

# LA VOLUNTAD, esa REGIÓN TRÉMULA, ENIGMÁTICA.

ELÍAS MANJARREZ

**I**niciemos este viaje con la definición de voluntad. Según la Real Academia Española, es la facultad de decidir y ordenar la propia conducta, es el libre albedrío o libre determinación, la elección de algo sin precepto o impulso externo que a ello obligue, o la simple gana o deseo de hacer algo.

Si la consideramos como el deseo de realizar una acción, esto no siempre implica la activación de neuronas motoras ni el movimiento muscular subsecuente. El deseo puede quedarse en el cerebro. Esto es lo que ocurre en pacientes parapléjicos, quienes han perdido la conexión entre el cerebro y la médula espinal. Estudios recientes demuestran que es posible usar la actividad eléctrica del cerebro de estos pacientes para mover un brazo robótico y, así, llevar a cabo el acto deseado, como tomar café<sup>1,2</sup>.

Es crucial no confundir la voluntad con el acto voluntario. El acto voluntario implica el movimiento de los músculos para alcanzar un objetivo, como sujetar

un objeto o cambiar nuestra expresión facial o conducta. Incluso al hablar, generamos movimientos en las cuerdas vocales y en el aire que nos rodea, lo que, a su vez, provoca el movimiento de la membrana timpánica de quien escucha.

También es importante deslindar lo que queremos decir con voluntad en neurociencias del concepto antropomórfico enunciado por Arthur Schopenhauer. Para él, la voluntad no era simplemente un atributo humano, sino una fuerza primordial e irracional que impulsa todo en la naturaleza.

Según el filósofo alemán del siglo XIX, esta fuerza actúa sin razón ni propósito consciente, y se manifiesta en fenómenos naturales como la gravedad y el magnetismo, así como en los instintos y motivaciones, tanto de los animales como de los seres humanos. La voluntad, en su visión, es la esencia subyacente que mueve el universo, más allá de la razón o la intención.

En este recorrido las cosas son más sencillas y menos inefables. Por experiencia, sabemos que el acto voluntario es un proceso que requiere la activación de motoneuronas, las únicas vías conectoras del sistema nervioso con los músculos. Por ello, Charles Scott Sherrington denominó a las motoneuronas la "vía final común".

Representan apenas el 0.0005% de las neuronas en el sistema nervioso central, no obstante juegan un papel crucial. Inclusive para algo tan simple, como tomar una taza de café, no ellas las que comandan los músculos. Leer este texto requiere que las motoneuronas activen los músculos de los ojos. Cuando hablamos, las motoneuronas asociadas controlan los músculos laríngeos para generar la voz. Hasta el acto de respirar depende de la activación de tales neuronas.

Si reflexionamos en retrospectiva sobre los orígenes de cualquier obra hecha por el ser humano, no debe sorprendernos el que, a final de cuentas, hayan sido las motoneuronas y los músculos los ejecutores finales de tales hazañas volitivas. Sin embargo, no debemos olvidar que actuaron bajo las órdenes de neuronas del cerebro y la médula espinal.

Pero, ¿dónde se localizan las neuronas que inician los actos voluntarios? ¿Existe una región específica en el cerebro? Esta es una pregunta abierta, que ha inspirado a filósofos y neurocientíficos a lo largo de la historia. Hasta donde sabemos, no existe un solo origen; los actos voluntarios son el resultado de la actividad de múltiples circuitos neuronales.

*Si la consideramos como el deseo de realizar una acción, esto no siempre implica la activación de neuronas motoras ni el movimiento muscular subsecuente. El deseo puede quedarse en el cerebro. Esto es lo que ocurre en pacientes parapléjicos, quienes han perdido la conexión entre el cerebro y la médula espinal. Estudios recientes demuestran que es posible usar la actividad eléctrica del cerebro de estos pacientes para mover un brazo robótico y, así, llevar a cabo el acto deseado, como tomar café*





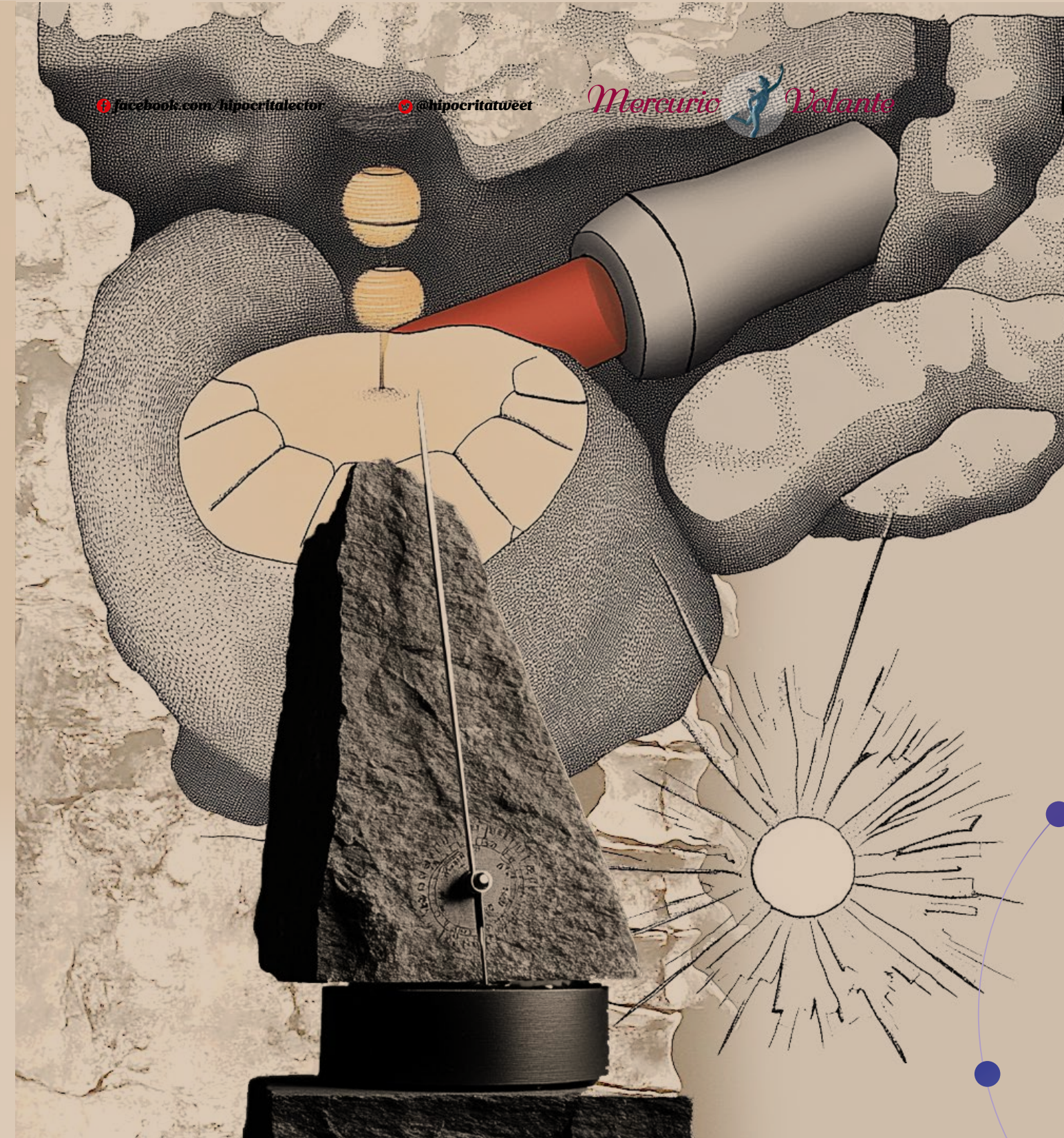
Lo que sí está claro es que las motoneuronas se encuentran en áreas ventrales del sistema nervioso central, mientras que las neuronas sensitivas residen en áreas dorsales. Para entender esto, podemos imaginar el escenario donde se encontraban nuestros más primitivos ancestros, en los inicios de su proceso evolutivo.

En los primeros vertebrados terrestres las motoneuronas se situaron en la región ventral, cerca del suelo, para conectar de forma eficiente con los músculos que se hallaban en contacto con la tierra. Su función primaria era vencer la gravedad; con el tiempo ayudaron a la locomoción a través de la activación combinada de músculos flexores y extensores. Por otro lado, las neuronas sensoriales evolucionaron en las zonas dorsales, lo que les permitió detectar a los depredadores. En los humanos actuales esta organización anatómica perdura tanto en la médula espinal como en el cerebro.

Ahora tracemos un plano horizontal imaginario que atraviesa el eje espinal y que se extiende hasta el cerebro. Podemos visualizar cómo las áreas sensoriales espinales ocupan la parte dorsal y las áreas motoras, la ventral.

Si vamos un poco más arriba, al cerebro, esta organización aparece en el surco central. Por arriba encontramos las áreas somatosensorial, auditiva y visual, mientras que por debajo están las áreas motoras, comenzando por la corteza motora, donde se ubican las motoneuronas superiores de forma piramidal.

Si nos vamos a la región más ventral del cerebro, cerca de la frente, podríamos ver que allí se localizan las neuronas implicadas en la toma de decisiones más complejas, aquellas que probablemente tienen una participación más relevante en la generación de actos voluntarios. Esto se infiere por estudios de imágenes de resonancia magnética funcional y por estudios en pacientes lesionados en dichas áreas.



Al reflexionar sobre esta organización neuronal, pienso que los circuitos de toma de decisiones de la región más frontal del cerebro, fundamentales en la voluntad, debieron evolucionar mediante ensayo y error hasta madurar en la capacidad de tomar decisiones correctas para la supervivencia.

Sin embargo, no todos los movimientos voluntarios requieren de la supervisión constante del cerebro. Por ejemplo, al caminar, parte del control recae en los circuitos generadores de la marcha en la médula espinal. Así, la locomoción depende de una voluntad inicial, pero se mantiene a través de circuitos espinales automatizados.

En contraste, movimientos como alcanzar un objeto, por ejemplo, tomar una taza de café, requieren de retroalimentación visual y atención constante. Sabemos que antes de realizar este tipo de movimientos ya hay una activación poblacional de neuronas en la corteza motora<sup>1,2</sup>.

Hacia el año de 1965 sucedió algo significativo en la Universidad de Freiburg, Alemania, cuando Kornhuber y Deecke descubrieron que antes de mover un dedo la actividad electroencefalográfica muestra un cambio ascendente que comienza hasta un segundo antes del movimiento<sup>3</sup>. A esto lo llamaron potencial de preparación, (*Bereitschaftspotential*). Ello develó que las neuronas en el cerebro se activan de manera gradual, y no de forma repentina, antes del movimiento. ¿Lo cual es bastante lógico, no crees?

*Si nos vamos a la región más ventral del cerebro, cerca de la frente, podríamos ver que allí se localizan las neuronas implicadas en la toma de decisiones más complejas, aquellas que probablemente tienen una participación más relevante en la generación de actos voluntarios. Esto se infiere por estudios de imágenes de resonancia magnética funcional y por estudios en pacientes lesionados en dichas áreas.*



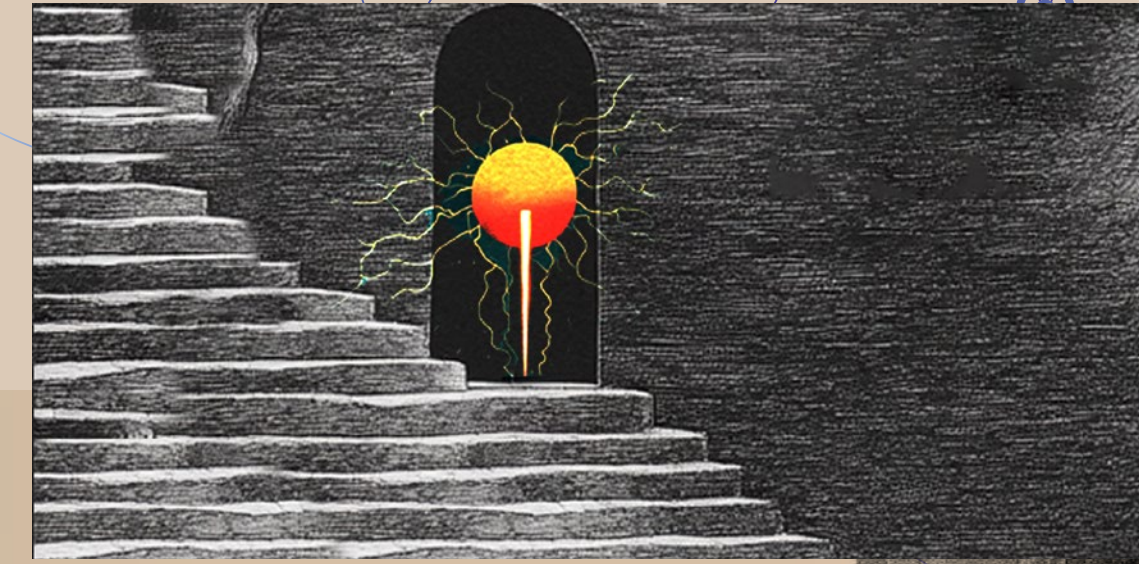
Al finalizar este recorrido, vemos que el misterio de la voluntad no reside únicamente en el movimiento de nuestro cuerpo, o en la orden que las motoneuronas les envían a nuestros músculos. La voluntad está en esa frontera ambigua entre lo que pensamos que controlamos y lo que nos controla a nosotros.

Ahora te invito a flexionar tu dedo índice de manera voluntaria. ¿Cuándo crees que tomaste la decisión? ¿Antes del potencial de preparación? Intuitivamente, uno esperaría que sí. Sin embargo, en 1980, Libet realizó un experimento que sugirió que la decisión se toma solo 200 milisegundos antes del movimiento, es decir, después de que el potencial de preparación ya ha comenzado. Esto llevó a Libet a concluir que el libre albedrío podría no existir: nos movemos antes de ser conscientes de ello. El experimento de Libet tiene bastantes críticas, pero también muchos defensores<sup>4</sup>.

Hago una pausa para contar que, en el año 2011, Romyana Kristeva, de la Universidad de Freiburg, me invitó a colaborar en un proyecto sobre ruido neuronal. Durante nuestras conversaciones, surgió que ella había colaborado con Kornhuber y con Deecke, y me habló de la importancia del descubrimiento del potencial de preparación. Este tema me fascinó. Al regresar a Puebla, junto con mis estudiantes, llevé a cabo un experimento en el gato que, creo, podría transformar nuestra comprensión de los procesos motrices voluntarios, revelando una esencia primitiva en ellos.

Sorprendentemente, en 2013, en nuestro laboratorio descubrimos que el tallo cerebral de un gato descerebrado también genera un potencial eléctrico lento, similar al potencial de preparación, que ocurre 0.8 segundos antes del movimiento rítmico de rascado<sup>5</sup>. Este hallazgo sugiere que no es necesaria una decisión consciente para generar este potencial. Por lo tanto, a fin de comprender mejor las señales neuronales de la voluntad, en un futuro debemos explorar también la actividad eléctrica del tallo cerebral en el humano.

Al finalizar este recorrido, vemos que el misterio de la voluntad no reside únicamente en el movimiento de nuestro cuerpo, o en la orden que las motoneuronas les envían a nuestros músculos. La voluntad está en esa frontera ambigua entre lo que pensamos que controlamos y lo que nos controla a nosotros. Es perturbador imaginar que, antes de que decidamos movernos, ya algo de nosotros se ha adelantado, como si el cuerpo fuera un barco que comienza a zarpar antes de que el capitán dé la orden.



Quizás, como lo postuló Schopenhauer en su libro de *El mundo como voluntad y como representación*, la voluntad es la esencia subyacente que mueve el universo, más allá de la razón o la intención. O tal vez la voluntad sea como un escritor que ha comenzado a escribir la historia antes de que la tinta toque el papel. Futuras investigaciones en este fascinante campo de las neurociencias nos darán respuestas.



#### REFERENCIAS

1. Hochberg LR, Bacher D, Jarosiewicz B, Masse NY, Simeral JD, Vogel J, Haddadin S, Liu J, Cash SS, van der Smagt P, Donoghue JP. "Reach and grasp by people with tetraplegia using a neurally controlled robotic arm". *Nature*. 2012 May 16;485(7398):372-5. doi: 10.1038/nature11076.
2. Kingwell K. Neural repair and rehabilitation: "Neurally controlled robotic arm enables tetraplegic patient to drink coffee of her own volition". *Nat Rev Neurol*. 2012 Jun 12;8(7):353. doi: 10.1038/nrneurol.2012.101.
3. Kornhuber, H. H., & Deecke, L. (1965). "Hirnpotentialänderungen bei willkürbewegungen und passiven bewegungen des menschen: bereitschaftspotential und reafferente potentiale". *Pflügers Archiv für Gesamte Physiologie*, 284, 1-17.
4. Dominik T, Mele A, Schurger A, Maoz U. "Libet's legacy: A primer to the neuroscience of volition". *Neurosci Biobehav Rev*. 2024 Feb;157:105503. doi:10.1016/j.neubiorev.2023.105503.
5. Tapia JA, Trejo A, Linares P, Alva JM, Kristeva R, Manjarrez E. "Reticular activating system of a central pattern generator: pre-movement electrical potentials". *Physiol Rep*. 2013 Oct;1(5):e00129. doi: 10.1002/phy2.129.

**ELÍAS MANJARREZ**  
Profesor investigador titular, responsable del laboratorio de Neurofisiología Integrativa del Instituto de Fisiología, BUAP. Es físico de formación, con maestría en fisiología y doctorado en neurociencias. Obtuvo su doctorado en el departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Cinvestav.

Sus líneas de investigación están enfocadas a entender propiedades emergentes de ensambles neuronales en animales y humanos. Es pionero en el estudio de la resonancia estocástica interna en el cerebro, la propagación de ondas en ensambles neuronales espinales, la hemodinámica funcional de las emociones, así como de los mecanismos neuronales de la estimulación eléctrica transcraneal. Recibió el Premio Estatal de Ciencia y Tecnología del CONCYTEP y ha recibido el premio Cátedra Marcos Moshinsky. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 3.

