

El sistema de NEURONAS EN ESPEJO

Enrique **Soto** y
Rosario **Vega**

La idea del sistema de neuronas en espejo se fundamenta en el descubrimiento de un conjunto de neuronas que controla nuestros movimientos y, además, responde de forma específica a los movimientos e intenciones de movimiento de otros sujetos. Curiosamente, estas neuronas no sólo responden a los movimientos de otros, sino que participan en la generación de nuestros propios movimientos. Son neuronas con respuestas que se han denominado bimodales: visuales y motoras. Fueron descritas inicialmente en la corteza motora de los primates superiores y, posteriormente, su existencia ha sido demostrada en otros animales y hay buenas evidencias de que en el hombre constituyen un complejo sistema neuronal que participa de forma importante en la capacidad que tenemos para reconocer los actos de los otros, identificarnos con ellos e, incluso, imitarles, razón por la cual se les ha denominado “neuronas en espejo”.

Una pregunta que viene a la mente es la relación que el sistema de neuronas en espejo pudiera tener con la forma en que percibimos a otros animales y particularmente a los primates superiores. No cabe duda que la similitud de nuestros cuerpos y movimientos juega un papel importante al tratar con otros animales. Por ejemplo, al mirar a un insecto como la mantis religiosa, erguida y tratando de asir algo con sus patas anteriores, no puede uno más que sentirse fuertemente identificado



FIGURA 1. Jane Goodall es imitada o imita a un chimpancé.

con el insecto e imaginarle capaz de una inteligencia que no posee. Esta afinidad, creo nadie la siente con un escarabajo o con un escorpión; sus formas tan alejadas de la nuestra los hacen ajenos y eventualmente repugnantes, aunque sí seamos capaces de imaginar al pobre Gregorio Samsa convertido en escarabajo y padeciendo lo indecible sin siquiera poder enderezarse. Si el buen Kafka le hubiese conferido el cuerpo de una mantis, otra historia sería la de *La metamorfosis*. Pero, volvamos a la pregunta inicial. Cuando miramos en acción a un primate ¿lo reconocemos gracias a la activación de nuestro sistema de neuronas en espejo?, ¿podría esto contribuir a entender la compleja historia de nuestras ideas acerca de los primates? Pensamos que la respuesta es que esto parece factible. De hecho, el descubrimiento de las neuronas en espejo se debió a una observación experimental casual en la que dicho grupo de neuronas mostró una activación por los movimientos de los investigadores que el mono reconocía y representaba mentalmente. Por qué no entonces pensar que lo inverso es también verdadero y que en los monos en cierta forma nos miramos a nosotros mismos. De hecho, la propia historia de las ideas acerca de los primates superiores cierra el círculo sugiriendo que esto ciertamente es así (Figura 1).

Las neuronas en espejo resultan sorprendentes ya que rompen con las categorías tradicionales en las que se ha clasificado a las neuronas; no son ni puramente motoras ni puramente sensoriales, sino ambas a la vez. De hecho, parte de la idea que se tiene hoy es que justamente por tener este carácter dual es que juegan un papel relevante en la capacidad de los primates y del hombre para comprender de forma casi inmediata los movimientos, las acciones y, eventualmente, las intenciones de otros sujetos. El cerebro que actúa es un cerebro que comprende. Se trata, como han establecido Rizzolatti y sus colaboradores, de una comprensión pragmática, preconceptual y prelingüística. “Vemos porque actuamos, y podemos actuar precisamente porque vemos”.

Las neuronas en espejo fueron descubiertas, como ya mencionamos, de forma casual. Los investigadores encontraron que algunas veces, al hacer registros de la actividad de las neuronas de la corteza motora de los monos, estas células se activaban sin que el mono realizara ningún movimiento. Esto resultaba insólito y determinó que los investigadores se pusieran a tratar de averiguar qué era lo que activaba a estas neuronas. Fue así como encontraron que cuando ellos mismos realizaban ciertos movimientos, las neuronas de la corteza motora del mono se activaban –como si el mono fuera a realizar el mismo movimiento. Se estudió de forma

más precisa y se logró demostrar que había grupos de neuronas que respondían cuando el investigador tomaba un objeto o cuando movía algo de un lugar a otro y que dichas neuronas eran las mismas que se activaban cuando el mono realizaba esos mismos movimientos. Se llegó así a la conclusión de que esos grupos de neuronas, al activarse, daban al animal una comprensión inmediata, implícita, de las acciones del investigador. Esta comprensión no estaba mediada por procesos analíticos, sino por la capacidad del animal de realizar esos mismos movimientos. Es como si en la corteza motora del mono se reflejaran las acciones del investigador confiriéndole la posibilidad de identificar con su propio cuerpo lo que veía en el otro.

El avance de la neurofisiología ha permitido entender que cuando observamos un objeto, aparte de los procesos cognitivos lingüísticos que nos permiten identificarlo, se desarrolla en áreas de asociación de las regiones parietales (circunvolución parietal inferior –área 40 de Brodmann– con conexiones a regiones premotoras) una serie de procesos de análisis relacionados con la capacidad del organismo de alcanzar tal objeto. Es decir, la percepción de un objeto comporta el análisis de las propiedades que nos permiten interactuar con dicho objeto. Se trata de un análisis que permite definir las oportunidades prácticas que el objeto ofrece al organismo. “El objeto percibido aparece inmediatamente codificado como un conjunto determinado de hipótesis de acción”. A su vez, estas regiones proyectan hacia las áreas de la corteza premotora (F5 en los primates, y circunvolución frontal inferior en el hombre –área 44 de Brodmann) donde las neuronas responden ante la ejecución de actos motores específicos. Escriben Rizzolatti y Sinigaglia:¹

De ahí la idea de que la zona F5 contiene una especie de vocabulario de actos motores, cuyas palabras estarían representadas por ciertas poblaciones de neuronas. Unas indican el objetivo general de un acto (sostener, agarrar, etcétera); otras, la manera de ejecutar un acto motor (agarre de precisión, agarre con los dedos, etcétera); otras, en fin, la segmentación temporal del acto en los movimientos elementales que lo componen (apertura de la mano, cierre de la mano, etcétera).

De hecho, en las regiones frontales, específicamente en la región F4 que coincide con la zona posterior de la circunvolución frontal inferior (área de Broca), se ha encontrado que existe un conjunto muy importante de neuronas de asociación visual que tienen sus campos receptivos colocalizados con campos receptivos somatosensoriales. Por lo tanto, su localización es independiente de la mirada (no depende de la posición del objeto en la retina, como sería de esperar para el campo receptivo de una neurona visual) y tiene más bien una organización centrada en regiones específicas del cuerpo, particularmente en las regiones de las manos y la cara. La idea es que estas neuronas de asociación somato-visual juegan un papel fundamental en la capacidad del sujeto para definir aquellos objetos del campo visual que están al alcance de las manos o que están por entrar en contacto con alguna región del cuerpo, contribuyendo de forma importante a definir la posibilidad de acción (Figura 2). Amén de su papel en los procesos de control motor e identificación de objetos, pensamos que estas neuronas tienen un papel significativo en la generación del esquema corporal y del espacio peripersonal, que en última instancia es el conjunto de los lugares que podemos alcanzar estirando los brazos.

Es a partir de estos movimientos como nuestro cerebro cartografía el espacio que lo rodea y es en virtud de sus metas de movimiento como el espacio adopta una forma concreta para nosotros.¹

Se ha especulado que este sistema de neuronas se encuentra en la base de los procesos de imitación y en la realización de formas de aprendizaje por imitación. La idea es que la activación del sistema de neuronas en espejo permite reconocer las secuencias motoras que otros realizan y preprogramar dichas secuencias para ser realizadas por el observador. Usando la resonancia magnética funcional y estimulación magnética transcraneal se ha demostrado la existencia del sistema de neuronas en espejo en el hombre, y en una serie de experimentos de imitación en humanos se ha podido demostrar que cuando el sujeto tiene la

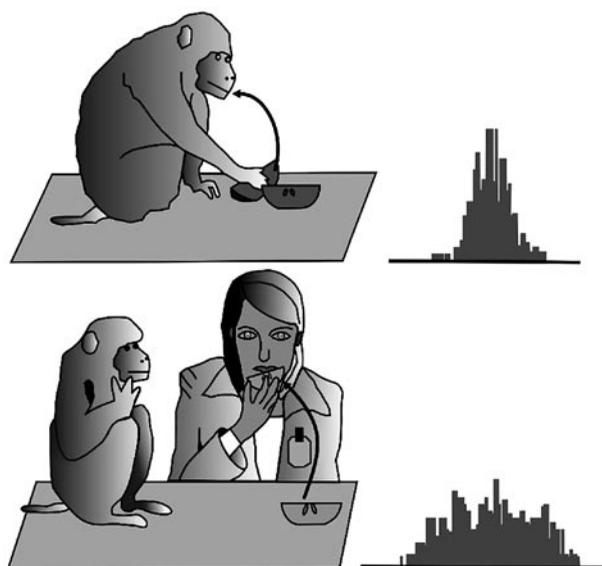


FIGURA 2. En la parte superior se esquematiza a un primate que toma un objeto y lo lleva a la boca y abajo el primate observa a una persona realizar esa misma acción. A la derecha, los histogramas muestran la intensidad de la descarga de las neuronas del área F5 de la corteza cerebral del primate. Puede observarse que la actividad de estas neuronas es muy similar cuando el primate realiza la acción de tomar el objeto que cuando sólo la observa.

intención de mirar para imitar se activan regiones temporales y frontales que se han asociado con el sistema de neuronas en espejo.² Se ha sugerido que el hecho de que neuronas en espejo sean profundas en el área de Broca podría indicar su participación en la adquisición del lenguaje contribuyendo con un sistema capaz de imitar complejos patrones de movimiento de la boca. Adicionalmente se han hallado también neuronas con respuestas bimodales motoras y auditivas que podrían contribuir a la programación de movimientos que producen ciertos sonidos.

Se ha encontrado también que en áreas relacionadas con la expresión emocional existen neuronas en espejo que parecen ser la base de nuestra comprensión de lo que le sucede a los otros. De hecho, se ha identificado en el lóbulo temporal una región relacionada con el reconocimiento de rostros y que se activa de forma específica cuando planificamos ciertos movimientos o cuando vemos a otro realizarlos.

Como declaró el actor Peter Brook en una entrevista, con el descubrimiento de las neuronas en espejo las neurociencias han empezado a comprender lo que el teatro había sabido desde siempre. El trabajo del actor sería vano si éste no pudiera, más allá de las barre-

ras lingüísticas o culturales, compartir los sonidos y movimientos de su propio cuerpo con los espectadores, convirtiéndolos, así, en parte de un acontecimiento que éstos deben contribuir a crear. Sobre dicho acto inmediato de compartir, el teatro habría construido su propia realidad y su propia justificación, mientras que, por su parte, las neuronas en espejo, con su capacidad de activarse cuando realizamos una acción en primera persona o cuando la vemos realizada por otras personas, habrían venido a prestarle una base biológica. Más allá de toda diferencia lingüística o cultural, los actores y los espectadores están unidos por el hecho de compartir las mismas acciones y emociones. El estudio de las neuronas en espejo parece ofrecernos por primera vez un marco teórico y experimental unitario con el cual tratar de descifrar ese “compartir” que el teatro pone en escena y que constituye, sin duda, el presupuesto mismo de toda nuestra experiencia intersubjetiva (en el prólogo a Rizzolatti y Sinigaglia¹).

Estudios posteriores del grupo de Ramachandran en la Universidad de California, en La Jolla, han demostrado que los sujetos normales muestran una supresión del ritmo Mu en regiones sensoriomotoras cuando realizan o cuando observan a otro realizar actos motores específicos.³ Esta modificación en la actividad electroencefalográfica se ha correlacionado con

la activación de las neuronas de la región premotora que corresponden al sistema de neuronas en espejo. En contraste, los niños autistas no muestran datos electroencefalográficos (supresión del ritmo Mu) cuando observan a otros sujetos realizar actos motores, lo cual sugiere que el sistema de neuronas en espejo no se activa normalmente y por tanto son incapaces de este reconocimiento empático de las conductas de los otros.

La idea es que en los autistas el sistema de neuronas en espejo se desarrolla de forma inadecuada, determinando una incapacidad de comprender los actos de los demás y, sobre todo, produciendo en parte importante su incapacidad para imaginar que los otros son seres pensantes con intenciones y motivaciones intelectuales semejantes a las suyas. Es lo que se ha llamado la teoría de la mente. La teoría de la mente (ToM) consiste en la capacidad de un individuo para representarse los estados emocionales de sus semejantes. Cada individuo elabora una teoría de la mente de las otras personas. Cuando esto no sucede, entonces es incapaz de representarse las emociones ajenas. En el reconocimiento de los otros parece jugar un papel predominante la definición de la imagen corporal del individuo y la actividad del sistema de neuronas en espejo.

Algunos autores han cuestionado el significado real que el sistema de neuronas en espejo tiene en el cerebro humano. Los experimentos que se han realizado para evidenciar las neuronas en espejo en el hombre mediante el uso de Resonancia Magnética Funcional o con Estimulación Magnética Transcraneal son en algunos casos ambiguos, están sujetos fuertemente al procesamiento de datos que se realice y los resultados dependen en gran manera del paradigma experimental; por todo ello debemos considerar que la idea del sistema de neuronas en espejo, que está muy bien demostrado en los primates mediante experimentos de registro unitario en la corteza cerebral, no está igualmente bien demostrado en el humano y su existencia debe permanecer por el momento como una hipótesis de trabajo. Parece altamente probable que este sistema exista en el hombre. El problema es saber si realmente tiene el importante papel funcional que se le pretende atribuir o es simplemente una red neuronal encargada del reconocimiento de las acciones de nuestros congéneres.

En una entrevista reciente Giacomo Rizzolatti ha declarado que

El mensaje más importante de las neuronas en espejo es que demuestran que verdaderamente somos seres sociales. La sociedad, la familia y la comunidad son valores realmente innatos. Ahora, nuestra sociedad intenta negarlo y por eso los jóvenes están tan descontentos, porque no crean lazos. Ocurre algo similar con la imitación, en Occidente está muy mal vista y sin embargo, es la base de la cultura. Se dice: "No imites, tienes que ser original", pero es un error. Primero tienes que imitar y después puedes ser original. Para comprenderlo no hay más que fijarse en los grandes pintores.

Estas neuronas se activan incluso cuando no ves la acción, cuando hay una representación mental. Su puesta en marcha corresponde con las ideas. La parte más importante de las neuronas en espejo es que es un sistema que resuena. El ser humano está concebido para estar en contacto, para reaccionar ante los otros. Yo creo que cuando la gente dice que no es feliz y que no sabe la razón es porque no tiene contacto social.

Estoy convencido de que los trastornos básicos en el autismo se dan en el sistema motor. Estos pacientes tienen problemas para organizar su propio sistema motor y como consecuencia no se desarrolla el sistema de neuronas en espejo. Debido a esto no entienden a los otros porque no pueden relacionar sus movimientos con los que ven en los demás y el resultado es que un gesto simple para un autista es una amenaza.⁴

R E F E R E N C I A S

¹ Rizzolatti G y Sinigaglia C. *Las neuronas en espejo: los mecanismos de la empatía emocional*, Ed. Paidós, Barcelona, 2006.

² Rizzolatti G y Craighero L. The mirror-neuron system. *Annu. Rev. Neurosci.* 27 (2004) 169-192.

³ Oberman LM, Hubbard EM, McCleery JP, Altschuler EL, Ramchandran VS y Pineda JA. EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders. *Cognitive Brain Res.* 24 (2005) 190-198.

⁴ Boto A. Las neuronas en espejo te ponen en el lugar del otro. *El País* 2005, (19/10/2005).

Enrique Soto y Rosario Vega, Instituto de Fisiología, BUAP. esoto@siu.buap.mx