



# EL CEREBRO SOCIAL COMO BASE DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL: POTENCIAL USO EN NEURORREHABILITACIÓN

**VERÓNICA MIRIAM GUZMÁN-SANDOVAL<sup>1</sup>, IVÁN DELGADO-ENCISO<sup>2</sup>, PEDRO CÉSAR SANTANA-MANCILLA<sup>3</sup>, VÍCTOR HUGO CERVANTES-KARDASCH<sup>2</sup>, SILVIA BERENICE-FAJARDO FLORES<sup>3</sup>, IRAM PABLO RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Psicología de la Universidad de Colima. Av Universidad 333, Colonia las víboras, CP 28040, Colima, Mexico.

<sup>2</sup>Facultad de Medicina de la Universidad de Colima. Av Universidad 333, Colonia las víboras, CP 28040, Colima, Mexico.

<sup>3</sup>Facultad de Telemática de la Universidad de Colima. Av Universidad 333, Colonia las víboras, CP 28040, Colima, Mexico.

<sup>4</sup>Laboratorio de Fisiología Molecular y Estructural. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Ave. Pedro de Alba s/n cruz con Ave. Manuel L. Barragán. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, 66455 México.

\*Correspondencia: Verónica Miriam Guzmán-Sandoval Facultad de Psicología de la Universidad de Colima. Av Universidad 333, Colonia las víboras, CP 28040, Colima, Mexico.

gus\_vero@uocol.mx



**Palabras clave:** discapacidad neurológica, discapacidad cognitiva, salud, calidad de vida, inteligencia artificial.

**Keywords:** neurological disability, health, quality of life, artificial intelligence

## RESUMEN

La evolución del cerebro para su humanización, socialización y adaptación a un entorno cambiante ha tomado millones de años. El entendimiento completo de las funciones cerebrales y de las habilidades socioemocionales aún no se conoce con profundidad, pero se sabe que el tamaño y la complejidad del cerebro humano proviene de las demandas de la interacción social. Con la aparición de la neurociencia cognitiva se comprende el cerebro social, que conforma una interacción de redes neuronales y neurotransmisores involucrados en el proceso de aprendizaje; con estos conocimientos del funcionamiento de las redes neuronales se desarrollan modelos matemáticos para generar la inteligencia artificial. La inteligencia artificial puede contribuir a la neurorrehabilitación y en la habilitación socioemocional de personas con diversas discapacidades neurológicas, bajo leyes y principios éticos que garanticen su calidad de vida.

## ABSTRACT

The evolution of the brain for humanization, socialization and adaptation to a changing environment has taken millions of years. A complete understanding of brain functions and socioemotional skills is not yet known in depth, but it is known that the size and complexity of the human brain stems from the demands of social interaction. With the emergence of cognitive neuroscience, the social brain is understood, which forms an interaction of neural networks and neurotransmitters involved in the learning process. With this knowledge of the functioning of neural networks, mathematical models are developed to generate artificial intelligence. Artificial intelligence can contribute to neurorrehabilitation and socioemotional habilitation of people with various neurological disabilities, under laws and ethical principles that guarantee their quality of life.



## INTRODUCCIÓN

**D**e acuerdo con la hipótesis del cerebro social, el ser humano es una especie social que se adapta a las demandas ambientales y a las exigencias de interacción con otras personas para sobrevivir (Shultz & Dunbar, 2007; Dunbar, 2012). En este sentido, los cerebros de los primates denotan una relación directa entre el tamaño del cerebro y el tamaño del grupo social (Dunbar, 2009; Dunbar, 1993). El cerebro social se compone de redes neuronales inmersas en diversas estructuras del Sistema Nervioso Central (SNC), como la corteza temporal ventral en la circunvolución fusiforme (encargada de la lectura del rostro), la amígdala (estructura relacionada con la recompensa y las emociones), el córtex orbitofrontal (región cerebral que participa en la toma de decisiones y la regulación emocional) y los lóbulos temporales (encargados de procesar estímulos visuales y vinculados con la memoria y el lenguaje) y la corteza somatosensorial (encargada de procesar y dar significado a las sensaciones táctiles), entre otras estructuras (Jimenez & Meyer, 2024). Todas las áreas neuronales descritas con anterioridad están encargadas de desarrollar la cognición social, es decir, la habilidad para una rápida identificación de los estímulos y señales sociales, con el fin de contraponerse con la experiencia pasada y anticipar el comportamiento de los demás en un entorno altamente competitivo (Adolphs, 2009); al final esto se traduce en un aprendizaje y optimización de los recursos socioemocionales para garantizar el éxito en futuras interacciones sociales.

Con el avance de las neurociencias desde principios del siglo XIX (Larraín-Valenzuela, 2022), se comenzaron a explicar ciertos fenómenos que vinculan la parte afectiva y social durante las relaciones personales (socialización), así como, la mentalización (cognición) y la empatía (Hari, Henriksson, Malinen, & Parkkonen, 2015) y algunas hormonas, como la vasopresina y la oxitocina (Dunbar & Shultz, 2007). Este campo de la ciencia aún no es comprendido en su totalidad porque los cambios y remodelaciones del cerebro (plasticidad neuronal) en respuesta a los aspectos sociales son complejos. Sin embargo, la neurociencia cognitiva tiene grandes avances para explicar el funcionamiento del cerebro humano, por lo tanto, el propósito de este artículo es analizar el estudio de las redes neuronales del cerebro social y su aplicación en la inteligencia artificial para la neurorrehabilitación de personas con discapacidad neurológica.

## EVOLUCIÓN DEL CEREBRO Y HUMANIZACIÓN

La evolución del cerebro comenzó hace 2.8 millones de años con el *homo habilis*, hasta llegar al *homo sapiens*, hace 150,000 años. Los cambios han sido notorios, el cerebro en este proceso de evolución aumentó en tamaño y complejidad. Actualmente el cerebro de un adulto pesa 1500 gramos -lo que representa aproximadamente el 2% de la masa corporal- y contiene cerca de 20 billones de neuronas (Rosales-Reynoso, Juárez-Vázquez, Barros-Núñez, 2015). El aumento del tamaño y de sus interconexiones neuronales, así como,

de su reorganización (citoarquitectura) y la evolución de las sustancias que se producen en las neuronas (cambios de la expresión genética) produjeron un cerebro especializado en aprender para adaptarse a las exigencias del medio ambiente. La trascendencia de esta evolución radica en la aparición de un razonamiento complejo, a través de las llamadas funciones ejecutivas, es decir, habilidades cognitivas que permiten controlar los pensamientos, emociones y acciones con el fin de planificar, organizar, y resolver problemas (Zapata, 2009). Las demandas del medio ambiente y las necesidades de mantener a otros humanos cercanos también son responsables de la evolución del cerebro humano y del comportamiento social (Shultz & Dunbar, 2007). Entonces, la socialización es una característica definitoria de la experiencia humana, dependemos de otros humanos y de las redes sociales que construimos para asegurar la supervivencia (Jimenez & Meyer, 2024).

La socialización es tan importante en las funciones cerebrales por lo que ambientes enriquecidos o con muchas interacciones sociales, promueven el desarrollo y bienestar de los seres humanos; además de generar habilidades de adaptación. De acuerdo con Di Paolo y De Jaegher (2012) las múltiples interacciones en el ámbito social han impulsado la evolución del cerebro humano a través del monitoreo de los demás y la anticipación de las conductas, incluso en la ausencia del otro, lo cual crea patrones y sinergias de autoorganización en el SNC que ayudan a explicar cómo las personas se entienden entre sí, produciendo la inteligencia emocional. Durante la interacción, surgen diversas posibilidades de asunción de roles, lo que determina un espectro de participación; mientras que el maltrato, el trauma, el estigma social y los ambientes violentos disminuyen en las personas la capacidad de aprender y de socializar (Guez-Barber, Eisch, & Cristancho, 2023). Otros aspectos que impactan en el aprendizaje y la socialización, son las enfermedades que afectan la función del cerebro, como es el caso del espectro autista (Sato et al., 2023); la alexitimia, que es una dificultad para expresar e identificar las emociones socialmente apropiadas (Goerlich et al., 2017; Scheerer, Boucher, & Larocci, 2021); enfermedades cerebrovasculares, demencia, depresión, entre otras enfermedades (GBD 2019 Dementia Collaborators, 2021), que dejan en estado de vulnerabilidad a la persona para responder y adaptarse a su medio social.

## EL CEREBRO HUMANO Y EL SURGIMIENTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Hoy en día, los conocimientos del cerebro y sus funciones racionales (neurociencia cognitiva) están siendo probados en la robótica social, cuyo objetivo es

construir máquinas con habilidades de “pensamiento” y “emociones” similar al humano. Los primeros estudios documentados en la robótica social son de McCulloch y Pitts (1943), quienes interpretaron la actividad de las neuronas del Sistema Nervioso Central (SNC) del ser humano a través de un sistema binario (1/2); posteriormente, Rosenblatt (1958) comenzó a realizar ecuaciones matemáticas para explicar la actividad de las neuronas y aplicarlas a la tecnología, además de crear el concepto de perceptrón, una red neuronal muy sencilla con una única neurona binaria.

Las aportaciones de los estudios anteriores contribuyeron al surgimiento de la inteligencia artificial, definida como la rama de la informática-computación que se ocupa de la simulación del comportamiento inteligente (Cabanelas, 2019). La inteligencia artificial intenta reproducir las funciones cognitivas humanas a través de cálculos y procesos con el fin de llevar a cabo tareas sin instrucciones explícitas, por medio del autoaprendizaje y, de este modo, reproducir la diversidad y flexibilidad del cerebro humano para resolver problemas y demandas sociales. Para esto se usan redes neuronales artificiales que emplean modelos como *Machine Learning* (algoritmos y modelos estadísticos que emplean los sistemas de computación) o *Deep Learning* (red neuronal artificial que aprende en un sentido muy real para reconocer patrones en las representaciones digitales de sonidos, imágenes, rostros y otros datos), entre otros modelos tecnológicos (Arias et al., 2019; Forero-Corba y Negre, 2024). De acuerdo con Castañeda, Roldan y Vega (2022), las redes neuronales artificiales se componen de capas de nodos (neurona artificial) que se conectan entre sí a través de procedimientos (algoritmos) matemáticos para el aprendizaje, es decir, los nodos se distribuyen en capas de neuronas asociativas interconectadas entre sí, que a su vez se conectan a una segunda capa de neuronas llamadas de respuesta. Estos sistemas aprenden de la experiencia guardando los datos en la configuración de los valores (pesos sinápticos) y proporcionan dos estados de activación: “0” (apagada) y “1” (encendida). Estos avances convierten a una máquina en una herramienta al servicio del ser humano, que permite clasificar y agrupar datos a gran velocidad, pero sobre todo aprender.

## INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA NEUROREHABILITACIÓN Y HABILITACIÓN SOCIOEMOCIONAL

La neurorrehabilitación es un campo de salud especializado que ayuda a las personas con lesiones neurológicas, empleando diversas terapias para recuperar, minimizar y/o compensar las funciones

afectadas. La integración de la inteligencia artificial como coadyuvante en la neurorrehabilitación puede mejorar la evaluación, el diagnóstico y los planes de tratamiento personalizados e integrales, sin sustituir el trabajo de los profesionales de salud (Fiorente, Mojdehdehbaheer & Calabró, 2024).

El primer antecedente de la inteligencia artificial se encuentra documentado en 1960, con el desarrollo de un programa informático conocido como ELIZA, para reproducir las habilidades conversacionales de un psicoterapeuta. Sin embargo, es durante la pandemia del COVID-19 que surge un aumento en el empleo de robots, chatbots y aplicaciones con inteligencia artificial para atender la salud mental y rehabilitar a los pacientes (Pham, Nabizadeh, & Selek, 2022).

En el metaanálisis de Calderone et al., (2024) con 522 documentos científicos identificados en las bases de datos PubMed, Web of Science y Scopus, del 2014 a 2024, encontraron en ocho estudios experimentales y con aleatorización de la muestra que al usar inteligencia artificial en la neurorrehabilitación a través de robots, *deep learning* y asistencia con teléfonos inteligentes hubo una mejora en la neurorrehabilitación motora y cognitiva de personas con accidente cerebrovascular; otro hallazgo fue que la inteligencia artificial crea una nueva oportunidad para la atención personalizada, mejora las evaluaciones clínicas, la personalización de la terapia y la monitorización remota, proporcionando intervenciones más precisas, integrales y una mejor gestión del tiempo. Estos datos son ratificados por Juárez y Murie (2023), quienes señalan que la inteligencia artificial permite avances en neurorrehabilitación asistida por obtener una gran cantidad de datos biométricos de la función motora y cognitiva del paciente y facilitar la automatización en el manejo terapéutico.

Es importante señalar que la inteligencia artificial impacta en el ámbito de salud, genera nuevas oportunidades para intervenir en poblaciones con

discapacidad neurológica, pero para una mejor aplicación al ámbito de salud, se deben considerar los siguientes aspectos: una evaluación de riesgos del desarrollo tecnológico con inteligencia artificial, su uso, respetar y proteger la autonomía del paciente, transparencia de los procesos (algoritmos) y la integración de profesionales de la salud y expertos en la regulación de principios éticos en la inteligencia artificial (Fiske, Henningsen & Buyx, 2019).

## CONCLUSIONES

Conocer los mecanismos del cerebro social que incluye la interacción de redes neuronales, la especialización de las estructuras del SNC, la interacción de hormonas y neurotransmisores, su plasticidad o flexibilidad, entre otros aspectos, fueron elementos claves en la comprensión de las redes neuronales artificiales y el aprendizaje para el desarrollo de la inteligencia artificial.

Hoy en día la inteligencia artificial está revolucionando la neurorrehabilitación y la habilitación socioemocional, ofreciendo tratamientos personalizados y basados en datos que mejoran la recuperación en enfermedades neurológicas. Los esfuerzos futuros deben centrarse en la validación a gran escala de estos estudios y la ampliación del acceso a la atención domiciliar avanzada. Además, el desarrollo de la inteligencia artificial en el área de la neurorrehabilitación debe partir de estudios multidisciplinarios y de regulaciones éticas que garanticen mejorar la calidad de vida de población con discapacidad, sin sustituir el trabajo de los profesionales de la salud.

## AGRADECIMIENTO

Este artículo fue apoyado por la Convocatoria Fortalecimiento de la Investigación 2024 de la Universidad de Colima con registro: No. Of. 11.1.3/10100/299/2024.

# Literatura citada



- Adolphs R. (2009). The social brain: neural basis of social knowledge. *The Annual Review of Psychology*; 60, 693-716. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.60.110707.163514>
- Arias, V., Salazar, J., Garicano, C., Contreras, J., Chacón, G. Chacín-González, M. Añez, R., Rojas, J., Bermúdez-Pirela, V. (2019). Una introducción a las aplicaciones de la inteligencia artificial en Medicina: Aspectos históricos. *Revista Latinoamericana de Hipertensión*; 14(5), 580-609. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=170262877013>
- Cabanelas, J. (2019). Inteligencia artificial ¿Dr. Jekyll o Mr. Hyde? *Mercados y Negocios*; 40, 4-16. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=571860888002>
- Calderone, A., Latella, D., Bonanno, M., Quartarone, A., Mojdehdehbaheer, S., Celesti, A., & Calabrò, R. S. (2024). Towards Transforming Neurorehabilitation: The Impact of Artificial Intelligence on Diagnosis and Treatment of Neurological Disorders. *Biomedicine*; 12(10),2415. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39457727/>
- Castañeda, A., Roldan, P., Vega, F. (2022). Redes neuronales artificiales: una medición de aprendizajes de pronósticos como demanda potencial. *Universidad, Ciencia y Tecnología*; 27(118), 51-60. <https://doi.org/10.47460/uct.v27i118.686>
- Di Paolo, E., & De Jaegher, H. (2012). The interactive brain hypothesis. *Frontiers in Human Neuroscience*; 6(163), 1-16. 10.3389/fnhum.2012.00163
- Dunbar, R.I. (2009). The social brain hypothesis and its implications for social evolution. *Annals of Human Biology*; 36(5),562-72. 10.1080/03014460902960289
- Dunbar, R.I., & Shultz, S. (2007). Evolution in the social brain. *Science*; 7,317(5843),1344-7. 10.1126/science.1145463
- Dunbar, R.I. (1993) Coevolution of neocortical size, group size and language in humans. *Behavioral and Brain Sciences*; 11,681-735.
- Dunbar, R.I. (2012). The social brain meets neuroimaging. *Trends in Cognitive Sciences*; 16(2),101-2. 10.1016/j.tics.2011.11.013
- Fiorente, N., Mojdehdehbaheer, S., & Calabrò, R. S. (2024). Artificial Intelligence and Neurorehabilitation: Fact vs. Fiction. *Innovation in Clinical Neuroscience*;1(21),1-3. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38495602/>
- Fiske, A., Henningsen, P., & Buyx, A. (2019). Your Robot Therapist Will See You Now: Ethical Implications of Embodied Artificial Intelligence in Psychiatry, Psychology, and Psychotherapy. *The Journal of Medical Internet Research*; 21(5), e13216. 10.2196/13216
- Forero-Corba, W., y Negre, F. (2024). Técnicas y aplicaciones del Machine Learning e Inteligencia Artificial en educación: una revisión sistemática. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*; 27(1), 1-34.
- GBD 2019 Dementia Collaborators (2021). The Burden of Dementia due to Down Syndrome, Parkinson's Disease, Stroke, and Traumatic Brain Injury: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Neuroepidemiology*; 55(4), 286-296. 10.1159/000515393
- Goerlich, K. S., Votinov, M., Lammertz, S. E., Winkler, L., Spreckelmeyer, K. N., Habel, U., Gründer, G., & Gossen, A. (2017). Effects of alexithymia and empathy on the neural processing of social and monetary rewards. *Brain Structure and Function*; 222(5), 2235-2250. 10.1016/j.tics.2011.11.013
- Guez-Barber, D., Eisch, A.J., & Cristancho, A.G. (2023). Developmental Brain Injury and Social Determinants of Health: Opportunities to Combine Preclinical Models for Mechanistic Insights into Recovery. *Developmental of neuroscience*; 45(5):255-267. 10.1159/000530745
- Hari, R., Henriksson, L., Malinen, S., & Parkkonen, L. (2015). Centrality of Social Interaction in Human Brain Function. *Neuron*; 7;88(1):181-93. 10.1016/j.neuron.2015.09.022
- Jimenez, C. A., & Meyer, M. L. (2024). The dorsomedial prefrontal cortex prioritizes social learning during rest. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*; 19;121(12), e2309232121. 10.1073/pnas.2309232121
- Juárez, A., Murie-Fernández, M. (2023). Nuevas tecnologías e inteligencia artificial en neurorrehabilitación. *Kranion*;18, 65-71
- Larraín-Valenzuela, J., Herrera-Guzmán, Y., Mardones, F., Freire, Y., Kausel, L., Aboitiz, F. (2022). Aportes históricos de la neurociencia cognitiva y su emergencia en Chile. *Revista Médica de Chile*; 150,368-380. <https://www.scielo.cl/pdf/rmc/v150n3/0717-6163-rmc-150-03-0368.pdf>
- McCulloch, W. S., & Pitts W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, 115-133.
- Pham, K.T, Nabizadeh, A., & Selek, S. (2022). Artificial Intelligence and Chatbots in Psychiatry. *Psychiatric Quarterly*; 93(1), 249-253. 10.1007/s11126-022-09973-8
- Rosales-Reynoso, C. I., Juárez-Vázquez, P., & Barros-Núñez (2015). Evolución y genómica del cerebro humano. *Neurología*; 33(4).10.1016/j.nrl.2015.06.002
- Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, 65(6), 386-408. 10.1037/h0042519.
- Sato, M., Nakai, N., Fujima, S., Choe, K.Y., & Takumi, T. (2023). Social circuits and their dysfunction in autism spectrum disorder. *Molecular Psychiatry*; 28(8), 3194-3206. 10.1038/s41380-023-02201-0
- Shultz, S., & Dunbar, R. I. (2007). The evolution of the social brain: anthropoid primates contrast with other vertebrates. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*; 274(1624), 2429-36. 10.1098/rspb.2007.0693
- Scheerer, N.E., Boucher, T.Q., Larocci, G. (2021). Alexithymia is related to poor social competence in autistic and nonautistic children. *Autism Research*;14(6), 1252-1259. 10.1002/aur.2485
- Zapata, L. E. (2009). Evolución, cerebro y cognición. *Psicología desde el Caribe*; 24, 106-119. <https://www.redalyc.org/pdf/213/21312270006.pdf>