacenan los recuerdos de forma permanente (memoria a largo plazo), dividida en los dos hemisferios y en los cuatro lóbulos, responsable de integrar la información enviada por otras áreas del cerebro para llevar a cabo los procesos mentales más complejos (sustancia gris); los ganglios basales, encargados de la planificación de acciones; y el sistema límbico, la parte más profunda del cerebro, encargada de la memoria a corto plazo y las emociones —por lo que se conoce como el cerebro emocional—, y de conectarse con el hipocampo que almacena y recupera recuerdos.

La corteza cerebral o córtex recibe información del tálamo, que controla la atención; el hipotálamo, que comunica las neuronas con las hormonas; el cerebelo, que controla las

funciones corporales y motoras del cuerpo humano; y el tallo cerebral, que se encarga de las funciones vitales como la presión sanguínea, la respiración y los latidos del corazón. En la figura 3, se pueden observar las partes más significativas del cerebro.

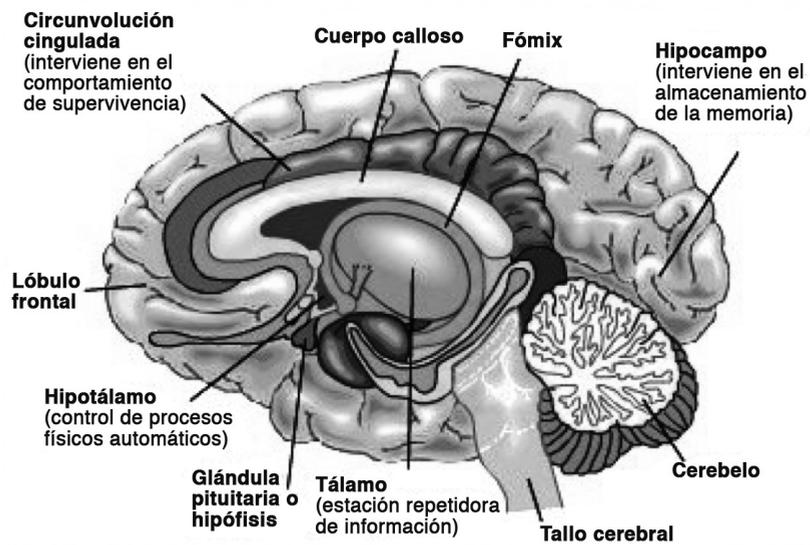


Figura 3. Partes del cerebro humano.

Fuente: biologiafotosdibujosimagenes.blogspot.com (2018).

Existe una extrema complejidad entre los componentes y funciones del cerebro; muchas acciones que se realizan, se ejecutan de forma automática debido a la repetición: algunos movimientos, como escribir, se dominan después de practicarlos cientos de veces hasta que finalmente se aprenden. Sin embargo, los procesos cognitivos, como pensar, inferir, razonar, ingeniar, crear o innovar, requieren de muchas redes neuronales interconectadas, que se estimulan y alimentan con nueva información. Para Llinás (2001), este tipo de procesos cognitivos y estados funcionales del ser humano se desarrollan de forma única en el cerebro, al unísono:

Las neuronas tienen una actividad oscilatoria y eléctrica intrínseca, es decir, connatural a ellas, y generan una especie de danzas o frecuencias oscilatorias que llamaremos “estado funcional”. Por ejemplo, los pensamientos, las emociones, la conciencia de sí mismos o el “yo” son estados funcionales del cerebro. Como cigarras que suenan al unísono, varios grupos de neuronas, incluso distantes unas de otras, oscilan o danzan simultáneamente, creando una especie de resonancia. La simultaneidad de la actividad neuronal (es decir, la sincronía entre esta danza de grupos de neuronas) es la raíz neurobiológica de la cognición, o sea, de nuestra capacidad de conocer. Lo que llamamos “yo” o autoconciencia es una de tantas danzas neuronales o estados funcionales del cerebro.

La viabilidad del subsistema cerebro

De acuerdo con la *Teoría general de sistemas* de Bertalanffy (1976), un subsistema es un “conjunto de elementos y relaciones que responden a estructuras y funciones especializadas dentro de un sistema mayor”. El cerebro es un subsistema del ser humano y, como tal, es una “complejidad organizada”, merced a la consistencia de “interacciones fuertes”.

El cerebro es una entidad muy diferente de las del resto del universo. Es una forma distinta de expresar “todo”. La actividad cerebral es una metáfora para todo lo demás. Tranquilizante o no, el hecho es que somos básicamente máquinas de soñar que construyen modelos virtuales del mundo real. (Llinás, 2001)

A partir de las definiciones, se puede inferir que el cerebro es un sistema, pero a su vez es un subsistema del suprasistema que es el sistema nervioso y del sistema que es el ser humano; como tal, contribuye a la consecución del objetivo del sistema: “existir”. Para Beer (1972), el cerebro es un “modelo general de sistema”, una “jerarquía de sistemas”, en la cual sus componentes tienen una estructura, en la que cada nivel puede tener funciones individuales y exclusivas; asimismo, cuenta con propiedades que pueden transferirse de un sistema a otro y de un nivel a otro de la jerarquía.

La jerarquización de los sistemas supone que cada sistema o subsistema cumple una única función u objetivo que contribuye a la consecución del objetivo del sistema y, aunque las propiedades se pueden transferir entre sistemas o subsistemas y entre niveles, esto no implica que se dupliquen, mas sí que se complementen y se establezcan relaciones interdependientes. Lo anterior es lo que permite que este proceso se constituya en una extrema complejidad. La figura 4 expone cómo el cerebro está inmerso dentro del sistema:

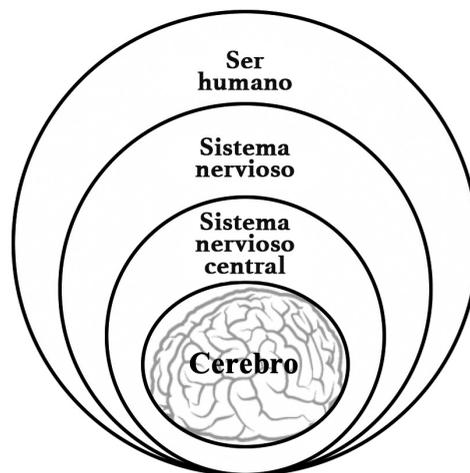


Figura 4. El subsistema cerebro humano y su entorno.

Fuente: elaboración propia.

El cerebro se clasifica como un subsistema de dirección, tomador de decisiones, controlador y autorregulador de otros subsistemas. Sin embargo, su funcionamiento depende directamente del sistema circulatorio, encargado de transportar el oxígeno y los nutrientes a todos los órganos del cuerpo por medio de la sangre. En consecuencia, se puede deducir la extrema complejidad del ser humano como sistema, con subsistemas interrelacionados e interdependientes unos de otros; cuando uno de los subsistemas deja de funcionar, el ser humano debe buscar el equilibrio; precisamente, el cerebro es el encargado de esta autorregulación, tal como ocurre en un sistema cibernético.

La cibernética introduce la idea de circularidad a través del concepto de realimentación o *feedback*. La idea de circularidad desarrollada por Wiener se centra en la realimentación negativa, que permite la autorregulación del sistema ante posibles perturbaciones (Nemiche et al., 2002). La figura 5 indica cómo se produce la retroalimentación en el cerebro:

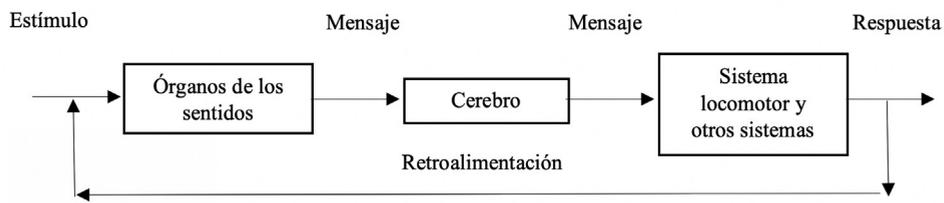


Figura 5. La retroalimentación en el cerebro.

Fuente: elaboración propia.

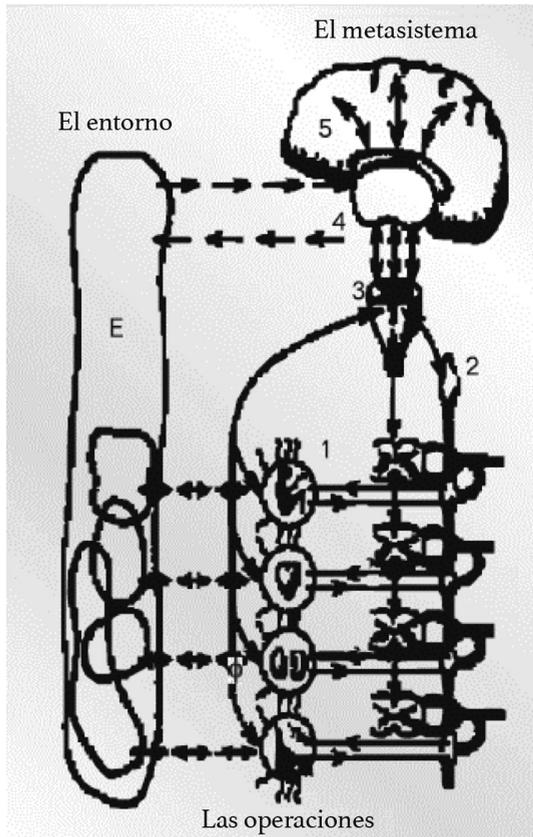
Como subsistema de dirección, el cerebro es el procesador de toda la información que ingresa al ser humano, mediante sus interconexiones nerviosas del sistema nervioso periférico. Asimismo, debe ser capaz de codificar y decodificar olores, sonidos, sabores, texturas, y lo relacionado con la parte física, pero también de recibir información de tipo símbolos alfanuméricos, que componen el lenguaje y las matemáticas. Digerir tanta información en pocos segundos hace que siempre esté en funcionamiento.

Los procesos como el aprendizaje y la memoria son fundamentales para su subsistencia, pues, cada vez que se aprende, se crean nuevas conexiones entre las redes de neuronas. La inteligencia no es más que la capacidad de sintetizar rápidamente toda la información y tomar decisiones.

A su vez, el cerebro se adapta al entorno mediante la plasticidad, que permite que las neuronas se organicen: cuanto más sean estimuladas, más se desarrollarán nuevas redes de neuronas y cada vez serán más fiables dichas redes; pero, si no se estimulan, el cerebro sufre una neurodegeneración con el paso de los años. Mediante la plasticidad cerebral, el cerebro debe asegurar la viabilidad del sistema del ser humano. La viabilidad implica que el sistema deba tener capacidad de regulación, aprendizaje, adaptación y evolución (Pérez-Ríos, Sánchez y Puche, 2008).

El modelo de sistema viable se crea como un modelo recursivo. La recursividad es planteada por Beer (1985) con base en el siguiente teorema: “en una estructura

organizacional recursiva, cualquier sistema viable contiene, y es contenido en, un sistema viable". Es a partir del funcionamiento del sistema nervioso del ser humano que se desarrolla este modelo. La viabilidad del modelo se asegura mediante cinco funciones: 1) operación, 2) coordinación, 3) control o cohesión, 4) inteligencia o planeación y 5) política. En la figura 6, se pueden observar las funciones relacionadas con el sistema nervioso, que se aplican al modelo de sistema viable:



Corteza: funciones del cerebro, percepción, pensamiento, imaginación, juicio y decisión (5).

Diencéfalo: entradas sensoriales y planificación. Compuesto por el tálamo, hipotálamo, subtálamo y epitálamo (4).

Médula espinal: conduce la corriente nerviosa de las sensaciones y procesa el acto reflejo. Control interno (3).

Sistema nervioso autónomo: es involuntario, influye en los órganos y músculos a través de centros nerviosos periféricos. Regulación (2).

Esqueleto, músculos y órganos: realizan operaciones básicas.

Entorno: (E).

Figura 6. Funciones del sistema viable en interacción.

Fuente: adaptado de *El modelo de sistema viable* (Villarreyes, 2017).

En el modelo de sistema viable se define el metasisistema en interacción con el entorno y al realizar las operaciones internas para su funcionamiento, organizadas en las cinco funciones básicas que determinan la viabilidad:

Beer creó el modelo de sistema viable inspirándose en la forma como el cerebro humano organiza las operaciones de los órganos y músculos y en la forma como se sincronizan todas las actividades en el organismo humano. El consideró que el organismo humano tiene tres partes principales interactuando: músculos y órganos, sistema nervioso y entorno externo.

Estas partes están representadas en el modelo de la siguiente manera:

La operación: las unidades que realizan el trabajo básico representan a los músculos y órganos.

El metasisistema: provee un servicio a las unidades de operaciones y asegura que todo el trabajo en conjunto se realice de una manera integrada y armónica. Representa al sistema nervioso.

El entorno: todos los elementos del entorno, los cuales esta relacionados directamente con el enfoque o propósito del sistema.

Estas partes o componentes del sistema deben estar balanceadas. Cuando el entorno cambia, el organismo debe responder adecuadamente. (Villareyes, 2017, p. 8).

Según Beer (1985), *viable* significa poder mantener una existencia separada. Un sistema viable es aquel que tiene cierto nivel de autonomía para sobrevivir en un entorno, por lo tanto, tiene identidad propia. Luego, el ser humano es viable si puede sobrevivir a un particular tipo de ambiente, lo cual es posible gracias al funcionamiento del sistema nervioso y del cerebro, con su aporte a la subsistencia del sistema.

La atención, el interés, la concentración y la motivación, aportadas por el cerebro en el proceso de aprendizaje, dependen de las emociones. Posteriormente, la información que ingresa al cerebro en forma de sensaciones se transforma en impulsos o señales eléctricas, enviados de neurona a neurona por medio de redes neuronales; luego, se generan mecanismos para utilizar ese nuevo aprendizaje. Pero el ser humano no es un ser individual, es un ser social, y se diferencia de otros animales en su capacidad de comunicarse gracias al lenguaje; esa interacción como ser social es la que también determina su capacidad de aprender, evolucionar y sobrevivir.

Conclusiones

Nuestros pensamientos pueden viajar a velocidades superiores a la de la luz; en segundos encontramos recuerdos de días, semanas, meses y hasta años atrás. La capacidad de almacenamiento del cerebro es superior a la de un disco duro de un computador y el procesamiento se lleva a cabo como en una unidad central de procesamiento. Pero, a pesar de que podemos pensar, hablar, mirar y caminar al mismo tiempo, es difícil que experimentemos dos actividades de razonamiento simultáneamente, debido a que muchas acciones son practicadas casi que automáticamente, sin necesidad de realizar un proceso cognitivo.

La cibernética de Beer y la TGS de Bertalanffy permiten evidenciar la alta complejidad del cerebro, lo que hace posible que lo podamos enmarcar dentro de los sistemas cibernéticos, dada su capacidad de autorregulación.

El modelo de sistema viable faculta el entendimiento de la complejidad con la que funciona el sistema ser humano y su subsistema cerebro. Finalmente, es relevante mencionar que el aporte del cerebro en la adaptación y supervivencia del ser humano

también depende de cada individuo, de su relación con el entorno y de la forma en que fortalezca las redes de neuronas para su creación y evolución.

Referencias

- Alegre, A. y Zumaeta, P. A. (2015). La relación mente-cerebro: Una propuesta de solución basada en formas de neguentropía intra y extra individuales. *Propósitos y Representaciones*, 3(1), pp. 265-311.
- Arango-Dávila, C. A. y Pimienta, H. J. (2004). El cerebro: de la estructura y la función a la psicopatología. Primera parte: bloques funcionales. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 33(1), pp. 102-125.
- Bertalanffy, L. (1976). *Teoría general de los sistemas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica de España.
- Beer, S. (1972). *Brain of the firm: A development in management cybernetics*. New York: Herder and Herder.
- Beer, S. (1985). *Diagnosing the System for Organisations*. New York: Wiley.
- Bertalanffy, L. V. (1976). *Teoría general de los sistemas. Fundamentos, desarrollo y aplicaciones*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Biologíafotosdibujosimagenes.blogspot.com. (2018). Recuperado de: <https://bit.ly/2EAKGWv>
- Castejón, O. (2010). Relación cerebro y mente. *MULTICIENCIAS*, 10 (Extraordinario), pp. 11-27.
- CogniFit. (2018). Recuperado de: <https://bit.ly/1pWmV9v>
- Johansen, O. (2004). *Anatomía de la empresa. Una teoría general de las organizaciones sociales*. México: Editorial Limusa.
- Lifeder. (2018). *Cerebro humano: funciones y partes (con imágenes)*. Recuperado de: <https://bit.ly/2iNMivZ>
- Llinás, R. R. (2001). *I of the vortex: from neurons to self*. Cambridge: MIT Press.
- Nemiché, M., Moncho, A. C., Lledó, J. I. L., Quintero, L. A. y El-Kharraz, J. (2002). A systemic model to simulate the formation and employment in "La Coma". *Revista Internacional de Sistemas*, (12), pp. 12-18.
- Pérez, E. y Medrano, L. A. (2013). Teorías contemporáneas de la inteligencia: una revisión crítica de la literatura. *Psiciencia: Revista Latinoamericana de Ciencia Psicológica*, 5(2), p. 6.
- Pérez-Ríos, J., Sánchez, P. y Puche, J. (2008). *Sistemas de información y cibernética organizacional*. II International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management. Burgos, España: XII Congreso de Ingeniería de Organización.
- Sites.google.com. (2018). *Redes neuronales-inteligencia artificial*. Recuperado de: <https://bit.ly/2iNMivZ>
- Villarreyes, C. A. C. (2017). El modelo de sistema viable. *Perspectiv@s*, 4(4), pp. 8-13.