



Marco Iacoboni

Las Neuronas Espejo

1

Lo que el mono ve, el mono hace

Neuronas: ¡a trabajar!

En el fondo, ¿qué es lo que los seres humanos hacemos durante todo el día? *Leemos el mundo*, en especial, a las personas con las que interactuamos. Mi rostro no luce muy bien en el espejo a primera hora de la mañana, pero el rostro que está a mi lado en el espejo me dice que mi amada esposa va a tener un buen comienzo. Una breve mirada a mi hija de 11 años mientras desayunamos me indica que vaya con pies de plomo y que beba mi café en silencio. Cuando un colega toma una herramienta en el laboratorio, sé que va a trabajar en la máquina de estimulación magnética y que no va a arrojarla iracundo contra la pared. Cuando otro colega entra en el laboratorio, automática y casi instantáneamente puedo discernir si está sonriente o haciendo una mueca –y la distinción puede ser muy sutil, tan sólo el producto de diferencias mínimas en la forma en que utilizamos los músculos faciales–. Todos hacemos docenas –cientos– de tales distinciones todos los días. Eso es, bastante literalmente, lo que *hacemos*.

Tampoco reflexionamos sobre ello. Parece tan natural. Sin embargo, en verdad es extraordinario, ¡y es extraordinario que lo sintamos natural! Durante siglos, los filósofos quedaron perplejos ante la capacidad que tienen los seres humanos para entenderse. Su perplejidad era razonable: no contaban con casi ningún elemento científico en el que apoyarse. En los últimos 150 años, los psicólogos, los científicos cognitivos y los neurocientíficos sí contaron con ayuda de la ciencia –y en los últimos cincuenta años, con muchísimos aportes científicos– y durante mucho tiempo no salían de su asombro. Nadie

podía comenzar a explicar cuál es el mecanismo por el que sabemos qué hacen, piensan y sienten los demás.

Ahora sí podemos. Existen ciertos grupos de células especiales en el cerebro denominadas neuronas espejo que nos permiten lograr entender a los demás: algo muy sutil. Estas células son los diminutos milagros gracias a los cuales atravesamos el día. Son el núcleo del modo en que vivimos la vida. Nos vinculan entre nosotros, desde el punto de vista mental y emocional.

¿Por qué nos embarga la emoción al ver escenas armadas con sumo cuidado y profundamente conmovedoras en ciertas películas? Porque las neuronas espejo del cerebro re-crean para nosotros el dolor que vemos en pantalla. Tenemos empatía por los personajes de ficción –sabemos cómo se sienten– porque literalmente experimentamos los mismos sentimientos que ellos. ¿Y cuando vemos que las estrellas de la película se besan? Algunas de las células que se activan en nuestro cerebro son las mismas que se activan cuando besamos a nuestros amantes. “Sentimiento indirecto” no es un término lo bastante fuerte como para describir el efecto que provocan estas neuronas espejo. Cuando vemos que alguien sufre o siente dolor, las neuronas espejo nos ayudan a leer la expresión facial de esta persona y, en concreto, nos hacen sentir ese sufrimiento o ese dolor. En mi opinión, estos momentos constituyen los cimientos de la empatía y quizá de la moralidad, una moralidad profundamente enraizada en nuestras características biológicas. ¿Ustedes miran deportes por televisión? De ser así, habrán notado las numerosas “tomas de reacción” que se ven en las tribunas: el hincha inmóvil atento, el hincha estático durante el juego. (Ello es particularmente cierto en el caso de las transmisiones de béisbol, con todo el tiempo de atención expectante que transcurre entre los lanzamientos.) Estas tomas son efectivas para televisión porque las neuronas espejo nos garantizan que al ver estas emociones, las vamos a *compartir*. Ver actuar a los atletas es actuar nosotros mismos. Algunas de las mismas neuronas que se activan cuando observamos que un jugador atrapa el balón también se activan cuando nosotros atrapamos un balón. Es como si al observar el partido, también estuviéramos jugándolo. Entendemos las acciones de los jugadores porque tenemos una plantilla en el cerebro correspondiente a esa acción, una plantilla basada en nuestros propios movimientos. Dado que diferentes movimientos comparten propiedades motoras similares y que activan músculos similares, no es necesario que seamos jugadores habilidosos para que “reflejemos” a los atletas en nuestro cerebro. Las neuronas espejo de un fanático del tenis que no practica el deporte se activarán cuando mire a un profesional pegar un smash porque este espectador con seguridad realizó otros movimientos por encima de la cabeza con el brazo a lo largo de su vida; las neuronas equivalentes de un fanático como yo, que además juego tenis, por supuesto se activarán mucho más. Y si estoy mirando a Roger Federer, estoy seguro de que mis neuronas espejo se volverán locas porque soy un fanático muy entusiasta de Federer.

Sin lugar a dudas, las neuronas espejo nos brindan, por primera vez en la historia, una explicación neurofisiológica plausible de las formas complejas de cognición e interacción sociales. Al ayudarnos a reconocer las acciones de otros, también nos ayudan a reconocer y a comprender las motivaciones más profundas que las generan, las intenciones de otros individuos. Siempre se estimó casi imposible estudiar las intenciones en forma empírica pues se consideraban demasiado “mentales” como para ser estudiadas por las herramientas que se empleaban en este tipo de ensayos. ¿Cómo sabemos siquiera que las otras personas tienen estados mentales parecidos a los nuestros? Los filósofos han reflexionado sobre este “problema de las otras mentes” durante siglos, con magros resultados. Ahora sí cuentan con elementos científicos concretos para trabajar. La investigación sobre las neuronas espejo les brinda, a ellos y a todos quienes estén interesados en saber cómo entendemos a

los otros seres humanos, realmente algo en qué pensar.

Tomemos el experimento de la taza de té con el que soñé hace unos años y que describiré en detalle más adelante. Los participantes del ensayo miran tres videoclips que muestran el mismo movimiento simple: una mano que toma una taza de té. En uno, el movimiento no está inserto en ningún contexto. Sólo se ven la mano y la taza. En otro, los participantes ven una mesa desordenada, llena de migas de galletas y servilletas sucias: claramente, la finalización de una merienda. El tercer video exhibe una mesada muy prolija, al parecer preparada para tomar el té. En los tres videoclips hay una mano que alcanza una taza de té. No sucede nada más, de modo que la acción prensil que observan los participantes del experimento es siempre la misma. La única diferencia es el contexto.

¿Las neuronas espejo del cerebro de estos participantes notan la diferencia entre los contextos? Sí. Cuando el participante observa la escena de tomar la taza desprovista de todo contexto, las neuronas espejo presentan el grado más bajo de actividad. Se activan más cuando el participante observa cualquiera de las escenas y despliegan el *mayor nivel de actividad* cuando miran la escena prolija. ¿Por qué? Porque beber es una intención mucho más fundamental para nosotros que limpiar. Hoy en día, el experimento de la taza de té es muy conocido en el campo de la neurociencia, pero no conforma un resultado aislado: existen numerosas pruebas empíricas que sugieren que el cerebro es capaz de reflejar de manera especular los aspectos más profundos de las mentes de los demás –la intención es sin dudas uno de tales aspectos– en el grado ínfimo de *una sola neurona*. Ello es increíblemente asombroso. Igualmente asombrosa es la holgura de la simulación. No necesitamos hacer inferencias complejas o recurrir a complicados algoritmos. En su lugar, hacemos uso de las neuronas espejo.

Si analizamos el tema desde otra perspectiva, vemos que existen laboratorios en el mundo que están reuniendo pruebas acerca de que los *déficit* sociales, tales como los asociados con el autismo, pueden deberse a una *disfunción* primaria de las neuronas espejo. Sostengo la hipótesis de que las neuronas espejo también pueden desempeñar un papel muy importante en la violencia imitativa inducida por la violencia de los medios, y contamos con pruebas preliminares que indican que son relevantes en diversas formas de identificación social, incluidas la identificación de marca y la filiación a un partido político. ¿Han oído hablar de neuroética, neuromarketing, neuropolítica? Ya oirán en los años y las décadas por venir, y la investigación en estos campos se enraizará, de manera explícita o no, en las funciones de las neuronas espejo.

Este libro relata la historia del descubrimiento fortuito y precursor de esta clase especial de neuronas, de los extraordinarios avances registrados en esta área en tan sólo veinte años y de los experimentos extremadamente inteligentes que están desarrollando diversos laboratorios del mundo. En pocas palabras, creo que este trabajo nos obligará a repensar de modo radical los aspectos más profundos de las relaciones sociales y aun de nosotros mismos. Hace unos años, un investigador sugirió que el descubrimiento de las neuronas espejo prometía hacer por la neurociencia lo que el descubrimiento del ADN hizo por la biología.¹ Es una aseveración muy osada, ya que, en esencia, todo en biología nos retrotrae al ADN. De acá a varias décadas, ¿todo en la neurociencia se considerará originado en las neuronas espejo?

¹ Ramachandran, V. S., “Mirror neurons and imitation learning as the driving force behind ‘the Great Leap Forward’ in human evolution”, *Edge*, 69, 29 de junio de 2000.. Se recurrirá a notas como ésta para indicar referencias y para efectuar comentarios que puedan resultar de interés, en particular a especialistas.

Las sorpresas del cerebro

Hace quince años que vivo en Los Ángeles y que trabajo en mi laboratorio de la UCLA, pero, como mi nombre sugiere, esta historia debería comenzar en Italia, y me complace informarles que de hecho allí comienza. Para ser más precisos, se inicia en la pequeña y bellísima ciudad de Parma, famosa por su comida fabulosa, sobre todo el prosciutto di Parma y el queso parmesano, y por su música. Ahora podemos agregar la neurociencia a la lista de los productos que Parma exporta con calidad internacional; fue en la universidad de esta ciudad donde un grupo de neurofisiólogos, dirigidos por mi amigo Giacomo Rizzolatti, identificó por vez primera a las neuronas espejo.

Rizzolatti y sus colegas trabajan con *Macaca nemestrina*, una especie de mono que a menudo se utiliza en los laboratorios neurocientíficos de todo el mundo. Estos monos macacos son muy dóciles, a diferencia de sus parientes más famosos, los monos Rhesus, tipo alfa-machos, muy competitivos (aun las hembras). La investigación con monos que se lleva a cabo en un laboratorio como el de Rizzolatti reviste valor deductivo para comprender el cerebro humano, el cual, por lo general, se considera la entidad más compleja del universo conocido, y con razón. El cerebro humano contiene cerca de cien mil millones de neuronas, cada una de las cuales puede hacer contacto con miles, incluso decenas de miles, de otras neuronas. Estos contactos o sinapsis constituyen el medio a través del cual las neuronas se comunican entre sí, y su cantidad es apabullante. La característica cerebral distintiva de los mamíferos es la neocorteza, la estructura cerebral de evolución más reciente en nuestra especie. Ahora bien, éste es el punto “deductivo” clave: el tamaño del cerebro de los macacos es de tan sólo cerca de un cuarto del tamaño del nuestro, y nuestra neocorteza es mucho más grande que la de los macacos. Sin embargo, los neuroanatomistas, por lo general, coinciden en que existe una correspondencia bastante alineada entre la estructura de la neocorteza de los macacos y la del hombre, a pesar de estas diferencias.

En Parma, el área de estudio de la que se ocupaba el equipo de Rizzolatti era una zona del cerebro conocida como F5, que abarca una parte grande del cerebro llamada corteza premotora: la parte de la neocorteza que planifica, selecciona y ejecuta movimientos. El área F5 contiene millones de neuronas que se especializan en “codificar” un comportamiento motor específico: los movimientos de la mano, lo que comprende asir, sostener, rasgar y, sobre todo, acercar objetos –alimentos– a la boca. Para todos los macacos, y para todos los primates, estos movimientos son por completo básicos y esenciales. Nosotros, *Homo sapiens*, asimos y manipulamos objetos desde el momento en que buscamos a tientas la tecla del despertador hasta que acomodamos la almohada en la cama al ir a dormir, dieciocho horas más tarde. Después de todo, cada uno de nosotros realiza cientos, si no miles, de actos prensiles todos los días. De hecho, ése es precisamente el motivo por el cual el equipo de Rizzolatti eligió el área F5 para realizar la investigación más cercana posible. Todos los neurocientíficos deseamos entender el cerebro por el simple hecho de entenderlo, pero, también, apuntamos a metas más prácticas, tales como lograr descubrimientos que permitan generar tratamientos nuevos para enfermedades. El descubrimiento de los mecanismos neurofisiológicos del control motor de la mano en el macaco podría ayudar a personas con daño cerebral a recuperar al menos cierto grado de función de esa extremidad.

A través de experimentos muy elaborados, el equipo de Rizzolatti había adquirido una comprensión asombrosa de lo que hacen estas neuronas motoras durante diversos ejercicios de “agarre” practicados con los monos. (Se las denomina neuronas motoras porque son las primeras en la secuencia que controla los músculos que mueven el cuerpo.)

Y así, un día, hace cerca de veinte años, el neurofisiólogo Vittorio Gallese caminaba por el laboratorio durante una pausa del experimento. Había un mono sentado, tranquilo, en la silla, esperando que se le asignara la próxima tarea. De pronto, justo cuando Vittorio tomó algo con la mano –no recuerda qué– oyó una descarga de actividad en la computadora que estaba conectada a los electrodos que se habían implantado por vía quirúrgica en el cerebro del mono. Al oído inexperto, tal descarga le hubiera sonado similar a la estática; al oído de un neurocientífico avezado, señaló una activación de la célula pertinente del área F5. De inmediato, Vittorio creyó que la reacción era inusitada. El mono estaba sentado, quieto, sin pretender asir nada, y, sin embargo, esta neurona vinculada con el acto prensil se había activado.

O así cuenta una de las anécdotas sobre la primera observación registrada de una neurona espejo. Otra habla de uno de los colegas de Vittorio, Leo Fogassi, quien levantó un maní y activó una respuesta vigorosa en el área F5. Y aún hay otra que le da las palmas a Vittorio Gallese y cierto helado. Aún hay más, todas plausibles, ninguna confirmada. Años después, cuando se comprendió cabalmente la importancia de las neuronas espejo, los colegas de Parma relevaron sus notas del laboratorio con la esperanza de reconstruir una secuencia temporal bastante precisa de sus primeras observaciones, pero no lo lograron. Hallaron referencias en dichas notas a “respuestas visuales complejas” de las neuronas motoras del mono en el área F5. Las notas no eran claras, porque los científicos no sabían cómo entender tales observaciones en ese momento. Ni ellos ni ningún neurocientífico del mundo podría haber imaginado que las neuronas motoras se activan sólo ante la *percepción* de las acciones que realiza otra persona, sin que medie ningún movimiento. A la luz del conocimiento y de la teoría del momento, ello no revestía sentido alguno. Las células del cerebro del mono que envían señales a otras células que están conectadas anatómicamente a los músculos no tienen por qué activarse cuando el mono está en perfecto reposo, las manos en el regazo, observando qué hace otra persona. Y sin embargo, se activaron.

En definitiva, poco importa que el momento de “¡Eureka!” de las neuronas espejo se prolongara por años. Lo que sí importa es que el equipo enseguida se concentró en los sucesos del laboratorio. Les costó mucho a ellos mismos creer estos fenómenos, pero con el tiempo también percibieron que el descubrimiento, si se confirmaba, podría ser revolucionario. Estaban en lo cierto. Veinte años después de aquel primer registro del laboratorio, una gran cantidad de experimentos bien controlados que se realizaron con monos y luego con humanos (en su mayoría, distintos tipos de experimentos, sin insertar agujas en el cráneo) confirmó el notorio fenómeno. El simple hecho de que un subconjunto de las células del cerebro –las neuronas espejo– se activen cuando una persona patea una pelota, ve que alguien patea una pelota, oye que alguien patea una pelota, y aun que sólo pronuncia u oye la palabra “patear”, conlleva consecuencias asombrosas y nuevos modos de comprensión.

Los fabulosos cuatro

Hoy en día, sabemos que cerca del 20% de las células del área F5 del cerebro de los macacos son neuronas espejo; el 80% no lo son. Dadas estas cifras, el grupo de Parma estaba destinado a encontrarse con las neuronas espejo tarde o temprano. Cuando llegó el momento, los supuestos tradicionales no sólo de su laboratorio, sino también de los neurocientíficos de todo el mundo, se pusieron a prueba. En la década de 1980, los neurocientíficos enarbolaban el paradigma que sostenía que las diversas funciones del cerebro –de los macacos o de los seres humanos– estaban confinadas en compartimientos

estancos. En virtud de tal paradigma, la percepción (ver objetos, oír sonidos y demás) y el movimiento (alcanzar un alimento, asirlo, colocarlo en la boca) van por caminos totalmente separados e independientes entre sí. Existe una tercera función, la cognición, que está un poco “en el medio” de la percepción y del movimiento, y que nos permite planificar y seleccionar nuestro comportamiento motor, prestar atención a cosas específicas que nos atañen, no prestarla a cuestiones foráneas a nuestros intereses, recordar nombres y hechos, entre otras. En general, se daba por sentado que estas tres funciones, interpretadas en sentido amplio, estaban separadas en el cerebro. El paradigma reflejaba el sesgo justificado de la ciencia a favor de la explicación más parsimoniosa de los fenómenos. Disecar un fenómeno complejo en elementos más simples es un buen principio de investigación. Es aún el enfoque dominante de la neurofisiología y de la neurociencia, y en muchas áreas especializadas de investigación da buenos resultados. Por ejemplo, los investigadores han identificado neuronas que responden sólo a las líneas horizontales del campo visual, mientras que otras codifican las verticales.

En efecto, muchas células cerebrales parecen estar alta y detalladamente especializadas. Sin embargo, el neurocientífico que toma como supuesto que las neuronas pueden clasificarse en categorías tan simples –sin ninguna superposición entre percepción, movimiento y cognición– puede perder de vista (o descartar como un hecho fortuito) la actividad neuronal total que realiza codificaciones con mucha más complejidad y que refleja un cerebro que aborda el mundo de un modo mucho más “holístico” que lo que se concebía antes. Ello fue lo que sucedió con las neuronas espejo. Los investigadores de Parma, a pesar de ser, todos y cada uno de ellos, científicos intachables, no estaban preparados para encontrarse con una neurona motora que fuera también una neurona perceptiva. Un viejo sarcasmo lo refleja en términos generales: “El progreso, en la ciencia, avanza de a un funeral por vez”. Es un poco morboso y también una enorme exageración, pero todos sabemos que es difícil abandonar un viejo paradigma, pensar fuera de los límites habituales, cambiar... y no sólo en la ciencia. De hecho, ellos necesitaron unos cuantos años (y, para entonces, otros investigadores del mundo) a fin de imaginar qué eran las “respuestas visuales complejas” registradas en el laboratorio. Al principio, los científicos no estaban preparados mentalmente para desafiar los supuestos heredados de generaciones de investigadores; tales supuestos habían guiado un gran volumen de investigación productiva. Además, hasta el momento, ningún descubrimiento los contradecía.²

Ahora sí, y en más de un sentido. Durante los primeros años de trabajo con las neuronas espejo, el equipo de Rizzolatti también identificó la existencia de otro grupo de neuronas del área F5 con otra característica difícil de explicar. Estas neuronas se activaban durante el acto prensil y también con el simple hecho de ver objetos que podían asirse. Fueron denominadas células canónicas, con un toque de ironía. Estos dos patrones de actividad neuronal se contradicen con la vieja idea de que la acción y la percepción son procesos completamente independientes confinados a compartimientos separados del cerebro. En el mundo real, parece ser que ni el mono ni el humano pueden observar que alguien toma una manzana sin también invocar en el cerebro los planes motores necesarios para tomar la manzana ellos mismos (activación de las neuronas espejo). Del mismo modo, ni los monos ni los humanos pueden ni siquiera mirar una manzana sin invocar al mismo tiempo los planes motores necesarios para tomarla (activación de las neuronas canónicas). En suma,

² A decir verdad, Rizzolatti y sus colegas eran personas que, sin dudas, tenían menos prejuicios que el neurocientífico promedio y estaban más “preparados” para el nuevo descubrimiento. Quizás, éste sea el motivo por el cual descubrieron las neuronas espejo. Estos mismos fenómenos, si ocurrían ante los ojos de neurocientíficos más cerrados, no se habrían identificado. ¡Quién sabe cuántas veces el disparo de las neuronas espejo pasó inadvertido en los laboratorios neurofisiológicos!

los actos prensiles y los planes motores necesarios para obtener y comer una fruta están vinculados en esencia a nuestra mera *comprensión* de la fruta. El patrón de activación de las neuronas tanto especulares como canónicas del área F5 muestra sin ningún lugar a dudas que la percepción y la acción no están separadas en el cerebro. Son tan sólo dos caras de la misma moneda, inextricablemente ligadas entre sí.

Algunos de los primeros experimentos con macacos realizados en Parma –allá por la década de 1980, años antes de que ocurrieran los desconcertantes episodios que resultaron marcar el descubrimiento de las neuronas espejo– respaldaban estas mismas conclusiones sobre el estrecho vínculo que existe entre la percepción y la acción. En esa época, el equipo realizó una serie de experimentos que no estaban concentrados en el área F5 de la corteza motora, sino en el área F4, adyacente a ella. Tal como hemos visto, en el área F5 las células se activan con más facilidad cuando el mono realiza movimientos con las manos. Las neuronas del área F5 también se activan cuando el mono realiza movimientos con la boca tales como morder, y gestos comunicativos faciales, tales como chasquear los labios, el cual tiene un significado social positivo entre los primates.³ De hecho, algunas neuronas del área F5 se activan cuando se realizan movimientos con la mano *y también* con la boca. El patrón de activación de estas neuronas resulta ser otra característica que contradice los modelos que describen el cerebro como conformado por compartimientos estancos: uno para la mano y otro para la boca. (Supongo que así es como un ingeniero construiría el cerebro). Sin embargo, las neuronas que codifican los movimientos tanto de las manos como de la boca son perfectamente coherentes con las interpretaciones holísticas de las funciones cerebrales, según las cuales las neuronas motoras se ocupan del *objetivo* de la acción. De hecho, la mano lleva la comida a la boca. En el área F4, las células se activan sobre todo mientras el mono mueve el brazo, el cuello y el rostro. Tal era lo que se pensaba, y tales fueron los resultados de los experimentos antes de descubrir que las células también se activan como respuesta a la estimulación sensorial sola, sin que el mono realice ningún movimiento. Las células también responden a la estimulación que generan sólo los objetos reales. Las luces o sombras simples que se proyectan en una pantalla no generan ninguna descarga. Además, las células responden sólo cuando los objetos en cuestión están bastante cerca del cuerpo del mono, y se activan con más intensidad cuando los objetos se acercan con rapidez. Otra característica peculiar de estas células es que responden a un simple contacto con el rostro, el cuello o el brazo del mono. Conclusión: el “campo receptor visual” (aquella parte del espacio circundante en el que los estímulos visuales activan la célula) y el “campo receptor táctil” (aquella parte del cuerpo que, al ser tocada, activa la célula) están relacionados en estas neuronas del área F4. Las sorprendentes respuestas que generan sugieren que crean un mapa del espacio que rodea al cuerpo: lo que denominamos un mapa espacial peripersonal. Asimismo, activan el movimiento del brazo del mono, digamos, en ese espacio. Dos funciones totalmente diferentes que se manifiestan en un solo grupo de células. Tales propiedades fisiológicas indicarían que el mapa del espacio que rodea al cuerpo es un mapa de los *movimientos potenciales* que realiza el cuerpo.⁴

³ Gentilucci, M., L. Fogassi, G. Luppino *et al.*, “Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey. I. Somatotopy and the control of proximal movements”, *Experimental Brain Research*, 71, 1988, pp. 475-490; Rizzolatti, G., R. Camarda, L. Fogassi *et al.*, “Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey. II. Area F5 and the control of distal movements”, *Experimental Brain Research*, 71, 1988, pp. 491-507.

⁴ Rizzolatti, G., C. Scandolara, M. Matelli y M. Gentilucci, “Afferent properties of periarculate neurons in macaque monkeys. II. Visual responses”, *Behavioural Brain Research*, 2, 1981, pp. 147-163; Rizzolatti, G., C. Scandolara, M. Matelli *et al.*, “Afferent properties of periarculate neurons in macaque monkeys. I. Somatosensory responses”, *Behavioural Brain Research*, 2, 1981, pp. 125-146.

Por obra del azar, el nuevo paradigma que se inició con el descubrimiento de estas neuronas de las zonas F4 y F5 –incluidas, por supuesto, las neuronas espejo– fue de alguna manera previsto por Maurice Merleau-Ponty, un filósofo francés de comienzos del siglo xx. Merleau-Ponty pertenecía a una escuela filosófica conocida en las décadas cercanas al 1900 como fenomenología. Otros miembros de dicha escuela fueron Franz Brentano, Edmund Husserl y el gran Martin Heidegger. La crítica que formulaban al enfoque de la filosofía clásica era que había sido seducida por el santo grial del descubrimiento de la esencia misma de los fenómenos y, así, permanecía atascada cavilando sobre abstracciones (la tradición platónica). En su lugar, proponían “volver a las cosas mismas” (en efecto, el instinto aristotélico). Los fenomenólogos proponían prestar mucha atención a los objetos y a los fenómenos del mundo y a nuestra propia experiencia interna de tales objetos y fenómenos. En el laboratorio de Parma, Rizzolatti y sus colegas eran muy tradicionales en las técnicas que utilizaban para estudiar las células de las áreas F4 y F5 que se encontraban en la corteza frontal de los macacos a los que examinaban pero, con el tiempo, superaron el marco tradicional para interpretar los resultados: compartimientos separados para las neuronas motoras, perceptivas y de cognición. Pudieron deshacerse del paradigma y de las hipótesis que regían en el momento. No desperdiciaron años tratando de extraer reglas computacionales complejas y abstractas para explicar las, en apariencia, bizarras observaciones que iban acumulándose. En vez de ello, aplicaron a la investigación un enfoque fresco, abierto, al que denomino fenomenología neurofisiológica. Esta nueva actitud fue el único medio de reconocer que la percepción y la acción constituyen un proceso unificado en el cerebro.

El “filósofo” de Parma que estaba a la cabeza era el neurofisiólogo Vittorio Gallese, barbudo y de ojos oscuros. Gallese estudiaba a fondo la obra de Merleau-Ponty en busca de analogías apropiadas entre la filosofía y la neurociencia a fin de explicar los descubrimientos del grupo en términos menos científicos y más filosóficos. Además, deseaba imaginar las consecuencias de gran alcance que tendría el descubrimiento de las neuronas espejo. De hecho, la ponencia titulada “Hacia una ciencia de la conciencia” que expuso en un encuentro celebrado en Tucson, Arizona, en 1998, fue el agente catalizador que presentó en sociedad a las neuronas espejo ante el mundo científico. En dicho evento, Gallese se encontró por casualidad con Alvin Goldman, un filósofo interesado en el problema de la mente de los demás. Goldman es un paladín de la teoría de la simulación, que sostiene que, a fin de entender lo que siente otra persona cuando, por ejemplo, se enamora, debemos simular estar enamorados nosotros mismos. De inmediato captó las consecuencias que esta nueva investigación sobre las neuronas espejo tendría para su propio pensamiento, y él y Gallese trabajaron juntos en un artículo que postuló, por primera vez, que las neuronas espejo pueden ser el correlato neuronal de los procesos de simulación necesarios para entender otras mentes.⁵

La pasión de Gallese por la filosofía y la ciencia se ve superada sólo por su amor a la ópera, el cual no es en absoluto inusual en Parma. Es uno de los veintisiete miembros del exclusivo Club dei 27 (<www.clubdei27.com>), donde cada integrante personifica a una de las veintisiete óperas de Giuseppe Verdi. No empleo el término “exclusivo” porque sí. No habrá más óperas de Verdi (que descanse en paz). Por lo tanto, nunca habrá un Club dei 28. La única forma de entrar en este club es cuando algún miembro lo abandona para seguir en este mundo ocupándose de otros menesteres (altamente improbable) o para irse de este mundo. Gallese personifica una ópera no tan conocida del Maestro, *I Lombardi alla prima crociata*, pero, naturalmente, no podía elegir. ¡No hizo más que aceptar la única

⁵ Gallese, V. y A. Goldman, “Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading”, *Trends in Cognitive Sciences*, 2, 1998, pp. 493-501.

vacante disponible! Un momento destacado de la tercera carrera de Gallese (la neurociencia y la filosofía son las dos primeras) fue la noche en la que el Club dei 27 entregó una medalla al incomparable tenor español Plácido Domingo. Gallese cantó con sus veintiséis compañeros para el placer auditivo de uno de las mayores intérpretes de Verdi.

¿Es el párrafo precedente una digresión? No lo creo. Salvo rarísimas excepciones, la ciencia con mayúsculas se trata del legado combinado y tenaz de al menos varios, si no muchos, individuos. Es puro trabajo de equipo. ¿Y qué es lo que vuelve a un equipo cualquiera un gran equipo? Nadie lo sabe con certeza, pero, cuando sucede, todos ven claramente los resultados. En el laboratorio de Parma dirigido por Giacomo Rizzolatti, un puñado de neurocientíficos aportó distintos granitos de arena para lograr la magia. El interés de Vittorio Gallese en la filosofía y en la fenomenología no son casuales; de hecho, es probable que hayan tenido una importancia crucial. Su tendencia filosófica y su pasión por la ópera indican una personalidad con amplios intereses, y una capacidad y voluntad de pensar en forma no convencional. En mi experiencia, los mejores científicos son *personas interesantes*.

Junto a Gallese y al director del laboratorio, Rizzolatti, Luciano Fadiga y Leo Fogassi eran los hombres clave del equipo. Estos cuatro neurocientíficos son muy disímiles en cuanto a personalidad e inclinaciones intelectuales. Quizás, ella es una de las razones por las que todo salió tan bien. En todo caso, cada uno hizo un aporte singular al trabajo colectivo, tal como sucedería en cualquier emprendimiento científico de primera línea. A Fadiga, alto y delgado, le encanta desarrollar herramientas nuevas para el laboratorio. Posee además las cualidades sociales necesarias para llevar adelante la gestión y la recaudación de fondos. La ciencia moderna exige estos tres elementos: innovación tecnológica, capacidad de gestión y muchísimo dinero. (Con máquinas cuyo costo habitual es de cientos de miles de dólares o que inclusive puede alcanzar los dos o tres millones, la investigación básica en neurociencia es particularmente cara.) En general, los científicos que son excelentes en cuestiones técnicas en el laboratorio no son tan diestros en la parte de la tarea que tiene que ver con la “gente”. Fadiga es una de las excepciones de esta regla. Fue el miembro del equipo que primero aplicó la técnica de la estimulación magnética transcraneal (EMT), relativamente nueva, al estudio del sistema de las neuronas espejo en humanos (un tema que analizaremos más adelante). Hace poco, se mudó a la Universidad de Ferrara, donde su nuevo laboratorio ya es una máquina eficiente y productiva. Lo esperable, por supuesto.

En oposición a Fadiga, Leo Fogassi es por lejos el menos extrovertido de los cuatro neurocientíficos de Parma. Durante los años inmediatamente posteriores al descubrimiento de las células especulares a comienzos de la década de 1990, fue sin dudas el que menos participó en la comunicación de los resultados experimentales a la comunidad científica. Resulta innegable que la comunicación constituye un aspecto fundamental de la ciencia, pero no es precisamente el fuerte de Fogassi. Es brillante para el laboratorio, quizás el único que condujo o supervisó en forma directa la mayor cantidad de registros unicelulares del sistema de las neuronas espejo en el mundo. En los últimos años, estuvo a cargo de una variedad de grandes proyectos, el más importante de los cuales es la serie de experimentos sobre el papel que desempeñan las neuronas espejo en la comprensión de las intenciones de los demás. En breve presentaré un análisis de este fundamental trabajo.

Así llegamos al líder del grupo, Giacomo Rizzolatti, quien debería ser considerado nada más y nada menos que un hombre del Renacimiento. En la ciencia moderna, la especialización está a la orden del día, y, luego, la especialización dentro de la especialización. La mayoría de los científicos se concentran en un solo tema de

investigación, y emplean una sola modalidad para investigar. La investigación de Rizzolatti cubre un espectro amplísimo, que incluye neurofisiología visual en gatos, neurología del comportamiento en pacientes con daño cerebral, psicología experimental en voluntarios sanos, estudios anatómicos y neurofisiológicos en primates, captura de imágenes cerebrales en humanos y –como si ello fuera poco– neurociencia computacional. La capacidad de Rizzolatti de vincular todas estas líneas de trabajo en una visión integral y uniforme de las funciones del cerebro humano es casi extraordinaria y sin dudas única en la neurociencia moderna. Sobre todo, sus intuiciones sobre el modo en que funciona el cerebro son incomparables. (Quizás ese talento para ver más allá es la razón por la que su pelo canoso, algo alborotado, me recuerda a Albert Einstein.) Los primeros trabajos realizados en Parma, que condujeron al descubrimiento de las neuronas espejo, se originaron en las intuiciones de Rizzolatti acerca del papel que tenían las áreas premotoras en la creación de los “mapas del espacio” que rodean al cuerpo. Llamó a esta teoría la “teoría premotora de la atención”. Hace varios años, tan sólo al observar el patrón de los datos del “tiempo de reacción” en voluntarios sanos durante una tarea visuoespacial (por cierto no la información más fácil de entender respecto de las funciones cerebrales), Rizzolatti propuso un modelo de atención visuoespacial –es decir, de qué manera prestamos atención a un objeto o a un movimiento que se produce a nuestra izquierda y no a nuestra derecha– que fue confirmado mediante técnicas de captura de imágenes cerebrales muchos años después.⁶

Rizzolatti, Gallese, Fogassi y Fadiga eran los Fabulosos Cuatro; y, juntos, cambiaron todo. El descubrimiento de las neuronas espejo y el desarrollo de sus probables consecuencias fue producto, básicamente, de la química que se produjo entre estos cuatro neurocientíficos al trabajar en conjunto. En los años venideros, la manera como hasta el lego instruido comprenderá de qué modo el hombre ve realmente el mundo y funciona como animal social en él nunca volverá a ser la misma.

Espejos en el cerebro

¿No hay que prestar mucha atención a la letra chica? Al menos en la neurociencia, parece que sí, y sin duda es lo que sucede con las neuronas espejo. Son las leves variaciones de las configuraciones experimentales de los laboratorios de todo el mundo las que revelaron la sutileza de las respuestas de estas neuronas, las que, a su vez, abrieron las puertas a nuestro entendimiento. Por otra parte, no había nada singular en las herramientas de investigación que se utilizaban en Parma. Mediante la metodología clásica de la neurofisiología unicelular, Rizzolatti y sus colegas implantaban electrodos en el área F5 de los macacos en estudio y registraban todos los cambios eléctricos –“potenciales de acción”– que se producían en la superficie de cada neurona cuando los monos realizaban ciertas tareas a cambio de recompensas alimentarias. La actividad eléctrica del cerebro es lo que nos indica que una determinada neurona se ve activada en un determinado momento. “Se dispara”, como decimos nosotros, y lo hace para codificar ya sea un evento sensorial (ver un objeto o una acción), un acto motor (tomar una manzana) o un proceso cognitivo (el recuerdo de tomar una manzana). (Como hemos visto, en el viejo paradigma de los “compartimientos estancos” cualquier célula codifica una y sólo una de estas tres actividades. Las neuronas espejo codifican dos, lo que rompe la barrera entre la percepción

⁶ Rizzolatti, G., L. Riggio, I. Dascola *et al.*, “Reorienting attention across the horizontal and vertical meridians: Evidence in favor of a premotor theory of attention”, *Neuropsychologia*, 25, 1987, pp. 31-40; Corbetta, M., E. Akbudak, T. E. Conturo *et al.*, “A common network of functional areas for attention and eye movements”, *Neuron*, 21, 1998, pp. 761-773.

y el movimiento.) Tales descargas eléctricas también constituyen el modo en que las células del cerebro se envían señales entre sí. Incluso las células que están alejadas unas de otras en el cerebro se comunican a través de potenciales de acción, en la medida en que estén físicamente conectadas mediante axones, es decir, extensas prolongaciones de las neuronas que hacen las veces de alargues eléctricos de cierto tipo.

Estos experimentos clásicos nos permiten acceder al nivel de actividad cerebral más sofisticado y reducido posible –la célula– y nos brindan una “resolución” espacial y temporal exquisitas. Trabajamos no sólo con la célula, sino segundo a segundo. Esta investigación nos facilita información increíblemente importante. Si entendemos los mecanismos cerebrales de quienes nos precedieron en el camino de la evolución, podemos deducir los mecanismos neuronales del cerebro humano. Estos experimentos con los macacos son invasivos, sin lugar a dudas. Para implantar los electrodos es necesario recurrir a la cirugía cerebral. Si bien se toman los máximos recaudos para evitar malestar en los sujetos implantados, la ética no permite que tales experimentos se realicen en humanos o en grandes simios (chimpancés, gorilas, orangutanes y bonobos). La única excepción a esta regla se presenta con ciertos pacientes neurológicos (en su mayoría epilépticos), a quienes se les implantan electrodos por razones médicas. En tales casos, la investigación a escala unicelular es perfectamente ética cuando el paciente otorga su permiso, lo cual sucede en casi todos los casos. Esta limitada investigación ha arrojado importantes resultados, tal como veremos más adelante. Y ahora, por supuesto, la asombrosa e innovadora tecnología no invasiva de captura de imágenes cerebrales (imágenes por resonancia magnética nuclear funcional o RMNF, magnetoencefalografía o MEG, y otras que describiré en capítulos posteriores) permite llevar a cabo experimentos con sujetos humanos que se combinan con la investigación a escala unicelular en los monos para arrojar los resultados y las ideas que constituyen el tema de este libro.

Al describir el escenario que permitió descubrir las neuronas espejo, afirmé que los investigadores de Parma habían adquirido una idea bastante completa de cómo actuaban estas neuronas motoras durante varios ejercicios de “agarre” realizados por los monos. Consideremos ahora esos primeros resultados en más detalle. Por cierto son fascinantes, comenzando por el hecho de que las neuronas motoras se activan *durante todo el tiempo que dura el movimiento prensil*, y no en correspondencia con las contracciones de músculos específicos. Es aun más sorprendente que la misma célula a menudo se active al moverse la mano derecha y la izquierda y, también, tal como se mencionó, cuando el mono mueve la boca. El equipo esperaba más especificidad en el patrón de activación: sólo mano derecha, sólo mano izquierda, sólo boca. Sin embargo, lo que vieron fue esta clase de especificidad con el *tipo* de movimiento que realizaba el mono. Algunas de estas neuronas se activaban sólo cuando el mono tomaba objetos pequeños utilizando dos dedos, tal como el asa de una taza, con el pulgar y el índice. Este tipo de movimiento fino se denomina prensión. Otras neuronas del área F5 se activaban sólo cuando el mono asía objetos grandes, tales como una tasa, con toda la mano: el movimiento de presa. En cierto modo, es indistinto para el mono si toma la taza con la mano derecha o con la izquierda, pero lo que sí es importante es la manera como la toma. Ello es extraño para nosotros. Igualmente extraño nos resulta el hecho de que estas neuronas del “agarre” *no se activen* cuando el mono se rasca la cabeza o realiza otra acción con la mano, aunque emplee exactamente los mismos músculos de los dedos. Estas peculiaridades sugieren la existencia de un vocabulario algo complejo, en términos neuronales, de movimientos simples, orientados a objetos y –lo fundamental– a escala unicelular.⁷

Lógicamente, algunas –tan sólo algunas– de estas células también responden a la

⁷ Rizzolatti, G. *et al.*, “Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey. II”, pp. 491-507.

estimulación visual, la sorprendente capacidad que las vuelve neuronas canónicas o espejo. Como ya se señaló, las neuronas canónicas se activan al ver ciertos objetos capaces de ser asidos, y las neuronas espejo al ver la acción de asir. Como podemos suponer a esta altura, estas respuestas también tienen sus peculiaridades. Las neuronas canónicas son sensibles al *tamaño* del objeto aprehensible. Por ejemplo, si una célula se activa cuando el mono toma un objeto pequeño, tal como un trozo de manzana, mediante la prensión de los dedos pulgar e índice, la misma célula se activará sólo cuando el mono vea un objeto igualmente pequeño. Esta célula no se activará cuando el mono vea una manzana entera, que puede tomarse sólo con el movimiento de presa. Del mismo modo, las neuronas canónicas del área F5 que se activan cuando el mono toma una manzana entera con el movimiento de presa, también se activarán cuando el mono vea una manzana entera, pero no cuando vea una pasa de uva, la cual debe requerir el movimiento de prensión. La correlación entre el movimiento y la percepción de las neuronas canónicas es en verdad estrecha.

¿Y qué sucede con las neuronas espejo? Algunas también exhiben esta íntima correlación entre movimiento y percepción. Estas células se denominan neuronas espejo estrictamente congruentes porque se activan ante movimientos idénticos, ya sea realizados u observados. Por ejemplo, una neurona espejo estrictamente congruente se activa cuando el mono efectúa un movimiento de prensión y cuando ve que alguien toma un objeto con el mismo tipo de agarre. Otra neurona espejo estrictamente congruente se activará cuando el mono tome un objeto con el movimiento de presa (con toda la mano) y también cuando vea que alguien realiza dicho movimiento. Sin embargo, hay otras neuronas espejo que muestran una relación menos estricta entre lo ejecutado y lo observado. Son las neuronas espejo “ampliamente congruentes”. Se activan al ver un movimiento que no es necesariamente idéntico al ejecutado pero que logra un objetivo similar. Por ejemplo, una neurona espejo ampliamente congruente puede activarse cuando el mono toma un alimento con la mano y cuando ve que alguien toma un alimento con la boca.

En ninguno de los casos observados hasta el momento la descarga de las neuronas espejo durante la observación del movimiento se vio afectada por la identidad del objeto en cuestión. ¿Manzana o naranja? ¿Maní o pasa de uva? No importa. Lo único que importa es el tamaño, lo cual es perfectamente lógico a los fines motores. Los objetos más grandes requieren el movimiento de presa y, los más pequeños, el de prensión. La descarga de las neuronas espejo cuando se observa el movimiento tampoco se ve muy afectada por la *distancia* a la cual se desarrolla la acción. La escena puede tener lugar cerca o lejos. Las neuronas espejo también se activan en forma equivalente cuando el movimiento prensil está realizado por una mano humana o por la mano de un mono. Asimismo, se activan cuando el experimentador toma un alimento para dárselo a un segundo mono que está en el laboratorio o al mono que tiene implantados los electrodos. En suma, la recompensa que genera el acto prensil *no afecta* la respuesta de las neuronas espejo.⁸

Existe una clase muy interesante de neuronas espejo que codifica los movimientos previos a la ejecución de una acción o los que están relacionados con la acción en forma lógica cuando el sujeto los observa. Una neurona espejo “lógicamente relacionada” es aquella que, por ejemplo, se activa al ver que la comida se coloca en la mesa y también que el mono aprehende el alimento y se lo lleva a la boca.⁹ Esta clase de célula puede formar parte de cadenas neuronales de células especulares que son importantes para codificar no

⁸ Gallese, V., L. Fadiga, L. Fogassi *et al.*, “Action recognition in the premotor cortex”, *Brain*, 119, 2, 1996, pp. 593-609; Rizzolatti, G. y L. Craighero, “The mirror-neuron system”, *Annual Review of Neuroscience*, 27, 2004, pp. 169-192.

⁹ Di Pellegrino, G., L. Fadiga, L. Fogassi *et al.*, “Understanding motor events: A neurophysiological study”, *Experimental Brain Research*, 91, 1992, pp. 176-180.

sólo la acción observada, sino también la intención asociada. La intención se logra mediante una secuencia de acciones más simples: alcanzar la taza, tomarla, acercarla a la boca y luego beber el contenido.

En efecto, una característica reveladora de las neuronas espejo de los macacos es que no se activan cuando observan una pantomima. Realizar un movimiento prensil en ausencia de un objeto no activa una descarga. Ello puede resultarnos extraño, pero de hecho no lo es, pues estos monos no hacen pantomimas. No obstante, nosotros, los humanos, sí, y, por cierto, nuestras áreas con neuronas espejo se ven activadas por acciones más abstractas que las que activan las neuronas espejo de los monos. Los diversos pasos evolutivos que separan a los monos de los humanos pueden explicar tal diferencia con facilidad. Un tema para análisis futuros, entonces, será la teoría desarrollada por el neurocientífico computacional Michael Arbib acerca de que las neuronas espejo son precursoras clave de los sistemas neuronales del lenguaje. Arbib propone que la pantomima desempeña un papel fundamental en el avance evolutivo que va desde el sistema de neuronas espejo relativamente simple de los monos hasta el sistema neuronal mucho más sofisticado que sustenta el alto nivel de abstracción del lenguaje humano.¹⁰

Tal como hemos visto, las neuronas espejo del área F5 se activan cuando el sujeto ve movimientos de la boca y de la mano. En este sentido, dichas células pertenecen a dos categorías principales: las que codifican movimientos de ingestión –comer una banana, beber jugo– y las que codifican los movimientos comunicativos, tales como el chasquido de los labios, una leve proyección de los labios.¹¹ La participación de las neuronas espejo en los movimientos comunicativos de la boca sugirió a Rizzolatti y a sus colegas de Parma que estas células podían jugar un papel crucial en la capacidad de comunicación de los individuos y en la comprensión del comportamiento de otras personas. Así, dedicaron toda una serie de experimentos a bucear en aspectos más profundos de la función que desempeñan las neuronas espejo en la codificación de los movimientos de otros individuos.

Sé qué estás haciendo

Preparo la cena y mi hija, Caterina, quien está en sexto grado, hace los deberes en la mesa de la cocina. La observo mientras cocino. La mesa está llena de libros, cuadernos, lápices, gomas de borrar y demás útiles escolares. (Con frecuencia siento que los niños de sexto grado en estos días tienen más tarea que la que yo solía tener en la escuela secundaria.) Mientras preparo la cena, no veo a pleno todo lo que hace Caterina. Los útiles obstruyen mi visión. Sin embargo, nunca siento que tengo que realizar un elaborado proceso deductivo para discernir qué está haciendo. ¿Cómo es posible? ¿Cómo puedo tener una comprensión inmediata de sus movimientos aun cuando no los veo en forma completa? ¿Mis neuronas espejo me ayudan a saber y a entender lo que no veo? Alessandra Umiltà, ahora miembro del cuerpo docente de la Universidad de Parma, era una estudiante de posgrado del laboratorio de Giacomo Rizzolatti cuando dirigió un experimento que puso a prueba exactamente esta hipótesis.

Las primeras dos condiciones de su experimento habían sido comprobadas con anterioridad. En una, un mono observaba a un experimentador humano que tomaba un

¹⁰ Arbib, M. A., “From monkeylike action recognition to human language: An evolutionary framework for neurolinguistics”, *Behavioural and Brain Science*, 28, 2005, pp. 105-124; debate pp. 125-167.

¹¹ Ferrari, P. F., V. Gallese, G. Rizzolatti *et al.*, “Mirror neurons responding to the observation of ingestive and communicative mouth actions in the monkey ventral premotor cortex”, *European Journal of Neuroscience*, 17, 2003, pp. 1703-1714.

objeto. Tal como se esperaba, las neuronas espejo se activaron ante la visión de dicho acto prensil. En la otra condición, el mono observaba que el experimentador imitaba un acto prensil sin un objeto real. Tal como se esperaba, la pantomima no generó una descarga de las neuronas. Con estos resultados, habituales pero necesarios, comprobados, Alessandra agregó dos nuevas condiciones para probar si las neuronas espejo se activarían durante un movimiento que el mono no viera realmente. En una condición, se colocó un objeto tridimensional en la mesa, por ejemplo, una naranja. Luego, se ubicó una pantalla frente a la naranja (se utilizaron también otros tipos de objetos, ya que estos experimentos en general involucran varios ensayos para cada condición). Como la pantalla obstruía la visión que el mono tenía de la naranja, una experimentadora humana extendió la mano derecha detrás de la pantalla. El mono vio la extensión pero no la prensión concreta de la naranja. La pregunta es: ¿las neuronas espejo se activaron cuando se ocultó el acto prensil? La respuesta es sí (y no). Se activaron cerca del 50% de las neuronas espejo registradas en ese experimento; la otra mitad, no.

En la otra condición nueva, la mesa estaba vacía. La pantalla se colocó en una posición que obstruía la visión que el mono tenía de la mesa vacía. Una vez más, una experimentadora humana extendió la mano derecha detrás de la pantalla. Nótese que, desde la perspectiva visual del mono, la condición experimental de ese momento era idéntica a la anterior: el mono veía que una mano se extendía detrás de una pantalla. La única diferencia entre ambas condiciones es el *conocimiento previo* del animal respecto de la presencia de un objeto en la mesa. La pregunta es: ¿el mono entendió que esto era una pantomima? De ser así, las neuronas espejo no deberían activarse, y, de hecho, no lo hicieron. El conocimiento previo de que no había ningún objeto en la mesa fue suficiente para que las células espejo consideraran ahora que el acto prensil oculto era sólo una imitación, y, por lo tanto, no merecedor del esfuerzo de activación.¹²

Tales experimentos demuestran con claridad que las neuronas espejo no sólo conforman un sistema neuronal que se correlaciona con movimientos ejecutados y observados. Aun en el mono, codifican con más matices los movimientos de los otros y se valen de información previa para diferenciar el significado de movimientos parcialmente obstruidos que son idénticos desde la perspectiva visual. ¿Es ello prueba suficiente para concluir que las neuronas espejo codifican las intenciones de la persona que aprehende el objeto? Probablemente no, dado que la cuestión básica en el experimento era si la mano asía o no, según lo determinara la presencia o ausencia del objeto (la naranja, en el ejemplo anterior). Este experimento no aborda de manera exhaustiva la pregunta fundamental de si las neuronas espejo tienen la capacidad de diferenciar entre, digamos, tomar la naranja para comerla y tomar la naranja para guardarla en el refrigerador. Así, Leo Fogassi, algunos años después del experimento de Alessandra Umiltà, dirigió otro donde se investigó de modo más explícito el papel de las neuronas espejo en la comprensión de las intenciones.

Sé qué estás pensando

Discuto con mi esposa sobre ciertos planes familiares. Estamos en la cocina y ella toma un vaso. ¿Quiere beber o ponerlo en el lavavajilla, o quizás arrojármelo? Es muy útil poder predecir lo que los otros van a hacer.

La propiedad más elemental de las neuronas espejo —es decir, activarse tanto ante el acto de tomar una taza y ante el mismo acto observado— sugiere que sirven para reconocer los

¹² Umiltà, M. A., E. Kohler, V. Gallese *et al.*, “I know what you are doing: A neurophysiological study”, *Neuron*, 31, 2001, pp. 155-165.

movimientos que realizan otras personas. Asimismo, indican que el proceso de “reconocimiento del movimiento” que de este modo se instrumenta es una suerte de simulación o de imitación interna de los actos observados. Dado que nuestros propios movimientos están casi siempre asociados a intenciones específicas, la activación en mi cerebro, cuando veo a otras personas realizar estos mismos movimientos, de las mismas neuronas que uso para realizar mis propios movimientos puede permitirme comprender sus intenciones. No obstante, no puede ser tan simple. Hay un problema, y es el que voy a encontrar cuando veo que mi esposa toma un vaso durante la discusión: la misma acción puede estar asociada a diferentes intenciones. De hecho, con muy poca frecuencia, si es que existe alguna vez, la correlación es unívoca: una acción, una intención necesaria. Así como yo puedo tener diferentes intenciones cuando tomo un vaso, pueden tenerlas los demás. ¿Las neuronas espejo diferencian entre la misma acción asociada a diferentes intenciones?

El reciente experimento de Leo Fogassi abordó este interrogante en forma directa al evaluar la actividad neuronal de los monos durante una variedad de condiciones al *ejecutar* la acción de asir y al *observarla*. La explicación del experimento exige una cierta cantidad de detalles, pero ello es importante para comprender estas neuronas. En una de las condiciones de ejecución, el mono, a partir de una posición fija, alcanzaba y tomaba un alimento y luego lo llevaba a la boca para comerlo. En una condición posterior, el mono alcanzaba un objeto no comestible que estaba en el mismo lugar que el alimento de la condición experimental anterior. El mono colocaba este objeto en un recipiente. En esta condición, se realizaron varios ensayos mientras el recipiente se encontraba cerca de la boca del animal, de modo que los movimientos del brazo y de la mano para cumplir las condiciones de asir para comer y de asir para colocar tuvieran una *correlación estrecha*. La pregunta principal era si las neuronas espejo se activan de modo distinto cuando la misma acción de asir permite comer o colocar un objeto en un recipiente. ¿A estas neuronas les importa la intención? (Nótese asimismo que, después de terminar los ejercicios de colocar en el recipiente, los monos recibían una gratificación, de modo que la cantidad de recompensa por asir para comer y por asir para colocar era idéntica.)

Entre un tercio y un cuarto de las neuronas registradas se activaron en forma equivalente al asir para comer y al asir para colocar. No obstante, la mayoría de las neuronas se activaron de manera diferente, ya que cerca del 75% hizo una descarga más vigorosa durante las acciones de asir que llevaban comida a la boca y cerca del 25% se activó con más vigor durante las acciones que colocaban objetos en recipientes. ¿Cómo interpretar estas cifras? Quizás las descargas diferentes –la preferencia por comer en vez de colocar– se debió al hecho de que en una condición el mono tomaba *comida*, mientras que en la otra condición el animal tomaba un objeto menos interesante y útil para colocar en un lugar. A fin de comprobar esta posibilidad, se realizó el experimento con la condición de que los monos colocaran comida en los recipientes. Los resultados fueron los mismos que en el experimento anterior. La mayoría de las células producían descargas preferenciales al asir para comer, una minoría prefería el asir para colocar, y la minoría de células que no habían mostrado preferencia por comer ni colocar seguían sin mostrarla. Conclusión: el tipo de objeto que se aprehende es irrelevante. Lo importante para las neuronas espejo era comer por oposición a colocar. La mayoría “prefería” comer.

Con estos resultados en mano, los experimentadores procedieron luego a poner a prueba a los monos mientras sólo observaban las mismas configuraciones experimentales. Un experimentador sentado frente al mono realizaba los mismos movimientos prensiles que el mono había efectuado antes: algunos para comer, otros para colocar. Con un recipiente presente y visible ante el mono, el experimentador tomaba un alimento y lo colocaba en el

recipiente. Sin ningún recipiente presente, el experimentador tomaba un alimento, se lo llevaba a la boca y lo comía. Así, la presencia del contenedor actuaba como clave visual y permitía que el mono predijera el siguiente movimiento del experimentador. La pregunta empírica, entonces, fue si las neuronas espejo registrarían una distinción cuando el mono observara asir para comer a diferencia de asir para colocar. Los resultados demostraron que la intención del experimentador *sí* marcó una diferencia, y que el patrón de activación neuronal durante la observación de este movimiento prensil reflejaba estrechamente el patrón de la activación neuronal que se producía cuando el mono ejecutaba las acciones prensiles. Si una célula producía una descarga más intensa mientras el mono tomaba el alimento para comerlo, esa misma célula producía una descarga más intensa cuando el mono observaba que el experimentador humano tomaba el alimento para comerlo. Si una célula producía una descarga más intensa mientras el mono tomaba el alimento para colocarlo en un recipiente, esa misma célula producía una descarga más intensa cuando el mono observaba que el experimentador humano tomaba el alimento para colocarlo en un recipiente. Si una célula producía la misma descarga cuando el mono tomaba el alimento para comerlo y para colocarlo en un recipiente, esa misma célula producía la misma descarga cuando el mono observaba al experimentador humano.¹³

Los resultados del experimento de Leo Fogassi demuestran que las neuronas espejo codifican los movimientos que realizan otras personas de forma mucho más sofisticada que lo que creíamos al comenzar. A pesar de que Vittorio Gallese y Alvin Goldman habían conjeturado, poco después del descubrimiento de las neuronas espejo, que estas células podían representar un mecanismo neuronal clave para comprender los estados mentales de los demás, esta era una idea minoritaria. Antes del experimento de Fogassi, la comunidad científica respaldaba con más fervor una explicación más parsimoniosa de las funciones de las neuronas espejo, según la cual dichas células sólo exhibían una forma de reconocimiento del movimiento. El experimento de Fogassi respalda a las claras la intuición inicial de Gallese y de Goldman. Las neuronas espejo nos permiten comprender las intenciones de otras personas.

Como ya mencioné, la intención siempre se había considerado fuera de los límites de los estudios empíricos, demasiado “mental”. Ello ya no es así. El estudio de Fogassi y un experimento de captura de imágenes que describiré en breve realizado con humanos en mi laboratorio de la UCLA respaldan de manera contundente la hipótesis de que comprendemos los estados mentales de los otros simulándolos en el cerebro, y lo logramos por medio de las neuronas espejo. Tal como afirmé antes, el hecho de que las neuronas espejo codifican en modo diferente el mismo movimiento prensil asociado con distintas intenciones –no sólo cuando lo realizamos, sino también cuando lo observamos en otros– sugiere que el cerebro humano es capaz de reflejar especularmente los aspectos más profundos de la mente de los demás, aun a ínfima escala unicelular.

Oigo lo que haces

Estoy trabajando en mi estudio cuando oigo un ruido distintivo proveniente de la sala de estar. Mi hija Caterina estudia danzas, y está en la edad y en el nivel de conocimientos en el que las bailarinas comienzan a trabajar en punta. Está muy entusiasmada y trae las zapatillas de danza nuevas a casa para seguir practicando. Los pasos que da con las zapatillas de punta producen un sonido especial en el piso de madera. Sólo con escuchar, sé qué está haciendo. Y sé muchas cosas sólo escuchando. Aplaudir, rasgar papel,

¹³ Fogassi, L., P. F. Ferrari, B. Gesierich *et al.*, “Parietal lobe: From action organization to intention understanding”, *Science*, 308, 2005, pp. 662-667.

golpetear en un teclado, abrir maníes, son todos actos que producen sonido y que cualquiera de nosotros reconoce con facilidad. No prestamos la más mínima atención a esta capacidad. La mayoría de la gente piensa “lo hacemos, y ya”, pero los neurocientíficos siempre preguntan *cómo*. Y, por supuesto, los neurocientíficos familiarizados con las neuronas espejo se preguntan si estas neuronas podrían desempeñar algún papel en ayudarnos a reconocer actos tan sólo al oírlos. Evelyne Kohler y Christian Keysers son dos de tales investigadores. Llevaron a cabo sus experimentos sobre este tema en el laboratorio de Giacomo Rizzolatti.

Mediante los procedimientos habituales, Kohler y Keysers identificaron las neuronas espejo del área F5 midiendo las respuestas de las células mientras los monos realizaban movimientos orientados por objetivos y, luego, mientras observaban a los experimentadores ejecutar los mismos movimientos. Era claro que lo central era que estos actos –abrir un maní, rasgar una hoja de papel y similares– producían sonido. (Como control, los monos también fueron estudiados con ruido blanco y con otros sonidos no relacionados con actos. Los sonidos de control se utilizaron para descartar la posibilidad de que las respuestas de las neuronas espejo a los sonidos de los actos se debieran tan sólo al efecto excitante e inespecífico de cualquier sonido.) Con todas las bases necesarias en cartera, Kohler y Keysers registraron las respuestas de las neuronas espejo en tres condiciones experimentales: visión y sonido, visión solamente y sonido solamente. En el caso de la condición “visión solamente”, los objetos se prepararon de modo que pudieran manipularse para que se realizara un movimiento visualmente similar al movimiento natural pero sin producir el sonido. Por ejemplo, los maníes ya se habían abierto en dos y se sostenían en la posición inicial como si estuvieran intactos. El papel que se rasgaba estaba húmedo, de modo que no producía ningún sonido. En la condición “sonido solamente”, se emplearon sonidos de acción digitalizados. No había ningún tipo de estimulación visual.

Los resultados fueron claros y contundentes: las neuronas espejo producían descargas en las tres condiciones experimentales. Algunas parecieron responder con un poco más de intensidad a la condición “visión y sonido”, pero las condiciones “visión solamente” y “sonido solamente” también arrojaron respuestas muy sólidas.¹⁴ Estos resultados son muy importantes porque demuestran que las neuronas espejo codifican los actos que realizan otras personas de una manera bastante compleja, multimodal y abstracta. Las células que se activan cuando el mono está realizando el acto que produce sonido también se activan cuando sólo perciben el sonido que producen los actos que ejecuta otra persona. Vale decir que, cuando percibimos el sonido de un maní que se abre, también activamos en el cerebro el plan motor necesario para abrir el maní nosotros mismos, como si el único modo en que pudiéramos en verdad reconocer ese sonido es simulando o imitando internamente en nuestro propio cerebro la acción que produce el sonido.

Más aun, la respuesta de las neuronas espejo a la información auditiva es una demostración fehaciente que respalda la hipótesis del eslabón evolutivo entre estas células del cerebro y el lenguaje, hipótesis que propusieron poco después del descubrimiento de las neuronas espejo Giacomo Rizzolatti y Michael Arbib en un artículo titulado “El lenguaje a nuestro alcance”.¹⁵ El argumento de que las neuronas espejo son las precursoras evolutivas de los elementos neuronales que posibilitan el lenguaje humano se basó en primer término en una observación anatómica: el área F5 del cerebro del mono, donde se observaron las neuronas

¹⁴ Kohler, E., C. Keysers, M. A. Umiltà *et al.*, “Hearing sounds, understanding actions: Action representation in mirror neurons”, *Science* 297, 2002, pp. 846-848; Keysers, C., E. Kohler, M. A. Umiltà *et al.*, “Audiovisual mirror neurons and action recognition”, *Experimental Brain Research*, 153, 2003, pp. 628-636.

¹⁵ Rizzolatti, G. y M. A. Arbib, “Language within our grasp”, *Trends in Neuroscience*, 21, 1998, pp. 188-194.

espejo por primera vez, es homóloga (es decir que se corresponde anatómicamente) con un área del cerebro humano denominada área de Broca, un importante centro cerebral del lenguaje que recibe el nombre del neurólogo francés del siglo XIX. Broca descubrió que una lesión en este sitio normalmente se asocia con un trastorno (afasia de Broca) que afecta, sobre todo, la producción del lenguaje.

El argumento que sostiene que las neuronas espejo son precursoras del lenguaje también surge de la sutil consideración de que estas células, al codificar tanto el movimiento como la observación del movimiento, parecen crear una suerte de código común –y, por ende, una suerte de “paridad”– entre dos individuos. Varios años antes de que se descubrieran las neuronas espejo, Alvin Liberman había propuesto que, dado que enviar y recibir un mensaje requiere, respectivamente, producción y percepción, ambos procesos, el de producción y el de percepción, deben estar ligados de algún modo y tener, en algún punto, el mismo formato.¹⁶ Las neuronas espejo parecen brindar precisamente este formato común.

Sin embargo, como era de esperar, la hipótesis de que las neuronas espejo son precursoras de los sistemas neuronales dedicados al lenguaje enfrentaba un problema. Después de todo, el lenguaje en un principio fue hablado y sólo tenía lugar a través de la modalidad auditiva, mientras que las respuestas sensoriales de las neuronas espejo inicialmente se habían investigado sólo en el campo visual. El descubrimiento de Evelyn Kohler y de Christian Keysers acerca de que las neuronas espejo también responden a los *sonidos* de los actos brinda un fuerte respaldo a los hipotéticos eslabones que existirían entre las neuronas espejo y el lenguaje. Exploraremos las preguntas sobre el lenguaje en mucho más detalle en el capítulo 3.

El reflejo especular del uso de herramientas

Hasta hace bastante poco, se creía que sólo los humanos utilizamos herramientas. Ahora sabemos que ello no es cierto. Los chimpancés muestran cierta habilidad en el uso de herramientas; no como nosotros, por supuesto, pero no obstante real, y suficiente para que los científicos estudien la progresión evolutiva del uso de herramientas. En distintos lugares del África, los chimpancés emplean la misma herramienta, una vara, para lograr el mismo objetivo –comer hormigas– pero utilizan la vara en formas básicamente diferentes según la zona. Ante la ausencia de diferencias evidentes en los entornos de las distintas poblaciones, la diferencia cultural sugiere que la manera en que se aprende y se transmite el uso de herramientas entre los chimpancés es, sobre todo, a través de la observación y, luego, de la imitación.¹⁷ ¿Es posible que las neuronas espejo sean las células cerebrales que posibilitan dicho aprendizaje a través de la imitación?

En los monos macacos, como hemos visto, las neuronas espejo no responden ante la pantomima de una acción. Ello tiene sentido porque estas neuronas parecen codificar sólo las acciones que el mono puede hacer –que se encuentran en su repertorio motor, como lo llamamos nosotros– y los monos no imitan. Por extensión, las neuronas espejo de los monos deberían desempeñar sólo un papel limitado en el aprendizaje por observación en general y en el aprendizaje del uso de herramientas en particular, dado que los monos no son tan hábiles en el empleo de herramientas. Tomemos los monos japoneses que “lavan papas”, un comportamiento que al parecer se difundió de un individuo precoz a la

¹⁶ Liberman, A. M. e I. G. Mattingly, “The motor theory of speech perception revised”, *Cognition*, 21, 1985, pp. 1-36.

¹⁷ Whiten, A., J. Goodall, W. C. McGrew *et al.*, “Cultures in chimpanzees”, *Nature*, 399, 1999, pp. 682-685.

comunidad toda. Este caso famoso dio origen a un gran debate en la literatura sobre comportamiento animal. Al principio, el comportamiento se consideró prueba de que los monos pueden imitar acciones nuevas, pero luego se arguyó que ello podría no concordar con una definición estricta de aprendizaje por imitación. De acuerdo con el estándar más rígido, el aprendizaje por imitación exige aprender un movimiento nuevo para el repertorio motor observando a alguien que lo realiza. Una explicación posible del comportamiento de los monos es que, mientras el primer mono lava las papas, la atención de los monos que observan está dirigida al *agua* (ello se denomina realce del estímulo). La próxima vez que el mono que observa se encuentre cerca del agua con una papa en la mano, un simple mecanismo de ensayo y error durante la manipulación de la papa en el agua podría ayudar a que el animal aprendiera cómo lavarla. Ello no constituiría aprendizaje por imitación, el cual pertenece a un orden superior. Un hecho a favor de esta explicación más conservadora es que la práctica de lavar las papas no se difundió con rapidez, como hubiéramos esperado. Este caso y otros similares dieron lugar a una variedad de opiniones en la comunidad científica que estudia el comportamiento animal, pero cabe mencionar que la mayoría de los científicos no consideran que lavar papas constituya prueba fehaciente del aprendizaje por imitación en los monos japoneses.

Si el comportamiento que permite lavar las papas se extendió sobre todo a través del realce del estímulo, más que del aprendizaje por imitación, luego, es muy improbable que las neuronas espejo jueguen un papel fundamental dado que estas células responden a la observación de la acción. Prestar atención a objetos inanimados tales como el agua no forma parte de su interés. Si es cierto que las neuronas espejo deben haber participado en el reconocimiento de la manipulación y del modo como sostener las papas, pero su papel en la difusión de este comportamiento se limitaría a esta manera inicial de reconocimiento de una acción. Si, por otra parte, la difusión del comportamiento se atribuye a cierta forma de aprendizaje por imitación, podría considerarse una participación más directa de las neuronas espejo. Esta hipótesis también exige ciertas pruebas de que las neuronas espejo pueden responder a la observación de ciertas acciones que *aún no* se han incluido en el repertorio motor de los monos. Esta prueba fue proporcionada por Pier Francesco Ferrari, un etólogo que había estudiado el comportamiento animal (en especial, formas de contagio social en los monos) durante años antes de realizar prácticas como neurofisiólogo en el laboratorio de Giacomo Rizzolatti. He aquí lo que descubrió.

Como paso previo, Rizzolatti había descubierto que las neuronas espejo que se activan al ver que un experimentador humano toma una pasa de uva con el movimiento de prensión (dedos pulgar e índice) no se activan cuando el experimentador toma la pasa de uva con una herramienta, tal como una pinza. En principio, ello podría resultar extraño, pero recordemos la hipótesis de que las neuronas espejo no se activan al ver acciones que no forman parte del repertorio motor del mono (de allí, el desinterés de estas células en la pantomima, porque los monos no imitan). Del mismo modo, dado que por naturaleza los monos no emplean herramientas, las neuronas espejo del mono establecen una diferencia crítica entre el movimiento de prensión y el sostener una pinza.

Ferrari y sus colegas observaban sobre todo las neuronas de la porción lateral del área F5, un sector ya investigado aunque sólo con relación a sus propiedades motoras, cuyas células, mayoritariamente, codifican acciones de la boca. El experimento de Ferrari aportó datos mucho más específicos. Casi todas las células de esta zona del área lateral F5 tenían propiedades motoras, pero existía una fuerte división del trabajo. Cerca de un cuarto producía una descarga sólo durante los movimientos de la mano, un cuarto sólo durante los movimientos de la boca, y la mitad durante los movimientos de la mano y de la boca. Aproximadamente dos tercios de las células respondían a los estímulos visuales; la

mayoría se trataba de neuronas espejo que respondían a la observación de las acciones realizadas por los experimentadores. Sin embargo, la novedad fue que un gran contingente (cerca del 20% de todas las células registradas) respondió a la observación de acciones realizadas con herramientas (una pinza y una vara con punta de metal). Estas neuronas espejo que respondieron al empleo de herramientas también respondieron a los movimientos realizados con las manos y con la boca, pero con mucha más debilidad. El principal interés de esta minoría del 20% radicaba en el uso de herramientas.¹⁸

El descubrimiento de un contingente de neuronas espejo que responde a la observación de acciones con “empleo de herramientas” es, en teoría, muy importante. Los monos que estudió Ferrari no utilizaban herramientas, de modo que esta es la primera prueba de que hay neuronas espejo que prefieren acciones que *no* se encuentran en el repertorio motor del animal observador. ¿Cómo interpretar estos resultados? El primer concepto que nos viene a la mente es que las neuronas espejo están interesadas en los *objetivos* más que en las acciones específicas que conducen al logro de tales objetivos, punto que quedó demostrado con los datos que ya analizamos sobre el papel de las neuronas espejo al distinguir intenciones. El objetivo es el mismo sea que el maní es abierto con la mano o con la pinza. El objetivo es el mismo sea que el alimento se tome con la mano y se coma, o se atrape con una vara y se coma.

Tal interpretación es plausible, pero no explica por qué le llevó a los investigadores tanto tiempo encontrar neuronas que respondieran al empleo de herramientas: casi diez años desde la primera observación de las neuronas espejo. El grupo de Parma había intentado medir tal respuesta en repetidas oportunidades, pero sin éxito. Por lo tanto, considero que es probable que este 20% de neuronas espejo del lateral del área F5 sea el resultado de la exposición repetida de los animales a ver cómo experimentadores humanos emplean herramientas. Esta explicación de los resultados de Ferrari indicaría que las neuronas espejo pueden adquirir nuevas propiedades, una característica clave para respaldar el aprendizaje por imitación. La formación de neuronas espejo que responden al empleo de herramientas puede ser el primer paso neuronal del cerebro del mono para luego adquirir la habilidad motora que les permite utilizar esas mismas herramientas. Las neuronas espejo que responden al empleo de herramientas constituyen una prueba muy seductora para vincularlas con el comportamiento imitativo, el cual es un poderoso mecanismo de aprendizaje.

Sé que me estás copiando

El caso de los monos japoneses que lavan las papas es tan sólo un ejemplo del interés por la imitación en los animales que existe al menos desde Darwin, quien dejó descripciones detalladas de varias formas de mímica en las abejas. Perdura un acalorado debate aún sobre este tema, ya que el viejo paradigma ha sido cuestionado. Entre los naturalistas del siglo XIX existía el consenso general de que la imitación era bastante común. Por ejemplo, el libro de George Romanes sobre la inteligencia de los animales, uno de los tratados de etología más famosos de fines del siglo XIX, describe a los monos como constantes imitadores: “llevan este principio a extremos absurdos”. En esa época, la imitación no se consideraba la expresión de una forma particularmente superior de inteligencia. Ahora, sí. De hecho, la imitación se describe en una reciente colección de ensayos como “una habilidad poco frecuente que se encuentra fundamentalmente ligada a formas de inteligencia características de los seres humanos, en particular al lenguaje, la cultura, y la

¹⁸ Ferrari, P. F., S. Rozzi y L. Fogassi, “Mirror neurons responding to observation of actions made with tools in monkey ventral premotor cortex”, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, 2005, pp. 212-226.

capacidad de entender otras mentes”. ¡Qué cambio radical desde la época de Romanes!¹⁹ Y, junto con este cambio radical, viene otro: la cautela de los investigadores para reconocer la imitación como tal. El comportamiento antes considerado imitativo en los monos, ahora, es habitual que se explique mediante algunos otros mecanismos cognitivos “más simples” (como el supuesto mecanismo del realce del estímulo que explicaría la difusión de la práctica de lavar papas entre los monos japoneses). Tal es ahora el enfoque preponderante entre los expertos, quienes aún deben abordar pruebas difíciles de refutar sobre el comportamiento imitativo de los monos. Hasta neonatos de monos Rhesus pueden imitar algunos gestos faciales y de la mano, tales como chasquear los labios, sacar la lengua, abrir la boca y la mano y abrir y cerrar los ojos.²⁰ Aun así, la mayoría de los estudiosos consideran que la verdadera imitación –es decir, la capacidad de aprender sólo por observación– está limitada a los humanos y quizás a los grandes simios.

Este debate llega al centro mismo de la pregunta esencial que subyace a toda la investigación sobre los monos macacos: ¿por qué tienen neuronas espejo? Las respuestas varían. Algunos investigadores afirman que el verdadero papel que desempeñan las neuronas espejo en los monos es el de *reconocer* acciones, no imitarlas. Al activar las neuronas espejo en su propio cerebro, los monos que observan reconocen las acciones de otros individuos y, al parecer, a juzgar por los datos de los experimentos de Leo Fogassi sobre la intención, también el objetivo de tales acciones. Es obvio que se trata de un mecanismo muy importante que facilita el comportamiento social de los monos. No obstante ello, hay otros científicos –entre los cuales me incluyo– que señalan que existen ciertas pruebas, aunque no son abrumadoras, de que los monos practican la imitación real.²¹ Y aun si uno quiere desechar tales pruebas, las neuronas espejo también pueden estar involucradas en diversas formas de “contagio” (un término técnico que no implica enfermedad, sino transmisión de hábitos, actitudes, y demás). Por ejemplo, aunque tomáramos como supuesto que el verdadero mecanismo de difusión del lavado de papas entre los monos japoneses es el realce del estímulo, las neuronas espejo pueden resultar esenciales para el proceso ayudando a reconocer las acciones de manipuleo de la mano del mono que es observado. Casualmente, Giacomo Rizzolatti, cuyas intuiciones, a mi entender, no tienen parangón en este campo, se ha mostrado bastante conservador sobre estos temas, y enfatizó el papel que desempeñan estas neuronas en el reconocimiento de las acciones solamente. Sin embargo, en años recientes, ha estado considerando funciones más amplias, y está convencido del papel de las neuronas espejo en la codificación de las intenciones. (Tal como destacó, los experimentos que realizó su colega Leo Fogassi sobre el asir para comer en contraste con el asir para colocar han conmocionado a la comunidad científica toda.) Creo que Giacomo está ahora más abierto a la idea de que los monos sí imitan y de que las neuronas espejo serían vitales para la imitación.

Naturalmente, la imitación puede funcionar en ambos sentidos, y un reciente estudio sobre el comportamiento de los monos nos brinda pruebas deductivas de que las neuronas espejo juegan un papel importante en la capacidad de discernir si hay alguien *imitándonos*. En este caso, los experimentadores adaptaron un paradigma elaborado por el psicólogo especialista en desarrollo Andrew Meltzoff, experto en imitación y cognición social en bebés y niños. Durante la fase inicial de experimentación, denominada período basal, los monos observaron a dos experimentadores, cada uno de los cuales manipulaba un cubo de

¹⁹ Romanes, G. J., *Mental evolution in animals*, Londres, Kegan Paul Trench & Co., 1883; Hurley, S. y N. Chater, *Perspective on imitation: From neuroscience to social science*, Cambridge, MIT Press, 2005.

²⁰ Ferrari, P. F., E. Visalberghi, A. Paukne *et al.*, “Neonatal imitation in Rhesus macaques”, *PLoS Biology*, 4, 2006, pp. e302.

²¹ Voelkl, B. y L. Huber, “True imitation in marmosets”, *Animal Behavior*, 60, 2000, pp. 195-202.

madera con un orificio en cada lado. Los experimentadores hacían la mímica de movimientos característicos que el mono haría con el cubo, tales como morderlo, escarbar en los orificios, y demás. Luego, se colocó un tercer cubo al alcance del mono. Cuando el mono comenzó a manipular el cubo, uno de los dos experimentadores imitaba con precisión lo que el mono hacía. En cambio, el segundo experimentador efectuaba otros movimientos. Por ejemplo, si el mono escarbaba un orificio, el imitador también escarbaba, mientras que el no imitador mordía. El comportamiento del mono se grabó y analizó, con resultados fascinantes. Al comienzo, el mono no mostró ninguna preferencia visual entre los experimentadores, pero, luego, resultó evidente que miraba por mucho más tiempo al experimentador que lo imitaba.²² Sin dudas, el mono –con lo que los investigadores denominan un nivel de comprensión “implícito”– pudo reconocer que uno de los dos seres humanos lo estaba imitando. Un animal con la comprensión “explícita” de que está siendo imitado normalmente desplegaría estrategias para poner a prueba al imitador, tales como cambios súbitos de comportamiento mientras continúa mirando al imitador en forma directa para medir la respuesta. Los monos que participaron en el estudio de Ferrari no mostraron este comportamiento. Su reconocimiento de que se los estaba imitando fue comprendido sólo en forma implícita, pero, aun así, esta comprensión más limitada reviste un importante valor social.

Con las neuronas espejo, los experimentos clásicos a escala unicelular que podrían corroborar estos resultados de comportamiento aún no se han realizado. Se harán, y es muy probable que corroboren tales resultados. Y con esa predicción no tan osada, cierro este capítulo sobre los experimentos acerca de las neuronas espejo de los macacos a escala unicelular: un trabajo de vital importancia no sólo debido a su valor deductivo para pensar en nuestro propio cerebro (al que por lo general no podemos acceder a ese nivel por razones éticas), sino también porque nos indica hacia dónde apuntar la nueva tecnología no invasiva con la que *sí podemos* estudiar el sistema de las neuronas espejo en los humanos. Me dedicaré ahora a estas máquinas y a esta atrapante investigación, que confirma desde todo punto de vista la importancia de las neuronas espejo para nuestra experiencia en tanto complejas criaturas sociales.

2

Simón dice

Cuando tenemos la libertad de hacer lo que queremos, por lo general nos imitamos.

Eric Hoffer²³

Células copionas

La imitación no se restringe a los juegos del tipo “Simón dice”. Nuestra tendencia a imitar parecer estar intensamente presente al nacer y nunca declinar. Lejana está la perspectiva

²² Paukner, A., J. R. Anderson, E. Borelli *et al.*, “Macques (macaca nemesterina) recognize when they are being imitated”, *Biology Letters*, 1, 2005, pp. 219-222.

²³ Encontré esta cita en el interesante libro que trata sobre el contagio emocional y que escribieron E. Hartfield, J. T. Cacioppo y R. L. Rapson, *Emotional Contagion*, París, Cambridge University Press, 1994. Sin embargo, el libro no especifica la fuente original.

del siglo XIX, según la cual la imitación existe en casi todo el reino animal, inclusive tan “abajo” como en las abejas de Darwin. De hecho, la imitación se considera una característica tan intrínseca del comportamiento humano que diversos autores construyeron teorías que la colocan a la cabeza y al centro. La más conocida es quizás la de Susan Blackmore, quien en su libro *La máquina de los memes* sostiene que lo que distingue fundamentalmente a los seres humanos de todos los otros animales no es el lenguaje en realidad, candidato habitual de este galardón, sino la capacidad de imitar.

En la década de 1970, el psicólogo estadounidense Andrew Meltzoff revolucionó todo tipo de psicología del desarrollo al demostrar que los recién nacidos imitan ciertos gestos rudimentarios manuales y faciales de manera instintiva. El menor de los bebés estudiados por Meltzoff tenía apenas cuarenta y un minutos de vida. Todos los segundos de su vida se habían documentado a fin de demostrar que no había visto antes los gestos que Meltzoff le hacía para el experimento. Y aun así, el bebé se las arregló para imitarlos. De este modo, Meltzoff explicó, debe haber presente un mecanismo innato en el cerebro del recién nacido que permite tal rudimentario comportamiento imitativo. Esta demostración fue revolucionaria porque el dogma argumentaba que los bebés aprenden a imitar en el segundo año de vida, una creencia originada en la labor de Jean Piaget, quizás la figura de mayor influencia en la historia de la psicología del desarrollo. En efecto, la escuela de Piaget sugería en forma implícita que los bebés aprenden a imitar, pero los datos de Meltzoff indicaban que en realidad pueden aprender *por imitación*.²⁴

Se trata de una diferencia abismal, sin dudas, y la hipótesis de que aprendemos por imitación nos presenta, a quienes trabajamos con las neuronas espejo, una oportunidad maravillosa para encontrar una explicación. Dado que el cerebro de los recién nacidos no tiene habilidades cognitivas altamente sofisticadas, el hecho de que puedan imitar sugiere que el mecanismo de imitación depende de mecanismos neuronales relativamente simples. Cuando Meltzoff realizó sus descubrimientos en la década de 1970, las neuronas espejo no se habían descubierto –ni en el cerebro de los macacos, ni en el de los humanos– y no se descubrirían por otros quince años. A medida que aprendimos más sobre estas neuronas, algunos de nosotros suponíamos que podrían tener participación en la imitación temprana que hacen los bebés, pero, ¿de qué modo reunir los datos cerebrales necesarios para confirmar esta hipótesis? Nuestras máquinas de captura de imágenes requieren que los sujetos permanezcan inmóviles: no es fácil convencer a los bebés.

Recuerden el experimento que analizamos en el primer capítulo, en el que el mono que jugaba con el cubo demostró más interés en el experimentador que lo imitaba que en aquel que realizaba otra acción. Ello se denomina nivel “implícito” de comprensión, y no deberíamos sorprendernos si nos enteráramos de que los bebés humanos también lo expresan. A los bebés les encanta que un adulto los imite. Si voy a una reunión con amigos y hay un bebé, lo primero que hago es imitar lo que hace. Repentinamente, me convierto en el adulto más popular a los ojos del niño (excepto por sus padres, claro está). A los bebés les encantan los juegos de imitación. Es obvio que también existe muchísima imitación recíproca entre los padres y el bebé. De hecho, esta imitación específica (y esta química) puede ser uno de los factores principales en formar y reforzar las neuronas espejo del cerebro en desarrollo. Profundizaré esta hipótesis en un capítulo posterior.

Existe asimismo muchísima imitación recíproca entre los deambuladores. La psicóloga especialista en desarrollo Jacqueline Nadel facilita esta forma de imitación espontánea mediante un cuarto de juegos que tiene dos unidades de cada objeto. Es sorprendente

²⁴ Meltzoff, A. N., y M. K. Moore, “Imitation of facial and manual gestures by human neonates”, *Science*, 198, 1977, pp. 74-78; Piaget, J., *Play, dreams and imitation in childhood*, Londres, Routledge, 1951/1962.

observar la imitación espontánea en estos ambientes entre los niños muy pequeños que aún no tienen desarrollado el lenguaje. Cuando un niño se pone un sombrero, el otro se pone el segundo sombrero; cuando el primer niño se pone además anteojos de sol, el otro también. Cuando uno toma un paraguas, el otro niño toma un paraguas. Cuando el primero comienza a hacerlo girar, el segundo niño hace girar también el suyo. Al piso va un paraguas, al piso va el otro; toma un balón, toma un balón. El juego de imitación no tiene fin. Aun los pequeños gestos con la mano que hace el niño que sostiene el balón son imitados por el segundo niño. Otra psicóloga especialista en temas de desarrollo, Carol Eckerman, demostró la existencia de fuertes lazos entre la imitación y la comunicación verbal en los niños. Cuando los deambuladores que no saben hablar interactúan, tienden a realizar juegos de imitación. Cuanto más juegos de imitación hace un deambulador, más fluido será su lenguaje uno o dos años más tarde. La imitación parece ser el preludio y el facilitador de la comunicación verbal entre los niños pequeños.²⁵

Cuando adultos, no perdemos ni el gusto infantil por la imitación ni dejamos de recurrir a ella. Por el contrario, el comportamiento imitativo está muy presente en la adultez. Al transmitir las prácticas sociales de generación en generación, este comportamiento produjo el vasto rango de diversidad de culturas en todo el mundo. Asimismo, creó miles de idiomas durante decenas de miles de años, y continúa generando acentos regionales a medida que hablamos.

En *La máquina de los memes*, Susan Blackmore tomó el término clave del título de Richard Dawkins. (¿Debería decir que lo imitó?). Por su parte, Dawkins era perfectamente consciente del poder de la imitación para transmitir manerismos, prácticas, ideas e inclusive sistemas de creencias completos, y acuñó el término “meme” hace cerca de treinta años en su conocido libro *El gen egoísta*. Su idea era “imitar” (una vez más...) o tomar prestados conceptos de la biología y de la genética para crear una analogía entre la transmisión de genes a lo largo de las generaciones y la transmisión de comportamientos a lo largo de las mismas generaciones. Su término (es decir, su meme) fue tan exitoso que ya se incluyó en el Oxford English Dictionary con la siguiente definición: “Elemento de una cultura que puede considerarse transmitido por medios no genéticos, en especial la imitación”.

Del mismo modo que el término “meme” imita al término “gen”^{*} para denotar transmisión de información en el terreno del comportamiento, la palabra “memética” ahora describe todo un enfoque de modelos evolutivos basados en la transmisión por imitación.²⁶ En realidad, memes y memética inspiraron a muchos autores y dieron origen a una enorme cantidad de ideas en el campo de la evolución, aun en la filosofía de la mente.²⁷ Daniel Dennett, por ejemplo, propuso en *La conciencia explicada* que los memes desempeñan un papel fundamental en la evolución de la conciencia humana. De hecho, Dennett considera que la conciencia es el producto de las interacciones entre los memes y los cerebros. Y

²⁵ Nadel, J., “Imitation and imitation recognition: Functional use in preverbal infants and nonverbal children with autism”, en Meltzoff, A. N. y W. Prinz, *The imitative mind: Development, evolution, and brain bases*, Cambridge, Cambridge University Press, 2002; Eckerman, C. O. y S. M. Didow, “Nonverbal imitation and toddlers’ mastery of verbal means of achieving coordinated actions”, *Developmental Psychology*, 32, 1996, pp. 141-152.

^{*} En inglés, “meme” y “gene” riman. [N. de la T.]

²⁶ Dawkins, R., *The selfish gene*, Oxford, Oxford University Press, 1976; Blackmore, S., *The meme machine*, Oxford, Oxford University Press, 1999.

²⁷ Remítase, por ejemplo, a Denett, D., *Consciousness explained*, Boston, Little, Brown, and Co., 1991; Hull, D. L., “The naked meme”, en Plotkin, H. C. (ed.), *Learning development and culture: Essays in evolutionary epistemology*, Londres, Wiley, 1982.

cito: “El puerto al cual todos los memes confían en llegar es la mente humana, pero una mente humana es, en sí, un elemento creado cuando los memes reestructuran un cerebro humano para mejorarlo en tanto hábitat de los memes”. Según Susan Blackmore, los memes “son la esencia misma de la mente. Somos quienes son nuestros memes”. Podría pensarse que este concepto está peligrosamente cerca de cuestionar nuestra noción de libre albedrío. De ser así, no sería el último en este libro. Como analizaré más adelante, nuestra investigación sobre las neuronas espejo sugiere que nuestra noción de libre albedrío puede tener que ser reevaluada.

Un aspecto de los memes que Blackmore y otros enfatizan, siguiendo el egoísmo de los genes que propone Richard Dawkins, es la capacidad que tienen de replicarse “infectando” una gran cantidad de cerebros. Un buen ejemplo de memes muy activos son los ubicuos “mitos urbanos”. Con bastante ironía, sucede que un mito urbano muy sólido –ahora en realidad un mito internacional– involucra el descubrimiento de las neuronas espejo mismas. ¿Recuerdan la incertidumbre sobre las primerísimas y casuales observaciones sobre tales neuronas en el laboratorio de Parma de Giacomo Rizzolatti? Una de las numerosas anécdotas que se cuentan en el mundo de la ciencia sostiene que Vittorio Gallese estaba lamiendo un cucurucho de helado en el laboratorio cuando una de las neuronas conectadas del cerebro del macaco comenzó a activarse. Oí esta anécdota varias veces en distintos lugares, y en un momento comencé a creerla. De hecho, me transformé en uno de los vehículos de transmisión de este meme, porque conté la anécdota del helado en seminarios, e incluso la relaté frente a algunos periodistas que me entrevistaron sobre las neuronas espejo. Tenía la idea de incorporarla incluso en este libro, pero me pareció que era más apropiado preguntarles primero a Rizzolatti y a Gallese si era cierta. Lamentablemente, resultó ser que la anécdota del helado no es cierta en absoluto. Nadie sabe cómo comenzó o por qué, pero es cautivante y demostró ser atractiva y persistente, tanto para relatar como para escuchar.

A medida que ponían en orden las consecuencias de su asombroso descubrimiento en Parma, Rizzolatti y sus colegas ya conocían la teoría de los memes, y se dieron cuenta, cuando las diversas explicaciones se colocaron en su lugar, de que las propiedades de estas, hasta el momento, insospechadas neuronas encajaban perfectamente bien con aquella teoría. Estas células, tan especializadas, parecían ser los activadores ideales del cerebro tanto para la imitación como para otros aspectos del comportamiento social. Si queríamos aprender más, era hora de ampliar la investigación sobre las neuronas espejo en los monos e incluir estudios en seres humanos utilizando las maravillosas y costosas tecnologías no invasivas de captura de imágenes cerebrales que ahora los científicos tienen a su disposición.

El nuevo trabajo se asienta en una pequeña cantidad de experimentos con humanos que ya habían producido resultados muy interesantes. Uno tenía varias décadas de antigüedad. En él, dos psicólogos habían obtenido lo que podría haber sido la primerísima clave experimental sobre las neuronas espejo de los humanos al medir la actividad muscular de los sujetos que observaban a dos individuos que practicaban lucha libre y, en un contexto diferente, a una persona tartamuda que leía. Los dos experimentadores utilizaron electrodos para medir la actividad muscular en la frente, las palmas, los labios y los brazos de los sujetos mientras observaban la escena que tenía lugar frente a ellos. A la luz de lo que sabemos hoy, los resultados son perfectamente comprensibles: la actividad muscular registrada en los labios de los sujetos fue más alta mientras observaban a la persona tartamuda, mientras que, casualmente, la mayor actividad de los brazos se registró mientras los sujetos observaban a los luchadores.²⁸ Tal como los objetos, en la física experimental,

²⁸ Berger, S. M. y S. W. Hadley, “Some effects of a model’s performance on an observer’s electromyographic

tienden a vibrar cuando son excitados por energía en frecuencias específicas, los músculos de los observadores parecían hacer eco de los músculos de los participantes activos que más trabajaban.

Luego, vinieron los experimentos de imágenes de “prototipo”, que utilizan la tomografía por emisión de positrones (PET), una técnica que emplea material radiactivo para medir los cambios de la circulación sanguínea y de otros parámetros fisiológicos del cerebro. En estos estudios, a los sujetos se les solicitó que tomaran objetos, que observaran a otras personas tomar objetos, que imaginaran que tomaban objetos, o tan sólo que miraran objetos susceptibles de ser tomados sin asirlos. Es evidente que las primeras dos de estas condiciones –asir y observar– eran muy análogas a los experimentos unicelulares con neuronas espejo que se habían realizado con los monos macacos, y los resultados confirmaron que hay dos áreas del cerebro humano, cuya anatomía es similar a las del cerebro macaco que contiene neuronas espejo, que estaban en actividad tanto durante la ejecución como durante la observación de los movimientos prensiles, y aun al imaginarlos. Tal resultado inicial fue muy estimulante.²⁹ A él se sumó otro intento temprano (mediados de la década de 1990) de reunir pruebas en favor de las neuronas espejo del cerebro humano, imaginado y orquestado por Luciano Fadiga, uno de los neurofisiólogos de Parma. Este trabajo, donde se empleó la estimulación magnética transcraneal (EMT), fue tan ingenioso para la época que quisiera explicarlo en detalle. En cierto sentido, es similar al experimento del “eco muscular” con los practicantes de lucha libre que se había realizado varios años antes.

Para el experimento básico, se coloca una bobina de hilo de cobre especialmente diseñada, envuelta en plástico, en la cabeza de un sujeto intrépido. (Bromeo al decir “intrépido”. El diseño suena intimidante, pero es por completo inocuo.) Los electrodos pegados con cinta en la mano derecha del sujeto registran cualquier actividad de estos músculos. Con todo listo para empezar, el sujeto observa a un experimentador que realiza movimientos prensiles o alguna actividad no relacionada en absoluto con la mano, por ejemplo, una luz cuya intensidad se atenúa. En todos los casos, se envía un leve impulso eléctrico en forma simultánea a través de la bobina, lo que crea un campo magnético que induce una corriente eléctrica en la superficie del cerebro. A su vez, esta corriente induce una excitación basal en las células de la corteza motora primaria, que, luego, recibirán la influencia de la observación de la escena elegida.

El razonamiento de Fadiga era el siguiente: si los seres humanos tienen neuronas espejo, es probable que estas células se encuentren en la corteza premotora, el sector cerebral importante para la planificación motora y análogo del área F5 del cerebro de los macacos que contiene las neuronas espejo. Dado que la corteza premotora está conectada con la corteza motora primaria, la excitación de las neuronas espejo de la corteza premotora mientras el sujeto observa al experimentador que toma un objeto también debería volver más excitable a la corteza motora primaria, lo que enviaría señales a los músculos de la mano, que se moverían de modo involuntario. Por otra parte, cualquier neurona espejo se vería menos excitada por la luz que se atenúa y todo movimiento resultante de la mano sería menos pronunciado. Y en verdad, Fadiga y sus colegas midieron precisamente esta diferencia: el observar movimientos prensiles producía mayores movimientos musculares que el observar una luz que se atenúa. Más aun, tales movimientos musculares se

activity”, *American Journal of Psychology*, 88, 1975, pp. 263-276.

²⁹ Rizzolatti, G., L. Fadiga, M. Matelli *et al.*, “Localization of grasp representations in humans by PET: 1. Observation versus execution”, *Experimental Brain Research*, 111, 1996, pp. 246-252; Grafton S. T., M. A. Arbib, L. Fadiga *et al.*, “Localization of grasp representations in humans by positron emission tomography. 2. Observation compared with imagination”, *Experimental Brain Research*, 112, 1996, pp. 103-111.

registraban sólo en los *músculos de la mano específicos* que actúan en el movimiento prensil, no en los numerosos músculos de la misma mano que no tienen ninguna participación en él. Aun cuando los sujetos permanecían inmóviles, el sistema motor de su cerebro fingía en silencio realizar (o “simulaba”, tal como dirían muchos científicos) los movimientos que los sujetos tan sólo observaban.³⁰

Los resultados de estos tres primeros experimentos coincidían a pleno con el trabajo efectuado con los monos y eran bastante convincentes como demostración de la existencia de un sistema de las neuronas espejo en el cerebro humano. Ahora bien, a mediados de la década de 1990, el grupo de Parma quiso poner toda la tecnología –aun la más novedosa– que existía al servicio de esta trascendente investigación. A estos efectos, Vittorio Gallese, el colega que aplicó en la investigación de Parma su comprensión de Merleau-Ponty y la fenomenología, organizó y dirigió un proyecto de investigación internacional financiado por Human Frontier Science Program Organization, el cual financia proyectos internacionales de cooperación, mediante los que reúne a laboratorios de distintos países, incluso continentes, como en este caso. La idea es estudiar un mismo tema con diferentes metodologías, fomentando al mismo tiempo la cooperación internacional que permite los intercambios culturales entre los laboratorios.

El proyecto de Gallese comprendía siete laboratorios, cinco países y tres continentes. Tres de estos laboratorios estudiaban monos. Los italianos de Parma continuaban sus investigaciones con electrodos profundos para medir la actividad unineuronal de los macacos. Otro grupo europeo ubicado en la bella isla mediterránea de Creta investigaba el sistema de las neuronas espejo de los monos mediante captura de imágenes cerebrales, en lugar de recurrir a electrodos profundos. El tercer grupo que trabajaba con monos era un equipo japonés de Kioto que tenía acceso a una de las mayores colonias de monos del mundo. Este equipo de trabajo iba a crear una especie de biblioteca, o base de datos, de las expresiones faciales comunicativas de los monos, que serviría de estímulo para futuros experimentos sobre las respuestas del cerebro del mono ante expresiones faciales.

Otros dos grupos estudiarían el sistema de las neuronas espejo de los humanos. Uno, en Helsinki, Finlandia, utilizó magnetoencefalografía (MEG) y el otro, en la UCLA, del cual yo era y continúo siendo miembro, aplicó sobre todo la captura de imágenes por resonancia magnética nuclear funcional (RMNF). Los dos grupos restantes estaban integrados, respectivamente, por neurocientíficos computacionales de Los Ángeles, quienes elaboraron modelos del sistema de las neuronas espejo, e ingenieros de Cagliari, Italia, quienes instrumentaron entornos de realidad virtual para utilizar en experimentación.

Estos siete laboratorios financiados por el grupo Human Frontier Science Program Organization realizaron una serie de experimentos que ampliaron en modo considerable nuestra comprensión de los sistemas de las neuronas espejo tanto de los monos como de los humanos. Asimismo, el proyecto contribuyó a expandir el grupo de científicos que trabaja en este nuevo campo. Hace tan sólo diez años, las neuronas espejo eran conocidas por un puñado de investigadores y eran casi totalmente desconocidas por otros científicos que no pertenecían al grupo central. Cuesta creer que en nada más que una década se hayan transformado en las neuronas más “populares” de todas.

Cuerpos que hacen eco

Hay varios pasos evolutivos desde los macacos, que son pequeños simios, hasta los

³⁰ Fadiga, L., L. Fogassi, G. Pavesi *et al.*, “Motor facilitation during action observation: A magnetic stimulation study”, *Journal of Neurophysiology*, 73, 1995, pp. 2608-2611.

chimpancés, que son grandes simios, hasta llegar a los homínidos que precedieron al hombre (y que ya no están entre nosotros para ser estudiados) y, finalmente, hasta el hombre. ¿Cómo cambió el sistema de las neuronas espejo a través de tantos pasos evolutivos? ¿Qué tipo de funciones podía sustentar el sistema de las neuronas espejo de los humanos que no estuviera sustentado en los macacos? Tales fueron las preguntas que queríamos abordar en la UCLA.

Nuestro primer punto de interés fue la imitación. Nuestra hipótesis era que las neuronas espejo participan en el avance evolutivo que comprende desde los monos –que tienen una comprensión implícita de la imitación, como vimos en el capítulo 1– hasta los humanos, quienes son imitadores altamente idóneos. Para comprobar esta hipótesis, encaramos un trabajo conjunto con el grupo de Parma que descubrió las neuronas espejo de los monos y con Marcel Brass y Harold Bekkering, dos miembros del Instituto de Investigación Psicológica Max Planck de Munich, Alemania. Brass y Bekkering ya habían conducido diversas investigaciones de comportamiento sobre la imitación en niños y en adultos, labor inspirada por el *modelo ideomotor* de la acción humana. Este modelo difiere de modo sustancial del *modelo sensorial motor*, mucho más popular, según el cual el punto de partida de las acciones humanas es alguna forma de estimulación sensorial donde las acciones salen a escena sólo en tanto respuesta al estímulo inicial. En cambio, el modelo ideomotor de las acciones humanas toma como supuesto que el punto de partida de las acciones son las *intenciones* que van asociadas con ellas, y que las acciones deben considerarse mayormente un medio para lograr dichas intenciones.³¹

A su vez, el modelo ideomotor está enraizado en las ideas de dos filósofos del siglo XIX, el alemán Rudolph Hermann Lotze y el estadounidense William James, quienes, en forma independiente, profundizaron en sus análisis la idea sobre acciones voluntarias y sus consecuencias. El concepto principal de ambos pensadores era que las acciones voluntarias requieren una representación de qué va a lograrse, una representación que no debe verse cuestionada por ninguna idea que la contradiga. Cuando estas dos condiciones se cumplen, la representación de la meta es suficiente para activar la acción de manera directa. ¿Cómo sucede? De acuerdo con el modelo ideomotor, sucede porque nosotros, los humanos, aprendimos algo acerca de los efectos de nuestras propias acciones. Por ejemplo, si aprendimos por situaciones pasadas que al pulsar un botón específico de la computadora, ésta se prende, luego, el sólo pensar en prenderla activará en el cerebro la representación del movimiento del dedo que se usa para pulsar el botón.³² Este concepto, desarrollado por dos filósofos del siglo XIX, aparece como una descripción bastante acertada de lo que hacen las neuronas espejo. De hecho, según la misma lógica del modelo ideomotor, al observar las acciones de una persona y sus consecuencias, deberían activarse las representaciones de nuestras propias acciones, que, por lo general, están asociadas con las mismas consecuencias (por ejemplo, ver que otra persona prende su computadora activaría la representación del movimiento de nuestro propio dedo para prender la nuestra).

En la UCLA, nos basamos en el trabajo previo de Brass y Bekkering con el paradigma ideomotor para nuestro primer experimento con captura de imágenes cerebrales sobre el papel que desempeña el sistema de las neuronas espejo del ser humano en la imitación. La herramienta que elegimos para el experimento fue la RMNF, una máquina grande que emplea un potente imán para definir un campo magnético. La forma como la RMNF mide la actividad cerebral, específicamente, es bastante simple. Supongamos que queremos realizar

³¹ Prinz, W., “An ideomotor approach to imitation”, en Hurley S. y N. Chater, *Perspectives on Imitation: From Neuroscience to Social Science, Volume 1: Mechanisms of Imitation and Imitation in Animals*, Cambridge, MIT Press, 2005, pp. 141-156.

³² James, W., *Principles of Psychology*, Nueva York, Holt.

movimientos pequeños con los dedos de la mano derecha. Para ello, las células de la corteza motora descargan potenciales de acción que envían señales eléctricas a la médula espinal y a los músculos de los dedos. Esta descarga neuronal consume energía. A efectos de suministrar el oxígeno que necesitan las células del cerebro cuando se activan (de un modo bastante similar como el motor del automóvil precisa gasolina para funcionar), la sangre del cerebro que transporta la proteína oxihemoglobina llega enseguida a la corteza motora. Las células del cerebro absorben el oxígeno de esta proteína, que se transforma entonces en desoxihemoglobina, es decir, hemoglobina sin oxígeno. Para la *RMNF*, el factor clave es que la oxihemoglobina y la desoxihemoglobina tienen distintas propiedades magnéticas y se comportan de modo diferente en el campo magnético creado por el imán del escáner de la *RMN*. Además, el torrente sanguíneo que llega al área cerebral activada (en este caso, la corteza motora) excede la cantidad que se necesita, de modo que la proporción de oxihemoglobina y de desoxihemoglobina en sangre cambia cuando se activa un área cerebral dada. Un área activada tiene mayor proporción de oxihemoglobina. Por lo tanto, el nivel de oxigenación de la sangre es un buen indicador de la actividad de un cerebro sano. Gracias a la fortuita combinación de todos estos fenómenos naturales, es posible emplear la *RMNF* de modo no invasivo para rastrear la actividad de todo el cerebro mientras los sujetos realizan una variedad de tareas. La *RMNF* es absolutamente segura y permite estudiar todo el cerebro al mismo tiempo. Tiene una resolución temporal y espacial buena, aunque no ideal (es decir que permite una resolución a escala de unos pocos milímetros de tejido cerebral, sin llegar al nivel unicelular como sucede con los electrodos implantados en los experimentos con los monos, y señala eventos a cerca de un segundo, si no a milisegundos, de la investigación a escala unicelular). La combinación de todos estos factores es lo que vuelve a la *RMNF* tan exitosa en la neurociencia actual.

Con la *RMNF*, el único inconveniente, en verdad, es la absoluta quietud que se precisa de parte del sujeto que está dentro de la máquina. Los movimientos de la cabeza arruinan todo, por razones obvias. Se toleran pequeños movimientos –el *software* los registra y hace compensaciones– pero la quietud es la norma. Sumado a ello, el tubo hueco es un espacio confinado, con tan sólo escasos milímetros entre el rostro y la “pared”, de modo que no hay espacio para colocar un monitor de computadora o una pantalla de proyección convencionales. Si el experimento exige (lo cual es habitual) que los sujetos observen algún tipo de escena o situación, los sujetos son preparados con anteojos de tecnología de avanzada que presentan dos monitores LCD muy pequeños de alta resolución. En general, el sujeto debe permanecer allí cerca de una hora, aunque no sin moverse. Hay muchos descansos, durante los cuales puede moverse apenas. Lo habitual es que todo el experimento, incluido el trabajo preparatorio y el análisis, insuma varias semanas, quizás dos o tres meses. Naturalmente, la conceptualización del experimento puede haber llevado años de idas y venidas y reflexiones y consultas.

Para nuestro experimento con las primeras imágenes sobre el papel que desempeña el sistema de las neuronas espejo de los humanos en la imitación, los sujetos realizaron, imitaron y observaron ciertos movimientos de la mano. Nuestra idea era que durante la imitación, los sujetos *también* observaban y ejecutaban los movimientos imitados, por definición. De allí que esperáramos que las áreas del cerebro que contenían neuronas espejo tuvieran un nivel de actividad aproximado a la suma de la actividad medida durante la ejecución y durante la observación del movimiento. (Antes de comenzar el experimento, tuvimos que idear cómo correlacionar los datos sobre una sola célula registrados en los monos con el patrón esperado de activación de las áreas que contenían neuronas espejo en humanos. Los datos de Parma demostraban con claridad que la descarga de las neuronas espejo mientras los monos realizaban movimientos prensiles era cerca del doble de fuerte

que la descarga que se producía mientras tan sólo observaban a alguien aprehender un objeto. Por lo tanto, esperábamos que la ejecución de la acción activara las áreas de las neuronas espejo de los humanos en aproximadamente el doble que la observación de la acción.) En realidad, hallamos dos áreas cerebrales humanas con tal actividad, y se correspondían armónicamente con los sitios anatómicos de las dos áreas del cerebro de los macacos (el área F5 del lóbulo frontal y el área PF del lóbulo parietal), donde se habían registrado las neuronas espejo en Parma.

Las mencionadas correspondencias anatómicas, que se ilustran en la figura 1, demuestran la continuidad evolutiva entre el sistema de las neuronas espejo del macaco y del hombre. El cerebro del macaco es mucho más pequeño que el del hombre, y su forma es menos compleja. Sin embargo, existen muchas similitudes entre ambos respecto de los relieves (circunvoluciones) y cisuras (surcos) principales. Tales similitudes permiten establecer comparaciones entre ambas especies con relativa facilidad. Ambos cerebros están divididos en hemisferios izquierdo y derecho; esta ilustración muestra el hemisferio derecho, con el frente del cerebro hacia la derecha. Las dos áreas del cerebro anatómicamente similares y bien identificadas que contienen neuronas espejo en los macacos y en los humanos se encuentran en el lóbulo frontal y en el parietal que está detrás de él. Es importante recordar que el lóbulo frontal izquierdo con neuronas espejo es el área de Broca, un área del cerebro humano fundamental para el lenguaje, lo que también respalda la hipótesis evolutiva de que las neuronas espejo pueden ser elementos neuronales críticos en la evolución del lenguaje.

Figura 1. Áreas del cerebro con neuronas espejo en los macacos y en los humanos

Mono macaco Hombre

(PÁGINA 62 DEL ORIGINAL)

Haz lo que digo mas no lo que hago

La imitación es muy potente en la conformación del comportamiento humano. Todos debemos recordarlo, en particular todos aquellos que aún tenemos hijos relativamente pequeños. He notado que, por lo general, la gente le *dice* lo correcto a sus hijos: nunca pierdas la paciencia, siempre ten en cuenta el punto de vista de los demás, entre otras frases. Pero la pregunta es: ¿Hacemos lo que decimos? En ciertos casos me encuentro dándole como ejemplo a mi hija el comportamiento exacto que le indico no adoptar. En estas situaciones, me temo que ella absorberá más lo que hago que lo que le digo que no debe hacer, porque el cerebro infantil es excesivamente bueno en recoger comportamientos de otras personas a través de la imitación. (A medida que el niño crece, esas formas de imitación se volverán mucho más complejas que las mímicas básicas que se observan en los niños muy pequeños, según ya se describió, y que los comportamientos imitativos de los niños más grandes, tal como se explica en los párrafos que siguen. Estas formas “superiores” y más complejas de imitación son el tema de un amplio análisis posterior.)

Inclusive los niños pequeños parecen estar muy bien sintonizados como para captar el *objetivo* del comportamiento de otras personas, tal como demostraron Harold Bekkering y sus colegas del Instituto Max Planck de Munich en un inteligente experimento con niños en edad preescolar. En él, a los niños se les indicaba nada más que iban a jugar con un adulto. Cuando el juego comenzaba, las instrucciones del adulto eran simples: “Hagan lo

que yo hago”. En ocasiones, el adulto se tocaba la oreja izquierda o derecha con la mano del mismo lado (movimiento “ipsilateral”), y, otras veces, con la mano del lado opuesto (movimiento “contralateral”). Por momentos el adulto utilizaba ambas manos al mismo tiempo para tocar la oreja del mismo lado, y a veces ambas manos para tocar la oreja del lado opuesto. Los niños se equivocaban, sobre todo cuando debían imitar un movimiento de la mano que tocaba la oreja opuesta. En estos casos, a menudo se tocaban la oreja correcta pero con la mano equivocada, es decir, con la mano del mismo lado de la oreja.

¿Podía ser que los niños tuvieran problemas en realizar un movimiento con la mano que cruzara la línea media del cuerpo? No, porque cuando imitaban movimientos con ambas manos, no cometían casi ningún error, aun cuando estuvieran imitando movimientos de la mano tocando las orejas opuestas. Era claro que los niños no tenían problemas en hacer el movimiento de la mano que llegaba a la oreja opuesta. No obstante, cuando se trataba sólo de una mano y una oreja, se equivocaban. ¿Qué sucedía? Era un rompecabezas interesante. Los errores de los niños tenían sentido sólo si estuvieran priorizando, creando una jerarquía especial, una estimación de lo verdaderamente importante cuando uno imita a otros. Y a los niños debe haberles parecido que lo principal era el *objetivo* del movimiento de la mano, es decir, la *oreja específica* que debían tocar. Al concentrarse en tal objetivo, ellos tocaban la oreja que debía tocarse, sólo que con la mano equivocada, quizás porque estaba más cerca de la meta. Cuando los adultos usaban ambas manos y se tocaban ambas orejas, los niños no necesitaban pensar qué oreja tenían que tocar (de hecho, se tocaban ambas) y, entonces, podían prestar atención a los movimientos de las manos.

Para probar aun más la hipótesis de que lo fundamental para los niños era el objetivo evidente del movimiento, Bekkering y sus colegas condujeron un segundo experimento en el que limitaron los movimientos de la mano al tocar una sola oreja. Algunos niños fueron expuestos sólo a toques dirigidos a la oreja izquierda, y a otros se les mostraron nada más que toques de la oreja derecha. Bekkering y sus colegas consideraban que, con esta configuración, habían eliminado el problema de que los niños tuvieran que elegir la oreja. Sin dicho problema, podían hacer que imitar la mano que tocaba fuera el objetivo principal del juego. De hecho, ello es lo que sucedió. Cuando “se jugaba” con una oreja sola, los niños imitaban casi a la perfección, con cualquiera de las manos que se indicaran. El movimiento en esta configuración –el movimiento contralateral de la mano que cruza la línea media del cuerpo para tocar la oreja opuesta– era idéntico al movimiento que había causado la confusión al principio, pero en esta versión más simple de la tarea, la meta de la acción era siempre la misma, lo que ayudaba al desempeño imitativo de los niños.

En su ensayo final, Bekkering y sus colegas estudiaron a otro grupo de niños con un juego más. Esta vez, querían averiguar si podía imitarse correctamente el movimiento de la misma mano de acuerdo con cómo el niño representara el objetivo de la acción. En esta configuración, el adulto se sentaba de un lado de la mesa y el niño, del lado opuesto. Para el movimiento ipsilateral, el adulto extendía la mano izquierda o derecha por encima de la mesa y la colocaba en un lugar específico del mismo lado del cuerpo. En el caso del movimiento contralateral, el adulto extendía la mano por encima de la mesa y la colocaba en un lugar específico del lado opuesto del cuerpo. Aquí también, a los niños sólo se les decía: “Hagan lo mismo que yo”. Y lo hacían, e imitaban satisfactoriamente ambos tipos de movimientos con las manos izquierda y derecha. Hasta aquí, todo bien. Sin embargo, en la sesión posterior, se colocaban dos puntos rojos en la mesa, en los mismos lugares donde los adultos habían puesto la mano durante la sesión anterior. Una vez más, los adultos realizaban los movimientos con las manos. Esta vez, las ubicaban sobre los puntos. Repetían la instrucción “hagan lo mismo que yo” y los niños comenzaban a cometer errores cuando debían imitar los movimientos contralaterales. De hecho, este error era el

mismo que cometían al imitar los movimientos de la mano que tocaba las orejas del primer experimento. Al tener que imitar los movimientos contralaterales, los niños cubrían el punto correcto, pero con la mano equivocada.

La explicación es ahora clara: la presencia del punto había modificado la meta de este extraño juego. Para el cerebro de los niños, la meta del juego de imitación era ahora “cubrir el punto”, y la manera más directa de hacerlo era con la mano del mismo lado del punto. En la sesión de imitación sin el punto, el movimiento de la mano en sí era la meta de la acción observada, lo cual explica por qué los niños imitaron el movimiento a la perfección en esa oportunidad.

Estos juegos de imitación realizados por Bekkering y sus colegas nos demuestran que la codificación de la meta de la acción observada es el factor principal que impulsa el comportamiento imitativo en los preescolares. Es probable que tal imitación, así orientada, esté impulsada por la actividad de las neuronas espejo, aun en los niños. Luego, Bekkering y sus colaboradores ampliaron este trabajo a sujetos adultos y realizaron un experimento similar al de los puntos de la mesa que había inducido los errores en los preescolares, pero con adultos. Obviamente –y gracias al cielo– los adultos no cometieron errores, pero lo interesante es otra cosa: el análisis de los *tiempos de respuesta* de los adultos demostró un patrón similar al patrón de los errores cometidos por los niños, es decir que existe una pequeña demora al realizar el movimiento contralateral, lo que indica que la codificación de las metas continúa siendo el factor principal en la imitación adulta.³³

¿En qué se relacionan estos experimentos con las neuronas espejo? En todo, porque estas neuronas parecen ser las ideales para ejecutar esta forma de imitación enraizada en objetivos. Tal como vimos en el primer capítulo, aun las neuronas espejo de los macacos parecen mucho más interesadas en la meta del movimiento que en el movimiento en sí.

Mi grupo de la UCLA, inspirado en los juegos de imitación que realizó con niños, se unió entonces a Bekkering y uno de sus colegas, Andreas Wohlschläger, para realizar un experimento de captura de imágenes cerebrales en adultos. Tal como en los juegos, los sujetos miraban e imitaban movimientos ipsilaterales y contralaterales de los dedos; en algunos casos, el dedo se colocaba en un punto rojo. A los sujetos sólo se les indicaba que observarían e imitarían los movimientos del dedo índice. No se mencionaban los puntos. Nuestra hipótesis era que el cerebro de los sujetos codificaría “cubrir el punto” como la meta de la acción. Así, sus neuronas espejo, más interesadas en las metas que en las meras acciones, deberían mostrarse más activas cuando los sujetos imitarían los movimientos del dedo para cubrir el punto. En realidad, eso fue lo que averiguamos: el área de las neuronas espejo del lóbulo frontal que corresponde al área de Broca registró una actividad mucho más alta mientras los sujetos imitaban los movimientos que cubrían los puntos, en comparación con aquellos movimientos que no los cubrían, aun cuando ambos movimientos fueran idénticos.³⁴

Luego, nos volcamos a otra forma de imitación que también es fuertemente prevalente en los niños pequeños, según lo confirmaron hace casi cuarenta años los psicólogos Seymour

³³ Gleissner, B., A. N. Meltzoff y H. Bekkering, “Children’s coding of human action: Cognitive factors influencing imitation in three-years olds”, *Developmental Science*, 3, 2000, pp. 405-414; Bekkering H., A. Wohlschläger y M. Gattis, “Imitation of gestures in children is goal-directed”, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, A, 53, 2000, pp. 153-164; Wohlschläger A. y H. Bekkering, “Is human limitation based on a mirror-neurone system? Some behavioral evidence”, *Experimental Brain Research*, 143, 2002, pp. 335-341.

³⁴ Koski, L., A. Wohlschläger, H. Bekkering *et al.*, “Modulation of motor and premotor activity during imitation of target-directed actions”, *Cerebral Cortex*, 12, 2002, pp. 847-855.

Wapner y Leonard Cirillo. En este estudio, uno de los experimentadores impartía la instrucción habitual a un grupo de niños: “Hagan lo mismo que yo”. Luego, levantaba la mano derecha. Los niños más pequeños del experimento –por ejemplo, de primer grado– levantaban la mano izquierda, imitando al adulto como si estuvieran frente a un espejo. En los niños mayores –digamos, los que están en los primeros años de la escuela secundaria– este instinto de imitación en espejo desaparecía. Levantaban la mano anatómicamente correcta. En la UCLA, pensábamos que si las neuronas espejo son células cerebrales críticas en la imitación –y, en especial, en el desarrollo–, aun en adultos deberían mostrar la “preferencia” revelada *no* por los niños más grandes, de los primeros años de la escuela secundaria, sino por los más pequeños. Incluso en el cerebro adulto, deberían reflejar con fidelidad las tendencias de comportamiento de los niños pequeños. Para averiguarlo, configuramos un experimento de captura de imágenes cerebrales en el cual sujetos adultos debían imitar movimientos de los dedos, pero sólo con la mano derecha. Sin embargo, en algunos casos, imitarían con la mano derecha movimientos observados de los dedos de la mano *izquierda*, es decir, deberían imitar como si estuvieran frente a un espejo. Nuestra hipótesis era que en estos casos las neuronas espejo estarían mucho más activas. Y así fue. En realidad, se activaron cuatro veces más durante la imitación en espejo en comparación con la imitación anatómicamente correcta, aunque los movimientos del dedo fueran idénticos en ambos casos.³⁵

La imitación en los niños pequeños está orientada por metas y se realiza “como si estuvieran frente al espejo”. De ello tenemos seguridad. Ahora bien, la pregunta era cómo reunir estos dos aspectos de la imitación desde la perspectiva conceptual. En síntesis, ¿cuál es el *objetivo* de imitar como si se estuviera frente a un espejo? Podemos comenzar por la observación de que dos personas frente a frente que se imitan como si se encontraran frente a un espejo utilizan el mismo sector del espacio. Cuando usted y yo nos miramos de frente y nos imitamos, mi mano derecha se halla en el mismo sector del espacio que su mano izquierda. “Compartimos” este mismo espacio y, por lo tanto, literalmente nos acercamos. Creo que uno de los objetivos principales de la imitación puede ser, precisamente, la posibilidad de tener una “intimidad” corporeizada entre el yo y los otros en las relaciones sociales. La tendencia de la imitación y de las neuronas espejo a volver a capturar tal intimidad puede representar una forma más primaria y originaria de intersubjetividad a partir de la cual el yo y el otro cobran forma. (Ampliaremos este tema en detalle más adelante.)

De hecho, existen estudios sobre las formas inconscientes de imitación durante las interacciones naturalistas, realizados mucho antes del descubrimiento de las neuronas espejo, que respaldan estos conceptos. En un estudio sobre posturas, la psicóloga Marianne LaFrance observó las posiciones del brazo y del torso en estudiantes y maestros durante horas de clase habituales, y clasificó las posturas imitativas como mímicas (es decir, con el brazo anatómicamente correcto: brazo derecho del maestro, brazo derecho del alumno) o especulares (brazo izquierdo del maestro, brazo derecho del alumno). Cuando LaFrance estableció la correlación del vínculo de afinidad general en el aula con la imitación inconsciente de las posturas de los maestros, descubrió que a mayor afinidad, mayor *espejularidad* en contraste con la mímica. En otro estudio, también se consideró que la espejularidad percibida en las interacciones cara a cara expresaba más solidaridad, compromiso y “sensación de unión”. En este caso, los sujetos observaban pares de fotos que mostraban interacciones cara a cara en las que las personas están inclinadas ya sea en

³⁵ Wapner S. y L. Cirillo, “Imitation of a model’s hand movement: Age changes in transposition of left-right relations”, *Child Development*, 39, 1968, pp. 887-894; Koski, L., M. Iacoboni, M. C. Dubeau *et al.*, “Modulation of cortical activity during different imitative behaviors”, *Journal of Neurophysiology*, 89, 2003, pp. 460-471.

direcciones opuestas (ambos hacia su lado izquierdo, por ejemplo) o en la misma dirección (hacia su izquierda uno, hacia su derecha el otro). Se encontró que las fotos que mostraban a personas inclinadas hacia la misma dirección expresaban más cercanía que las fotos de las personas inclinadas hacia lados opuestos.³⁶

Una vez más, y aun cuando es prácticamente imposible obtener datos de captura de imágenes cerebrales en estos contextos naturalistas, la hipótesis del compromiso de las neuronas espejo en el reflejo especular espontáneo de la gente tiene sentido, en especial a la luz de los datos proporcionados por la captura de imágenes cerebrales sobre la imitación con fines específicos y la imitación en espejo. La intimidad del yo y el otro que facilitan la imitación y las neuronas espejo puede ser el primer paso hacia la empatía, uno de los pilares de la cognición social, tal como veremos en el capítulo 4. El estudio del desarrollo humano temprano también revela de qué modo la imitación está profundamente vinculada con el desarrollo de importantes habilidades sociales, por ejemplo, comprender que otras personas tienen sus propios pensamientos, creencias y deseos. Si la imitación es tan esencial para el desarrollo de estas habilidades sociales, las neuronas espejo que permiten la imitación deben serlo también.³⁷ En el primer capítulo, hablé sobre los datos unicelulares de los monos, que demuestran que las neuronas espejo codifican la intención asociada con la acción que se observa. Ahora consideraremos lo que nos muestran las imágenes del cerebro de los humanos que avalan la misma conclusión.

Harry Potter y el profesor Snape

El 10 de enero de 2006, la escritora Sandra Blakeslee, especializada en temas científicos, publicó un artículo sobre las neuronas espejo en *The New York Times*. Se titulaba “Las células que leen la mente”. Supongo que Blakeslee o sus editores querían destacar una de las consecuencias más sorprendentes del descubrimiento de las neuronas espejo. Sus propiedades fisiológicas relativamente simples nos permiten comprender los estados mentales de otras personas, una capacidad que siempre fue percibida como un tanto elusiva. La expresión más popular para hacer referencia a esta capacidad es “leer la mente”. Estimo que esta expresión ya está cargada de supuestos específicos e incorrectos acerca del proceso que intentamos comprender. La frase “lectura de la mente” sugiere de manera implícita que nuestra comprensión de los estados mentales de los otros requiere el empleo de pensamientos deductivos o simbólicos. De hecho, tal ha sido el supuesto dominante entre los científicos interesados en la facultad cognitiva de comprender los estados mentales de los otros.

Según la visión dominante, nosotros (desde la niñez) comprendemos los estados mentales de otras personas utilizando el mismo enfoque que los científicos utilizan para entender los fenómenos naturales. Después de observar el comportamiento de los demás, construimos teorías sobre sus estados mentales, tal como los físicos elaboran teorías acerca de los

³⁶ Hatfield *et al.*, *Emotional Contagion*; Bavelas J. B., A. Black, N. Chovil *et al.*, “Form and function in motor mimicry: Topographic evidence that the primary function is communication”, *Hum Comm Resign*, 14, 1988, pp. 275-299; LaFrance, M., “Posture mirroring and rapport”, en Davis, M. (ed.), *Interaction Rhythms: Periodicity in Communicative Behavior*, Nueva York, Human Sciences Press, 1982, pp. 279-298.

³⁷ Rogers, S. J. y B. F. Pennington, “A theoretical approach to the deficits in infantile autism”, *Developmental Psychology*, 3, 1991, pp. 137-162; Whiten, A. y J. D. Brown, “Imitation and the reading of other minds: Perspectives from the study of autism, normal children and non-human primates”, en S. Braten (ed.), *Intersubjective Communication and Emotion in Early Ontogeny*, Cambridge, Cambridge University Press, 1999, pp. 260-280, Williams J. H., A. Whiten, T. Suddendorf *et al.*, “Imitation, mirror neurons and autism”, *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 25, 2001, pp. 287-295.

sistemas físicos. Luego, buscamos pruebas que respalden la teoría. Si las pruebas no respaldan la teoría, modificamos la teoría, y quizás hasta creamos una nueva. Por ejemplo, si vemos que alguien llora después de caer, teorizamos que el llanto expresa dolor. Sin embargo, más tarde podemos ver que alguien llora al recibir una distinción prestigiosa, lo que nos lleva a modificar nuestra teoría sobre el llanto y los estados mentales y emocionales relacionados con él. Este modelo de comprensión de los estados mentales de otras personas se denomina, en la jerga científica, “teoría de la teoría” (quizás algo confuso) porque la comprensión de los estados mentales de las otras personas es algo similar a la teoría científica: tales estados no pueden observarse en forma directa, pero el comportamiento de los otros puede predecirse sobre la base de una serie de leyes causales que aúnan percepciones, deseos y creencias, decisiones y actos.

Siempre creí que este modelo de la manera de entender las mentes de los otros es demasiado complejo y, no por coincidencia, peligrosamente similar a la forma en que la gente que lo propone (los académicos, claro está) tienden a pensar. Baso mis dudas sobre la teoría de la teoría en la observación directa de que comprendemos los estados mentales de los demás en forma casi continua, a menudo sin prestar demasiada atención. En mis seminarios, cuando quiero presentar el concepto de que la naturaleza puede haber diseñado un modo mucho más simple y mucho menos laborioso de comprender los estados mentales de nuestros compañeros de ruta, recorro a una conversación entre Harry Potter y el profesor Severus Snape tomada de *Harry Potter y la Orden del Fénix*, el quinto libro de la saga. (Al igual que la mayoría de los padres, supongo, comencé a leer la serie a pedido de mi hija y pronto me volví adicto por iniciativa propia.) En esta escena, Lord Voldemort, un mago muy malvado, intenta penetrar en los pensamientos de Harry a fin de obtener importante información para sus diabólicos planes. El Profesor Snape debe enseñar a Harry el arte de la oclumancia, es decir, la habilidad de impedir que otros entren en nuestros pensamientos.

“El Señor de las Tinieblas es sumamente hábil en [...] extraer sentimientos y recuerdos de la mente de otra persona”, dice el Profesor. Harry está muy sorprendido y entusiasmado. “¿Quiere eso decir que puede leer el pensamiento?” “Qué poca sutileza tienes, Potter [...] Sólo los *muggles* hablan de ‘leer el pensamiento’. La mente no es ningún libro...”*

Aunque a mí Snape no me gusta nada, debo confesar que su respuesta a Harry sintetiza bien mi posición sobre la discusión acerca de comprender otras mentes. La mente no es un libro. No creo que “leamos” los pensamientos de los demás, y ya no deberíamos emplear términos que contienen sesgos sobre la manera en que pensamos acerca de tal proceso. Sí leemos el mundo, pero no leemos la mente de los demás en el sentido habitual en que se utiliza esta frase.

Considero que no necesitamos sobrecargar el cerebro con complejos pensamientos deductivos sobre por qué la gente hace lo que hace o va a hacer dentro de un minuto, en especial para la más o menos permanente comprensión de los simples actos cotidianos de nuestros pares humanos. Todo el tiempo tenemos gente a nuestro alrededor. No podríamos manejar esto si tuviéramos que ser científicos, como Einstein, y analizar a cada una de las personas que nos rodean. Tampoco yo era el único en sostener mi oposición a la teoría de la teoría. Cuando era el modelo dominante en el campo de la psicología del desarrollo –

* La cita pertenece a la edición en español: J. K. Rowling, *Harry Potter y la Orden del Fénix*, trad. de Gemma Rovira Ortega, Barcelona, Salamandra, 2004.

mucho antes de que se descubrieran las neuronas espejo— surgió una minoría de académicos que propuso una alternativa denominada teoría de la simulación. Dicha teoría sostiene que entendemos los estados mentales de los otros simulando, literalmente, estar en la situación del otro. Existen dos variaciones de esta idea, una más radical que la otra. La versión moderada sostiene que la simulación de estar en la situación de otra persona es un proceso cognitivo, deliberado y que requiere esfuerzo, mientras que la variación más radical afirma que simulamos lo que hacen los demás de una manera automática y bastante inconsciente. En este tema me declaro radical, dado que la forma automática e inconsciente de simulación es coherente con lo que sabemos sobre las neuronas espejo.³⁸

Después del descubrimiento de dichas neuronas, la popularidad de la teoría de la teoría en tanto explicación de cómo comprender otras mentes declinó abruptamente. En cambio, se registró un tremendo crecimiento de la aceptación de la postura de la simulación. No obstante, los datos empíricos que demuestran que las neuronas espejo codifican las intenciones asociadas con los movimientos observados no existían hasta hace poco. El primero de tales estudios fue un experimento en colaboración entre mi laboratorio y los neurofisiólogos de Parma, en particular Giacomo Rizzolatti y Vittorio Gallese. Hacía tiempo habíamos concebido la idea experimental, cuando estuvimos en Creta para uno de los primeros encuentros, en el otoño de 1999. El artículo donde se informan nuestros resultados se publicó en 2005. Nos llevó un tiempo diseñar el experimento. Las intenciones son algo escurridizo para ser estudiadas mediante la investigación empírica. Ustedes van a reconocer este experimento: lo mencioné brevemente en las primeras páginas. Regresamos a las tazas de té.

Aprender la mente de los otros

La forma en la que procedimos fue conceptualmente similar al experimento de “asir para comer o asir para colocar” que Leo Fogassi realizó con los monos y que expliqué en el capítulo 1. (En realidad, el experimento de captura de imágenes que llevamos a cabo precedió e inspiró al de Fogassi.) La idea inicial que teníamos en mente era que el mismo movimiento puede estar asociado a distintas intenciones. Podemos tomar una taza por muchos motivos. Puede decirse que los dos más frecuentes son para beber o para colocarla en el lavavajilla. Por lo general, el contexto ofrece pautas al observador sobre la intención más probable. Por ejemplo, si acabamos de comenzar a disfrutar del desayuno y veo que mi esposa está por tomar su taza, es probable que lo haga para beber. Sin embargo, si recién terminamos de comer y ella toma la taza mientras se pone de pie, es probable que lo haga para colocarla en el lavavajilla. Es cierto que podría beber un último sorbo. No obstante, este resultado es menos probable que el de colocar la taza en el lavavajilla, sobre la base del contexto en el cual mi esposa realiza la acción.

Si las neuronas espejo responden sólo al movimiento prensil, en el fondo el contexto no importa. De hecho, tampoco importa si hay contexto. Asir algo es tan sólo eso, con contexto o sin él. Si, por otra parte, las neuronas espejo responden a la intención que se asocia al movimiento observado, tal como sucede en los monos, el contexto influiría en la

³⁸ Gallese, V. y A. Goldman, “Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading”, *Trends in Cognitive Science*, 2, 1998, pp. 493-501; Carruthers, P. y P. Smith, *Theories of Theories of Mind*, Cambridge, Cambridge University Press, 1996; Goldman A. I., “Imitation, mind reading, and simulation”, en Hurley S. y N. Chater (eds.), *Perspectives on Imitation: From Neuroscience to Social Science; Volume 2: Imitation, Human Development, and Culture*, Cambridge, MIT Press, 2005, pp. 79-94; Gordon, R. M., “Intentional agents like myself”, en Hurley y Chater, *Perspectives on Imitation, Volume 2*, pp. 95-106; Goldman, A. *Simulating Minds: The Philosophy, Psychology, and Neuroscience of Mindreading*, Nueva York, Oxford University Press, 2006.

actividad de tales neuronas. Desde esta perspectiva lógica, diseñamos un experimento de captura de imágenes cerebrales en el que los sujetos veían una serie de videoclips. Un tipo de video, al que denominamos Acción, mostraba nada más que una mano que tomaba una taza sin ningún contexto. Se presentaban distintos tipos de acciones prensiles, pero ninguna tenía contexto y no se mostraba qué sucedía después de que la mano tomaba la taza. Otro tipo, al que llamamos Contexto, mostraba una escena que tenía varios objetos: una tetera, galletas dulces, un jarro para beber, entre otros. (A estos videos de Contexto les dimos un toque italiano con un frasco de Nutella, la sabrosa crema de avellanas italiana.) En una escena de Contexto, todo estaba muy prolijamente dispuesto, lo que sugería que alguien estaba a punto de sentarse a tomar el té. En el otro caso, la escena se veía bastante desprolija, llena de migas y con una servilleta sucia, lo que indicaba que alguien acababa de tomar el té. En estas escenas de Contexto no sucede nada de nada: no hay ninguna acción, sólo contexto. En el tercer tipo de video, al que llamamos Intención, unimos los elementos de los dos primeros. Los sujetos observaban una mano que tomaba una taza, como en el video de Acción, pero esta vez la acción prensil se realizaba en la escena prolija o desprolija que sugería un contexto, como en los videos de Contexto.

Las predicciones relacionadas con este experimento eran relativamente simples: si las neuronas espejo sólo codifican la acción prensil observada, la actividad de las áreas donde hay neuronas espejo debería ser equivalente en el caso de los videos de Acción y de los de Intención. Si, por otra parte, las neuronas espejo codifican las intenciones asociadas con la acción que se observa, la actividad de las áreas donde hay neuronas espejo debería ser mayor en el caso de los videos de Intención que en el caso de los videos de Acción, y posiblemente fuera diferente entre ambos videos de Intención.

Los resultados respaldaron la hipótesis de que las neuronas espejo codifican las intenciones. Se registró mayor actividad en el área frontal de las neuronas espejo mientras los sujetos observaban las acciones prensiles que se realizaban en alguno de los dos contextos, en contraste con la acción prensil sin contexto. Asimismo, se registró más actividad mientras los sujetos observaban la acción prensil del contexto que sugería beber, en comparación con la acción prensil del contexto que sugería limpiar. Este resultado también tenía sentido, dado que beber es una intención mucho más primaria que limpiar.³⁹

Estos resultados sustentan con claridad el modelo de simulación al que responde nuestra capacidad de entender las intenciones de otras personas. Las células cerebrales que se activan al lograr nuestras propias intenciones también se activan cuando distinguimos entre diferentes intenciones asociadas con las acciones que hacen los demás. La forma de simulación que permiten las neuronas espejo es quizás la variación más automática del modelo, la que exige mínimo esfuerzo. Las neuronas espejo se encuentran en la parte del cerebro que es importante para el comportamiento motor, cerca de la corteza motora primaria, que envía señales eléctricas directamente a los músculos. Este tipo de célula parece no tener nada que ver con la pantomima deliberada, laboriosa y cognitiva de ponerse en la situación de otra persona.

¿Pero cómo predicen en realidad las neuronas espejo el movimiento posterior al observado? ¿De qué modo nos permiten entender la intención asociada con el movimiento? Mi hipótesis es la siguiente: nosotros activamos una cadena de neuronas espejo, de modo tal que estas células pueden simular una secuencia completa de acciones simples –alcanzar una taza, tomarla, llevarla a la boca– lo cual es, nada más ni nada menos, la simulación que se produce en el cerebro de la intención del ser humano que estamos observando. Un

³⁹ Iacoboni, M., I. Molnar-Szakacs, V. Gallese *et al.*, “Grasping the intentions of others with one’s own mirror neuron system”, *PLoS Biology* 3, 2005, pp. e79.

subtipo fundamental de neuronas espejo para esta hipótesis son las células que se describen en el primer capítulo como neuronas espejo “lógicamente relacionadas”. Se activan no a causa del mismo movimiento, sino de otros que están lógicamente relacionados, tales como, en los experimentos con monos, “asir con la mano” y “llevar a la boca”. Es probable que sean elementos neuronales clave para entender las intenciones asociadas con el movimiento que se observa. Yo veo que usted toma una taza mediante una prensión y ello activa mis neuronas espejo de la prensión. Hasta aquí, sólo simulo un movimiento prensil. Sin embargo, dado que el contexto sugiere beber, se sucede el disparo de otras neuronas espejo: mis neuronas espejo “lógicamente relacionadas” que codifican el movimiento de llevar la taza a la boca. Al activar esta cadena de neuronas espejo, el cerebro puede simular las intenciones de los demás. En palabras de Gallese: “es como si el otro se transformara en otro yo”. O en palabras de Merleau-Ponty: “es como si la intención del otro habitara mi cuerpo, y la mía, el del otro”.⁴⁰ Las neuronas espejo nos ayudan a simular en el cerebro las intenciones de los demás, lo que nos brinda una amplia comprensión de sus estados mentales.

¿Pueden estas neuronas ayudarnos también a comunicarnos con los demás facilitándonos el reconocimiento y la comprensión de los gestos que utilizamos al hablar? ¿Es posible que las neuronas espejo hayan desempeñado una función más importante en la comunicación, como si hubieran sido los precursores evolutivos de los sistemas neuronales que nos permiten comunicarnos mediante el lenguaje? La respuesta es sí, y vamos a explorar el modo en el siguiente capítulo.

3

Aprehender el lenguaje

Si el lenguaje le fue dado al hombre para ocultar sus pensamientos, luego, el propósito del gesto fue revelarlos.

John Napier⁴¹

¿Ves lo que digo?

Miro a mi hija mientras habla por teléfono con una amiga. Mueve los brazos y las manos muy activamente, con los movimientos espontáneos que todos hacemos al hablar. Inclusive tenemos un término para denominarlos: “gestos”. Pero, ¿por qué hace gestos cuando habla por teléfono? Después de todo, la amiga no la ve. Mi hija no es la única: aunque sabemos que los gestos no se ven, todos tendemos a gesticular cuando hablamos por teléfono. En realidad, gesticulamos cuando hablamos con una persona ciega, y las personas ciegas de nacimiento también gesticulan cuando hablan, aunque *nunca vieron* gesticular a otras personas.

¿Extraño? No tanto. En su libro *Hand and mind*, David McNeill sostiene que “los gestos y el lenguaje conforman un solo sistema”, que “los gestos constituyen una parte integral del

⁴⁰ Gallese, V., “Intentional attunement: A neurophysiological perspective on social cognition and its disruption in autism”, *Brain Research*, 1079, 2006, pp. 15-24; Merleau-Ponty, M., *Phenomenology of Perception*, Londres, Routledge, 1945.

⁴¹ Napier, J., *Hands*, Nueva York, Pantheon Books, 1980.

lenguaje, tanto como las palabras, las frases y las oraciones”.⁴² Obsérvese que McNeill se refiere a los movimientos espontáneos de los brazos y de las manos que son exclusivos del hablante –gestos– y no al tipo fijo de signos que se hacen con la mano como el de “ok”, a los que denominamos “emblemas”. Cuando no hallamos la palabra adecuada para expresarnos, los gestos con las manos pueden ayudarnos a recuperar el término perdido. En otras ocasiones, los gestos brindan información que las palabras mismas no transmiten. Por ejemplo, los niños a menudo emplean un formato doble para explicar los conceptos matemáticos que están aprendiendo. Un procedimiento para resolver problemas se expresa con palabras, y uno diferente, con gestos. De hecho, esta falta de correlación entre las palabras y los gestos indica una fase transicional esperada del proceso de aprendizaje. Digamos que una niña tiene que resolver el problema de $5 + 4 + 3 = _ + 3$. Su respuesta verbal incorrecta (“Sumé 5, 4, 3 y 3 y me dio 15”) puede no revelar ninguna noción del concepto de ecuación. Sin embargo, si su mano se desplaza por el lado izquierdo de la ecuación, se detiene, y luego se mueve hacia el lado derecho de la ecuación, el movimiento revela que su mente está comenzando a captar el concepto de que una ecuación tiene dos lados que están separados pero que guardan cierta relación. Otro ejemplo son las denominadas tareas de conservación que desarrolló Jean Piaget para explorar de qué modo los niños desarrollan ciertos conceptos. En la tarea de cantidad de líquido, el experimentador vierte agua de un vaso a un bol. En general, el vaso es alto y relativamente angosto, mientras que el bol es corto y ancho. Se pregunta a la niña si el bol contiene la misma cantidad de agua que el vaso y se le pide que justifique su respuesta. Cuando la niña contesta, erróneamente, que hay menos agua en el bol porque el nivel del agua del vaso es más alto, puede formar una C pequeña con la mano para indicar el vaso angosto y una C más ancha para indicar el bol, más ancho. A medida que sus palabras se centran sólo en la diferencia de altura entre el vaso y el bol, las manos enfatizan el mayor ancho compensatorio del bol, en comparación con el del vaso. Con las manos, se aproxima a la idea y pronto vendrán las palabras.

La falta de correlación entre las palabras y los gestos parece indicar una copiosa actividad mental que favorece la incorporación de nuevos conceptos en los jóvenes aprendices.⁴³ Existen muchos trabajos de investigación que lo confirman. Por lo general, aunque no siempre, los gestos llegan “antes” que las palabras cuando se presenta esta falta de correlación en la niñez. Tal como en el ejemplo de la ecuación, los gestos tienden a expresar los conceptos más avanzados. Facilitan el aprendizaje. (Cuando cuentan, los niños se ayudan con gestos deícticos, en especial si los realizan ellos mismos.) De hecho, quienes presentan esta falta de correlación muestran una capacidad superior para generalizar el conocimiento y los conceptos que hayan adquirido recientemente que quienes se “saltean” esta etapa, es decir, los niños que pasan de las explicaciones con correlación incorrecta entre las palabras y los gestos directamente a explicaciones con una correlación correcta.

Asimismo, los niños son muy sensibles a los gestos de sus maestros. En los problemas de matemática, los niños tienen más tendencia a repetir en forma correcta un procedimiento cuando el discurso del maestro se correlaciona con los gestos, en comparación con la ausencia absoluta de gestos. Así, los gestos que acompañan al discurso juegan un doble papel: ayudan a los hablantes a expresar sus pensamientos y ayudan a los oyentes/espectadores a entender lo que se está diciendo. Se deduce entonces que, si el

⁴² McNeill, D., *Hand and mind: What gestures reveal about thought*, Chicago, University of Chicago Press, 1992.

⁴³ Goldin-Meadow, S., “When gestures and words speak differently”, *Curr Dir Psychol Sci*, 6, 1997, pp. 138-143; Goldin-Meadow, S., “The role of gesture in communication and thinking”, *Trends in Cognitive Science*, 3, 1999, pp. 419-429.

maestro hace gestos que no se condicen con el discurso, se obstaculiza el aprendizaje. De hecho, los niños tienen menos probabilidades de repetir un procedimiento correctamente cuando el discurso del maestro se ve acompañado de un gesto inadecuado, en comparación con la ausencia absoluta de gestos. Consideremos al maestro que explica el concepto de ecuación mientras señala cada número de ambos lados de la ecuación con una serie de gestos manuales similares a los que habitualmente usan los niños al resolver un simple problema de suma. Este error sólo alienta a los alumnos a cometer el error de la niña del ejemplo anterior: sumar todos los números de ambos lados de la ecuación. En su lugar, los gestos del maestro deben describir en forma visual ambos lados de la ecuación, quizás haciendo un gesto de paréntesis con la mano izquierda para el lado izquierdo y el mismo gesto con la mano derecha para el lado derecho. Ello podría marcar una diferencia al enseñar a niños pequeños (aunque finalmente lo van a aprender como corresponde).

De adultos, nuestros gestos son particulares, pero, la mayoría, de todos modos, se divide en dos categorías: “icónicos” y “rítmicos”. Los gestos icónicos reflejan el contenido del discurso al que acompañan. Cuando una persona describe verbalmente cómo se sirve el vino mientras parece asir algo con la mano y sube y rota el brazo en cerca de noventa grados a la altura del codo, eso es un gesto icónico. Por otra parte, los gestos rítmicos no reflejan ni específica ni visualmente lo que se dice. Son movimientos rítmicos de la mano que parecen casi marcar el tiempo musical al compás del habla. Podría llegarse a la conclusión de que tenemos menos probabilidad de utilizar gestos icónicos cuando hablamos por teléfono o en alguna otra situación en la que el oyente no nos vea, mientras que el empleo de los gestos rítmicos no se vería mayormente afectado. Martha Alibali y colegas investigaron este tema mediante un recurso experimental simple. Observaron los gestos espontáneos de los hablantes que relataban la historia de un dibujo animado a un oyente. En una configuración, había una pantalla que separaba al hablante del oyente; en la otra, ambos estaban enfrentados. Los resultados confirmaron la hipótesis: la presencia de la pantalla afectó sólo los gestos icónicos, los cuales eran realizados por los hablantes con una frecuencia mucho menor porque sabían que los gestos no se verían. En cambio, la frecuencia de los gestos rítmicos no se vio afectada en absoluto por la presencia o ausencia de la pantalla.⁴⁴

Otra forma de explicar este punto: los gestos rítmicos parecen ser más útiles al hablante, mientras que los icónicos se realizan sobre todo para beneficiar al oyente/espectador. Si tal razonamiento es correcto, podemos efectuar una predicción simple respecto de la actividad cerebral, en especial la actividad de las neuronas espejo. La hipótesis de que las neuronas espejo facilitan la comunicación prevé que su activación debería ser mayor durante la observación de los gestos icónicos, los cuales facilitan la comunicación y la comprensión, que al observar los gestos rítmicos, que son menos útiles para el observador. De hecho, esto es exactamente lo que descubrimos en un experimento con rMNF dirigido por Istvan Molnar-Szakacs, en ese momento un estudiante de grado que trabajaba en mi laboratorio. Para realizar el experimento, se solicitó a una participante que observara una historieta y que luego narrara lo que sucedía mientras la filmábamos. Mostramos la filmación a sujetos en el escáner MRI y hallamos que las áreas cerebrales con neuronas espejo (según se aprecia en la figura 1, aunque se muestran sólo las del hemisferio izquierdo) se activaban cuando la narradora hacía gestos icónicos, mientras que, cuando realizaba gestos rítmicos, se activaba un juego separado de áreas de un región diferente que, según se sabe, no aloja neuronas espejo.⁴⁵

⁴⁴ Alibali, M. W., D. C. Heath y H. J. Myers, “Effects of visibility between speaker and listener on gesture production: Some gestures are meant to be seen”, *Journal of Memory and Language*, 44, 2001, pp. 169-188.

⁴⁵ Molnar-Szakacs, I., S. M. Wilson y M. Iacoboni, “I see what you are saying: The neuronal correlates of

La activación selectiva de las neuronas espejo causada por los gestos icónicos nos revela que tales neuronas se interesan por los gestos que son importantes para las interacciones cara a cara. Este punto está íntimamente relacionado con la cuestión, muy controvertida, de su papel en el origen del lenguaje. Ahora veremos por qué.

De la mano a la boca

En 1866, la Société de Linguistique de París prohibió que se manejaran conjeturas sobre los orígenes del lenguaje. Más o menos para la misma época, la British Academy advertía a sus miembros que no debían hablar del tema, el cual, al parecer, se había vuelto tan polémico y despertaba tantas presunciones que el único resultado que se obtenía era una discusión sin fin de teorías indemostrables. Como era de esperar, las prohibiciones no surtieron efecto. La especulación sobre los orígenes del lenguaje no cesó y es probable que nunca cese, en especial después del descubrimiento de las neuronas espejo.

Existe una antigua tradición que propone que los orígenes del lenguaje son manuales y gestuales. Esta idea era dominante en el siglo XVIII: la Ilustración. Existen dos razones principales por las cuales es claro que las neuronas espejo respaldan esta hipótesis. La primera es la analogía anatómica entre el área F5 del cerebro de los macacos, donde se descubrieron las neuronas espejo, y el área de Broca, un importante centro del lenguaje del cerebro humano.⁴⁶ La segunda razón por la que las neuronas espejo respaldan la teoría de un origen manual, gestual del lenguaje es el hecho de que permiten que los gestos manuales de otras personas sean fácilmente comprensibles para los observadores, lo que representa una forma muy efectiva de comunicación a nivel gestual.

Incluso antes de que se descubrieran las neuronas espejo, los científicos que estaban a favor del origen gestual del lenguaje habían subrayado las fuertes conexiones que existían entre la mano y la boca en los primeros años de vida. ¿Y por qué ello es importante? La respuesta se encuentra en un famoso principio de la ciencia: la ontogenia recapitula la filogenia. Lo que expresa esta aseveración es muy simple: el desarrollo actual embrionario y temprano del integrante de una especie puede darnos una idea de lo que sucedió hace millones de años durante la evolución de esa especie. En particular, el desarrollo humano temprano muestra fuertes lazos entre la mano y la boca. Por ejemplo, un recién nacido abre la boca si uno presiona la palma de su mano. El reflejo de Babkin, que así se denomina, sugiere que estas dos partes del cuerpo pertenecen a un sistema funcional común. Es más, todos los padres saben bien que los recién nacidos a menudo se llevan la mano a la boca para chuparse los dedos por períodos prolongados. Lo que los padres quizás no notan es que los recién nacidos abren la boca *antes* de que llegue la mano, lo cual es un acto de anticipación que demuestra que el comportamiento de la mano a la boca está orientado por un objetivo. Los bebés que tienen entre nueve y quince semanas muestran relaciones sistemáticas entre los movimientos de la mano y de la boca. Por ejemplo, la extensión del dedo índice se produce en general junto con la apertura de la boca y aun con la vocalización. En una etapa más tardía del desarrollo, se presentan otras formas de comportamiento mano-boca. Entre las veintiséis y las veintiocho semanas de vida, hay un notable aumento de movimientos rítmicos de los brazos y de las manos tales como golpeteos con ruido, balanceos y movimientos de un lado a otro. Al mismo tiempo, los

gesture perception". Número de programa 128.7. 2055 *Abstract Viewer*, CD-ROM. Whashington, DC, encuentro de la Society for Neuroscience.

⁴⁶ Rizzolatti, G. y M. A. Arbib, "Language within our grasp", *Trends in Neuroscience*, 21, 1998, pp. 188-194; G. von Bonin y P. Bailey, *The Neocortex of Macaca Mulatta*, Urbana, University of Illinois Press, 1947.

bebés comienzan a balbucear y producen secuencias de sílabas repetidas del tipo “bababa” o “gagaga”. Y, como es sabido, cuando el bebé aprende a tomar objetos con la mano, los lleva invariablemente a la boca.

¿La mano y la boca se ven acopladas “igualmente” en una etapa temprana de la vida o existen pruebas que sugieran que una es la líder y la otra la seguidora en el desarrollo (y, en consecuencia, en la evolución, dado que la ontogenia recapitula la filogenia)? Bien, ya hemos visto que en los niños que presentan falta de correlación entre el discurso y los gestos, por lo general los gestos muestran conceptos más avanzados que el discurso. En una etapa mucho más temprana del desarrollo, el 75% del balbuceo sucede en forma contemporánea con una actividad manual rítmica, mientras que cerca del 40% de la actividad manual rítmica sucede en forma contemporánea con el balbuceo. Estas cifras indicarían una independencia más temprana de la mano en comparación con la boca. Cabe destacar que los bebés utilizan gestos comunicativos antes de pronunciar las primeras palabras. Estos gestos precoces son gestos deícticos y algunos icónicos, tales como el aleteo de las manos para representar aves. Dados los vínculos entre las neuronas espejo y los gestos icónicos que ya analizamos, el empleo de los gestos icónicos en una etapa muy temprana del desarrollo refuerza la hipótesis de que las neuronas espejo son neuronas críticas en el desarrollo y en la evolución del lenguaje.

Los niños generan combinaciones de gestos con palabras –tales como la palabra “dar” unida al hecho de señalar una manzana– antes que combinaciones de palabras con palabras, tales como “dar manzana”. Los gestos llevan la delantera; las palabras les siguen. En realidad, la aparición de las combinaciones de gestos con palabras normalmente predice cuándo el niño podrá utilizar combinaciones de palabras con palabras. Existen estudios longitudinales sobre los “hablantes tardíos” que también sugieren que los gestos aparecen antes que las palabras. Algunos de estos niños recuperan el terreno perdido (niños con retraso madurativo) y otros no (los niños con retraso verdadero). Lo que predice el futuro del niño a este respecto es la cantidad de gestos comunicativos que utiliza. Los niños con retraso madurativo hacen muchos más gestos de ese tipo que los niños con retraso verdadero.⁴⁷

En conjunto, todos estos datos nos demuestran que los gestos preceden a las palabras y que las neuronas espejo son probablemente las células cerebrales críticas del desarrollo y de la evolución del lenguaje. Sin embargo, uno de los rasgos definitorios del lenguaje humano es la sintaxis, la que establece una suerte de estructura jerárquica entre las palabras que componen una oración. Hasta ahora, hemos analizado el papel de las neuronas espejo en la imitación de acciones relativamente simples y en la codificación de la “intención”, pero ¿qué sucede con el papel que desempeñan para codificar la estructura jerárquica de las acciones? Cualquier prueba que hallemos en este sentido sugeriría que las neuronas espejo también participan en aspectos más complejos del lenguaje humano.

La psicóloga especialista en desarrollo Patricia Greenfield ha estudiado la capacidad motora y lingüística de los niños en desarrollo. Observó un avance paralelo en el aumento del empleo de estructuras jerárquicas tanto en actividades manuales (dirigidas a juguetes y a herramientas) como en la comunicación verbal. Basándose también en su trabajo con chimpancés y con otros grandes simios, propuso –y llama la atención que haya sido antes del descubrimiento de las neuronas espejo– que el área de Broca fue esencial tanto para la evolución como para el desarrollo de las actividades manuales y de la comunicación lingüística. Patricia es titular de cátedra del departamento de psicología de la UCLA, de

⁴⁷ Iverson, J. M. y E. Thelen, “Hand, mouth and brain. The dynamic emergence of speech and gesture”, *J. Consciousn Stud.*, 6, 1999, pp. 19-40; Goldin-Meadow, “The role of gesture in communication and thinking”, pp. 419-429.

modo que fue casi inevitable que colaboráramos en un experimento de captura de imágenes donde se sometió a estudio el papel de las áreas donde hay neuronas espejo en el humano para codificar acciones de mayor complejidad jerárquica.

En nuestro experimento, los sujetos observaban a un experimentador que manipulaba tazas y anillos. En algunos casos, la secuencia de acciones imitaba las estructuras jerárquicas cada vez más complejas que exhiben los niños en los juegos espontáneos. Por ejemplo, pueden colocarse tazas de distintos tamaños una dentro de la otra, siguiendo el orden de tamaño. En otros casos, las acciones de manipulación no presentan una estructura obvia. Si las neuronas espejo responden sólo a la manipulación de los objetos, no debería existir diferencia en su actividad cuando los sujetos observan acciones de manipulación que tienen un objetivo, ya sea que presenten o no una estructura jerárquica. Por otra parte, si las neuronas espejo también codifican la estructura jerárquica de la acción observada, deberían responder con más intensidad cuando los sujetos observan acciones que tienen una estructura jerárquica. En nuestro estudio, dirigido una vez más por Istvan Molnar-Szakacs, registramos mayor actividad cuando los sujetos observaban la manipulación que presentaba una estructura jerárquica.⁴⁸ Ello es importante no sólo porque valida la teoría de Patricia Greenfield, sino también, y sobre todo, porque demuestra que las neuronas espejo responden a la organización jerárquica de las acciones que realizan los demás. Si las neuronas espejo pueden codificar la jerarquía de las actividades manuales, también pueden codificar la jerarquía en otras áreas, por ejemplo, el material lingüístico. Tal como veremos más adelante en este capítulo, cuando nosotros, los seres humanos, estamos conversando, tendemos a imitar las estructuras sintácticas de nuestros interlocutores. A la luz de los experimentos de captura de imágenes cerebrales que realizamos sobre la imitación y la jerarquía de los movimientos, resulta coherente tomar como supuesto que las neuronas espejo son las células cerebrales que nos ayudan con esta imitación.

Del mapa cerebral a la anulación temporal del cerebro

Los invito a recordar el capítulo 2 y los experimentos de captura de imágenes que demostraron que el área de Broca se activaba durante la imitación y la observación de la acción. Estos datos se consideraron pruebas de envergadura que vinculaban las neuronas espejo con el lenguaje, pero la activación del área de Broca en una tarea que no involucra de forma explícita al lenguaje también constituye un arma de doble filo. ¿Esta actividad es nada más que el efecto del “discurso interior”? Algunos científicos han manifestado esta preocupación. De hecho, es un problema clásico que se presenta con estas tecnologías de imágenes: la captura de imágenes cerebrales es fascinante, pero nos brinda sólo información *correlativa*. Los sujetos ejecutan ciertas tareas mientras nosotros medimos cuánto cambia su actividad cerebral durante la ejecución. Sin embargo, no contamos con ninguna información sobre el papel *causal* de los cambios observados en la actividad cerebral. Les daré un ejemplo. Supongamos que están en un escáner de captura de imágenes cerebrales y que yo les pido que muevan rápidamente, en orden secuencial, los dedos de la mano derecha, desde el pulgar hasta el meñique. Ustedes obedecen, activando su corteza motora, y mi escáner detecta esta activación. No obstante, podrían entretenerse

⁴⁸ Greenfield, P. M., “Language, tools and brain: The ontogeny and phylogeny of hierarchically organized sequential behavior”, *Behavior Brain Science*, 14, 1991, pp. 531-595; Molnar-Szakacs, I., J. Kaplan, P. M. Greenfield *et al.*, “Observing complex action sequences: The role of the frontoparietal mirror neuron system”, *Neuroimage*, 33, 2006, pp. 923-935; Greenfield, P., “Implications of mirror neurons for the ontogeny and phylogeny of cultural processes: The examples of tools and language”, en Arbib, M. A. (ed.), *Action to Language Via the Mirror Neuron System*, Nueva York., Cambridge University Press, 2006, pp. 503-535.

mientras hacen esta simple tarea motora nombrando en silencio los dedos que mueven. Al hacerlo, también activan los centros del lenguaje, y mi escáner también detecta esta activación. Si no tengo conocimiento previo sobre las áreas cerebrales y sus especialidades, debo concluir que hay dos áreas en el cerebro que son importantes cuando se mueven los dedos de la mano derecha de esta manera, mientras que en realidad sólo una es la verdaderamente esencial para realizar el movimiento.

No parecía probable que el “discurso interior” hubiera producido en el área de Broca el patrón de actividad exacto previsto para las neuronas espejo (cierta activación cuando se observa el movimiento, mayor activación cuando se ejecuta el movimiento, la mayor activación durante la imitación), pero decidimos asegurarnos con la estimulación magnética transcraneal (EMT). Tal como vimos en el capítulo 1, la EMT funciona creando un campo magnético transitorio bajo la bobina de hilo de cobre que se coloca en la cabeza del sujeto. Este campo magnético induce una corriente eléctrica en la región cerebral que se encuentra bajo la bobina, a la que llamamos pulso. Con una serie rápida de estos pulsos que emite la EMT, la actividad de esa región del cerebro se interrumpe de modo transitorio. En efecto, se produce una anulación cerebral. Tal vez les suene peligroso, pero no lo es. Se trata de una potente herramienta para investigar los vínculos causales entre un área del cerebro y una función dada. De hecho, en sujetos sanos, la EMT en el área de Broca induce una incapacidad temporaria en el habla. En nuestro experimento, previmos que la EMT en el área de Broca comprometería la imitación, lo que demostraría el vínculo causal existente entre esta área y la capacidad de imitar.

Para realizar este experimento con precisión y para estar seguros de que estábamos estimulando el área de Broca, utilizamos una técnica denominada EMT guiada por imagen, que nos permite ver *exactamente* qué región del cerebro estamos estimulando sin quitarle el cráneo al sujeto. Funciona del siguiente modo: el sujeto es estudiado primero con una RMN. Las imágenes así obtenidas del cerebro del sujeto se transfieren al laboratorio donde se realiza la EMT y se cargan en un sistema denominado estereotaxia sin marco, que emplea una cámara infrarroja para leer objetos marcados con una pintura especial. En este experimento, estos “objetos” son ciertos rasgos anatómicos de la cabeza del sujeto, normalmente la oreja izquierda y derecha, la punta de la nariz y el tabique nasal. La cámara infrarroja lee la ubicación en el espacio tridimensional de estos puntos anatómicos, y un programa especial los alinea con las imágenes de la RMN. En este punto, la anatomía real del sujeto se alinea con la anatomía virtual de las imágenes obtenidas por RMN, lo cual es muy sofisticado, sin dudas, y constituye la más avanzada tecnología a la que ha llegado la neurociencia en la actualidad.

Con el sistema de estereotaxia colocado, es posible mover la bobina magnética sobre el cráneo del sujeto y ver las áreas del cerebro que están debajo sólo mirando el monitor de la computadora. Cuando anulamos el área de Broca con la EMT, los sujetos no podían imitar bien los movimientos de los dedos. Cuando anulamos otra región cerebral, los sujetos los imitaban perfectamente bien. Estábamos muy entusiasmados con estos resultados, pero debíamos realizar un experimento testigo para asegurarnos de que los déficit de imitación registrados al anular el área de Broca fueran verdaderamente específicos de la imitación en vez de ser déficit motores inespecíficos. A estos efectos, pedimos a los sujetos que realizaran una actividad motora con movimientos de los dedos exactamente igual a las tareas de imitación, pero que no fueran una imitación. Una vez más anulamos el área de Broca, y registramos déficit motores sólo durante la imitación. Este experimento con EMT demostró la existencia de un déficit de imitación específico inducido por una lesión transitoria en el área de Broca, lo que confirma que la región es esencial no sólo para el

lenguaje, sino también para la imitación.⁴⁹

El hecho de que el área principal del lenguaje del cerebro humano sea esencial asimismo para la imitación y *que contenga neuronas espejo* ofrece una nueva perspectiva del lenguaje y de la cognición en general. Alrededor de la década de 1940, la ciencia cognitiva estaba dominada por la idea de que las operaciones de la mente humana que generan el lenguaje y las funciones cognitivas superiores están relacionadas con las operaciones computacionales, ya que manejan símbolos abstractos sobre la base de reglas y cálculos específicos. De acuerdo con esta visión, las operaciones mentales están muy alejadas de las acciones corporales, lo que reduce al cuerpo a un mero dispositivo de salida de las órdenes que genera la manipulación de símbolos abstractos en la mente. Esa idea –que la mente humana es algo bastante similar a una computadora– predominó durante cerca de 50 años. Ahora existe una visión diferente, que ha ido ganando adhesión. Según esta alternativa, los procesos mentales cobran forma a través del cuerpo y de los tipos de experiencias perceptivas y motoras que son producto del movimiento del cuerpo en el mundo circundante y de su interacción con él. Por lo general, esta visión se denomina conocimiento corporeizado, y la versión de esta teoría especialmente dedicada al lenguaje se conoce como semántica corporeizada. El descubrimiento de las neuronas espejo ha sido un potente refuerzo de esta hipótesis que sostiene que la cognición y el lenguaje están corporeizados.

Calor corporal

La idea principal de la semántica corporeizada es que los conceptos lingüísticos se construyen “de abajo hacia arriba” mediante las representaciones senso-motoras necesarias para poner en práctica tales conceptos. Les daré un ejemplo. Cuando hablamos, a menudo utilizamos expresiones que hacen referencia a acciones y a partes del cuerpo: el *beso* de la muerte, dar el *puntapié* inicial, *tomar* la iniciativa, me podés dar una *mano* con esto, me costó *un ojo* de la cara, y muchísimas más. De acuerdo con la hipótesis de la semántica corporeizada, cuando decimos, oímos o leemos estas expresiones, activamos en concreto las áreas motoras del cerebro que participan en las acciones que se realizan con esas partes del cuerpo. Cuando leemos o decimos “el beso de la muerte”, el cerebro activa las neuronas motoras que se activan cuando de verdad besamos a alguien. (Sin embargo, esperemos que no piensen en la muerte la próxima vez que besen a una persona.) Existen pruebas empíricas convincentes que coinciden con las predicciones de la semántica corporeizada, aunque en general no hacen referencia al beso. Por ejemplo, cuando los sujetos leen una oración que implica una acción que se “aleja” del cuerpo, tal como “cerrar el cajón”, los movimientos de los brazos *hacia* el cuerpo se vuelven más lentos.

Estos tipos de interacciones entre los movimientos corporales y el material lingüístico han sido investigados en detalle por Art Glenberg y sus colegas de la Universidad de Wisconsin, en Madison.⁵⁰ Sus estudios sugieren que los conceptos guardan un fuerte vínculo con las propiedades biomecánicas del cuerpo. De hecho, esto parece suceder aun cuando individuos muy instruidos analizan conceptos extremadamente abstractos, según sostuvieron Eleanor Ochs y sus colegas de la UCLA en un estudio acerca del análisis científico entre físicos que investigaban física de partículas. Ochs y sus colegas

⁴⁹ Heiser, M., M. Iacoboni, F. Maeda, J. Marcus *et al.*, “The essential role of Broca’s area in imitation”, *European Journal of Neuroscience*, 17, 2003, pp. 1123-1128.

⁵⁰ Glenberg, A. M., y M. P. Kaschak, “Grounding language in action”, *Psychonom Bulletin and Review*, 9, 2002, pp. 558-565.

demonstraron con claridad que aun los científicos, al intentar comprender una hipótesis nueva, asientan los fenómenos abstractos en expresiones corporales. Por ejemplo, al tratar de explicar las transiciones de los estados magnéticos por causa de cambios de temperatura en una sustancia, el director del laboratorio hizo gestos hacia abajo con la mano mientras decía: “Cuando bajo de temperatura, estoy en estado de dominio”.⁵¹ El físico se identificaba con la sustancia bajo análisis y describió los cambios de temperatura con el brazo.

¿Las neuronas espejo participan en asentar nuestra comprensión del material lingüístico en nuestro cuerpo y en nuestros propios movimientos? Vittorio Gallese y el científico cognitivo George Lakoff fueron los primeros en proponer esta hipótesis en su trabajo “Los conceptos del cerebro”.⁵² Lisa Aziz-Zadeh, quien era una de mis estudiantes de posgrado en la UCLA y ahora es parte del cuerpo docente de la Universidad de California del Sur, también en Los Ángeles, realizó un experimento de captura de imágenes cerebrales en mi laboratorio con el fin específico de abordar esta hipótesis. Lisa solicitaba a los sujetos que leyeran oraciones descriptivas de movimientos de la mano y de la boca (por ejemplo, “tomar una banana” y “morder un durazno”) mientras medía la actividad cerebral. Luego, les mostraba videoclips de movimientos realizados con la mano (tomar una naranja) y con la boca (morder una manzana). Mientras los sujetos leían las oraciones y observaban los movimientos, activaban las áreas específicas del cerebro que se sabe controlan, respectivamente, los movimientos de la mano y de la boca. Sin dudas, estas áreas contienen neuronas espejo en el hombre relacionadas con los movimientos de la mano y con los de la boca, y se activaban en forma selectiva cuando los sujetos leían las oraciones donde se describían acciones con la mano y con la boca.⁵³ Es como si las neuronas espejo nos ayudaran a entender lo que leemos simulando de manera interna la acción que acabamos de leer en la oración. El experimento de Lisa sugiere que, cuando leemos una novela, las neuronas espejo simulan las acciones que se describen en ella, tal como si las estuviéramos haciendo. En el número de enero de 2007, la revista *Discover* seleccionó su estudio entre los seis mejores trabajos científicos sobre la mente y el cerebro del año 2006. En ese número, Lisa describe nuestra facultad del lenguaje como “intrínsecamente unida a la carne”.

Si esto es así, el papel que desempeñan las neuronas espejo en el lenguaje consiste en transformar las acciones corporales de una experiencia privada en una experiencia social que se comparte con los otros seres humanos a través del lenguaje. Las teorías tanto sobre la evolución como sobre la adquisición del lenguaje siempre se centraron en alguna suerte de transmisión iterativa del lenguaje o de sus precursores evolutivos. El paradigma prevalente en adquisición del lenguaje es que los niños aprenden de los padres y de los maestros y que, a su vez, terminarán enseñando a sus propios hijos. Tal transmisión de conocimientos es unidireccional. Del mismo modo, el paradigma prevalente en la evolución del lenguaje es el que tomamos prestado de la genética, donde las aptitudes genéticas de una generación no afectan las aptitudes de la generación anterior. Una vez más, nos encontramos ante un flujo unidireccional de la información. Sin embargo, ahora,

⁵¹ Ochs, E., P. Gonzales y S. Jacoby, “‘When I come down I’m in the domain state’: Grammar and graphic representation in the interpretive activity of physicists”, en Ochs, E., E. A. Schegloff y S. A. Thompson (eds.), *Interaction and grammar*, Nueva York, Cambridge University Press, 1996, pp. 328-369.

⁵² Gallese, V. y G. Lakoff, “The brain’s concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge”, *Cognitive Neuropsychology*, 22, 2005, pp. 455-479.

⁵³ Aziz-Zadeh, L., S. M. Wilson, G. Rizzolatti y M. Iacoboni, “Congruent embodied representations for visually presented actions and linguistic phrases describing actions”, *Current Biology*, 16, 2006, pp. 1818-1823.

el papel de las neuronas espejo en el lenguaje nos invita a analizar el lenguaje y a su surgimiento desde otra perspectiva. Debemos detenernos en la *actividad coordinada* de individuos que interactúan –flujo *bidireccional* de la información– para comprender mejor la naturaleza y la aparición del lenguaje humano.

Salas de chat

Piensen en cualquier diálogo que hayan mantenido con alguien. Ahora, recuerden cuando monologan: primero hablan, luego escuchan a alguien hablar. Ahora, comparen ambas situaciones. ¿Cuál es “más fácil”? ¿Cuál les resulta más natural? Para la mayoría de las personas, pronunciar un discurso es algo desafiante. Asimismo, a la mayoría le resulta difícil seguir el discurso de alguien; debemos poner en guardia todos nuestros recursos de atención. En cambio, casi todos se sienten bastante cómodos hablando con otras personas. Incluso aquellos para quienes conversar e interactuar socialmente es un poco dificultoso hallan que los monólogos son aun más desafiantes que la conversación. ¿Por qué será? Desde el punto de vista de las exigencias *cognitivas* de los monólogos y de las conversaciones, no tiene sentido que el complicado ida y vuelta de una conversación sea más fácil que el pronunciar un discurso. En todo caso, debería ser precisamente al revés.

Pensemos ahora en la planificación de lo que vamos a decir. Podemos armar un discurso de principio a fin, pero no podemos planear una conversación. ¿Quién sabe qué va a decir nuestro interlocutor? Los poderes que tenemos para discernir la intención, aun con la ayuda de las neuronas espejo, no son tan omniscientes. Sólo esta diferencia debería determinar que el pronunciar un discurso fuera mucho más fácil que el mantener una conversación. Otro tema relacionado es el ritmo. Un disertante que monologa tiene un control absoluto de la velocidad de su habla. Puede acelerar o desacelerar, hacer pausas largas o todo aquello que estime necesario para que la presentación sea más impactante. Pero quienes mantienen una conversación no gozan de tal libertad. De hecho, tomar turnos en una conversación es algo que se produce a gran velocidad. La pausa entre el final de lo que pronuncia el hablante y el comienzo de lo que luego pronuncia otro hablante es de cerca de una décima de segundo. Las pausas más prolongadas pueden resultar demasiado largas para quienes están conversando. Por lo tanto, una vez más, esta diferencia sobre el control del ritmo debería determinar que los monólogos fueran más sencillos que los diálogos.

Pero eso no es todo. Hay al menos otros dos grandes factores por los que los monólogos deberían resultar más sencillos. El primero tiene que ver con el tipo de aseveraciones que se hacen. Los monólogos tienden a presentar oraciones completas y bien estructuradas, mientras que las expresiones que se pronuncian a lo largo de una conversación son, casi siempre, fragmentos que exigen que el oyente adivine la información faltante. Luego, también, tenemos el cambio veloz de hablar a escuchar que requiere un diálogo, lo cual representa una operación cognitiva muy exigente.

Por todos estos motivos, la conversación debería ser mucho más difícil que enunciar un monólogo. Sin embargo, la realidad es exactamente lo contrario.⁵⁴ La conversación es más sencilla que el monólogo, y creo que la explicación se fundamenta en las neuronas espejo y la imitación. En una conversación, imitamos mutuamente expresiones, inclusive las construcciones sintácticas. También negociamos de manera automática e interactiva el significado de ciertas palabras, de modo que adquieran un sentido muy preciso en el contexto de una conversación específica en vez del significado que nos brindaría un

⁵⁴ Garrod, S., y M. J. Pickering, “Why is conversation so easy?”, *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 2004, pp. 8-11.

diccionario. Debido a ello, oír por casualidad una conversación no significa entenderla.⁵⁵ Intentemos leer la transcripción de una sala de chat en la que no participamos: parece imposible descifrar de qué se habló, y es probable que no lo logremos. Quizás piensen que la imitación no juega ningún papel en estas conversaciones virtuales porque la gente no se ve. No obstante, sí podemos imitar y de hecho imitamos palabras, construcciones sintácticas, y demás. Por ejemplo, si una persona que participa en un diálogo utiliza la palabra “sofá” en vez de “diván”, la otra persona hará lo mismo.

Existen otras formas de imitación y de alineación interactiva en una conversación cara a cara. Los significados y los turnos se negocian de manera automática; los gestos simultáneos, para dónde miramos y las rotaciones corporales son muy importantes para que entendamos lo que se está diciendo en el diálogo. Tales formas no verbales de comunicación arman patrones con gran facilidad. Aunque puede parecer que siempre miramos a nuestros interlocutores, se han realizado análisis detallados de conversaciones espontáneas que fueron grabadas, que revelan que al comienzo del turno de un hablante, el oyente rara vez lo mira a los *ojos*. Poco tiempo después, el oyente mira fijamente a los ojos del hablante.⁵⁶ En este preciso momento de *mirada fija mutua*, el hablante tiende a comenzar una nueva oración sin completar la que estaba diciendo. Es casi como si, al sostener la mirada del otro, el oyente dijera: “Sigue adelante. Ahora es tu turno de hablar y no te voy a interrumpir (por unos segundos...)”.

En términos simples, tanto las palabras como las acciones que se manifiestan en un diálogo tienden a ser parte de una actividad conjunta y coordinada con un objetivo común, y esta danza conversacional es natural y sencilla para nosotros. Sin embargo, por lo general, no ha sido estudiada por la lingüística tradicional. Es más, esta danza es *exactamente* el tipo de interacción social que facilitan las neuronas espejo a través de la imitación.

Toda conversación resulta una actividad coordinada con un objetivo común, y todas recrean en cierta medida la evolución de un nuevo lenguaje. En realidad, el hecho de que algunas palabras que se utilizan en una conversación adopten significados específicos que se determinan por un consenso tácito y mutuo nos demuestra de qué modo la fuerza conjunta de la imitación y la innovación crea comunicación. Uno de los ejemplos más fantásticos a favor de esta idea es el espontáneo pero plenamente desarrollado lenguaje de señas creado por los niños sordos de las escuelas de Nicaragua a fines de la década de 1970 y en la de 1980. Antes de ello, las personas sordas, en Nicaragua, estaban terriblemente aisladas, y se comunicaban con los amigos y con la familia mediante gestos simples y “caseros”, sistemas de señas *ad hoc*. Luego, la revolución sandinista alentó la creación de centros de educación especial para los niños sordos. Se inscribieron cientos de niños en dos escuelas de la zona de Managua, que resultó conformar una masa crítica. Al interactuar en el patio de la escuela, en los micros y en las calles, estos niños desarrollaron, poco a poco, un lenguaje de señas compartido, donde se combinaban gestos provenientes de sus sistemas individuales. Al principio, era un lenguaje relativamente simple con una gramática sencilla y pocos sinónimos: lo que se denomina una lengua “pidgin” o franca, formada por elementos de diversos idiomas. Más adelante, los pequeños a quienes los niños mayores les enseñaron esta lengua simple desarrollaron una lengua de señas más

⁵⁵ Brennan, S. E. y H. H. Clark, “Conceptual pacts and lexical choice in conversation”, *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory, and Cognition*, 22, 1996, pp. 1482-1493; Schober, M. F. y H. H. Clark, “Understanding by addressees and over-hearers”, *Cognitive Psychology*, 21, 1989, pp. 211-232.

⁵⁶ Goodwin, C., “Restarts, pauses, and the achievement of a state of mutual gaze at turn-beginning”, *Sociological Inquiry*, 50, 1980, pp. 272-302; Kendon, A., “Some functions of gaze-direction in social interaction”, *Acta Psychologica*, 26, 1967, pp. 22-63; Goodwin, C. y J. Heritage, “Conversation analysis”, *Annual Review of Anthropology*, 19, 1990, pp. 283-307.

sofisticada, bien definida, estable y de pura cepa que hoy en día se conoce como Idioma de Señas de Nicaragua. Resulta irónico, pero el personal de la escuela no entendía lo que los niños se decían mediante las señas y tuvieron que solicitar ayuda a Judy Kegl, una lingüista estadounidense especializada en el lenguaje de señas de Estados Unidos para comprender qué sucedía.⁵⁷

Esta anécdota de desarrollo espontáneo del lenguaje es famosa en todo el mundo. Algunos científicos interpretaron el fenómeno como prueba de que los seres humanos ya vienen con una estructura predeterminada de adquisición del lenguaje.⁵⁸ Considero que las neuronas espejo ofrecen una explicación más simple ya que posibilitan la comprensión automática y profunda de los movimientos de las manos y gestos de otras personas y la imitación de tales gestos. Se trata de un punto de partida fundamental para crear una serie de gestos que sirvan de base de una lengua de señas relativamente simple. Desde esta perspectiva, también es relativamente simple establecer, a través de la imitación recíproca que facilitan las neuronas espejo, una estructura de gestos más compleja que construya una lengua de señas hecha y derecha. El elemento clave que posibilitó todo esto en Nicaragua fue la interacción cara a cara entre los niños a lo largo de todo el día. Este es el tipo de contexto en el que las neuronas espejo pueden desplegar su magia al máximo.

No sólo yo sostengo esta hipótesis. Hay otros científicos que destacaron el papel de la imitación en la aparición y la adquisición del lenguaje. El psicólogo Michael Tomasello notó que los niños aprenden las expresiones lingüísticas concretas de su idioma *a través de la imitación*, y que tienden a mantener tales expresiones repitiéndolas con frecuencia. Algunos niños atraviesan una etapa en la que suelen usar la expresión “creo” con el significado de algo parecido a “quizás”. Estos niños casi nunca usan otras formas de esta expresión, por ejemplo “cree” o “no creo” o “creí”, o inclusive “creo que”. El uso reiterado de una expresión fija sugiere claramente que la imitación, y no el instinto gramatical, ayuda a los niños a adquirir el lenguaje. Más tarde, comienzan a combinar estas expresiones fijas adquiridas y pueden construir formas lingüísticas más elaboradas.⁵⁹

Otros científicos exploraron el surgimiento de la comunicación con experimentos de laboratorio bien controlados. Una forma característica de estudiar de qué modo los humanos “inventan un idioma” es invitando a los sujetos a participar en un juego de colaboración, quizás uno en el que dos jugadores traten de comunicar la posición de cada uno en un laberinto. En estas situaciones, los participantes tienden a crear nuevos significados para palabras existentes y a adoptar con rapidez estos nuevos significados, como si estuvieran creando una suerte de sublenguaje por imitación. En una variación de estos juegos, los participantes no pueden ni siquiera hablarse y pueden comunicarse sólo por vía gráfica, trazando líneas. A veces el anotador que se les da para esta conversación gráfica se mueve sólo en sentido vertical a medida que los sujetos dibujan, lo que los obliga a crear formas totalmente nuevas de comunicación visual. Aun en estos casos, los participantes pueden comunicarse coordinando la actividad mutua mediante la imitación recíproca.⁶⁰

⁵⁷ Kegl, J., “The Nicaraguan sign language project: An overview”, *Signpost*, 7, 1994, pp. 24-31.

⁵⁸ Remítase, por ejemplo, a Pinker, S., *The language instinct*, Nueva York, Morrow, 1994.

⁵⁹ Tomasello, M., “The item-based nature of children’s early syntactic development”, *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 2000, pp. 156-163.

⁶⁰ Clark, H., *Using Language*, Cambridge, Cambridge University Press, 1996; Garrod, S. y A. Anderson, “Saying what you mean in dialogue: A study in conceptual and semantic co-ordination”, *Cognition*, 27, 1987, pp. 181-218; Galantucci, B., “An experimental study of the emergence of human communication systems”, *Cognitive Science*, 29, 2005, pp. 737-767.

Este análisis nos conduce a un interrogante obvio: si la imitación es un factor tan importante en la adquisición del lenguaje y aun en el surgimiento del lenguaje, ¿el mecanismo neuronal del reflejo especular ocurre no sólo para las acciones (ya sabemos que sí, inclusive para las lenguas de señas) sino también para los *sonidos* del habla? Después de todo, la forma en la que los niños aprenden el idioma se basa, inicial y principalmente, en la forma hablada del lenguaje. La última parte de este capítulo aborda esta pregunta.

El reflejo especular del habla y de otros sonidos

Cuando los monos oyen ciertos sonidos característicos de ciertas acciones, por ejemplo, abrir un maní, las neuronas espejo se activan. Esto lo aprendimos en el primer capítulo. No hay pruebas de que las neuronas espejo de los humanos hagan lo mismo. Mientras aún cursaba su posgrado en mi laboratorio, Lisa Aziz-Zadeh utilizó la EMT para medir la excitabilidad de las neuronas motoras del cerebro humano mientras sujetos inactivos escuchaban distintos sonidos. Tal como era previsible, comprobó que los sujetos presentaban una mayor excitabilidad motora al escuchar sonidos de acción, tales como rasgar un papel o escribir en un teclado, en comparación con la respuesta ante otros tipos de sonidos, por ejemplo, el trueno. Además, el mayor nivel de excitabilidad se limitaba a los músculos que participaban en las acciones producidas por esos sonidos. Cuando el sujeto escuchaba el sonido de rasgar un papel, los músculos de la mano se excitaban más que los del pie. Este fenómeno es el mismo del “eco motor” que Luciano Fadiga demostró respecto de las acciones observadas en el experimento que describí en el capítulo 2. Igualmente previsible fueron los resultados del estudio de imágenes cerebrales dirigido por Christian Keysers en Holanda, el cual demostró que las áreas de las neuronas espejo se activaban mientras los sujetos escuchaban sonidos producidos por acciones.⁶¹

Si bien estos experimentos demuestran la existencia de un claro vínculo entre las neuronas espejo de los humanos y los sonidos, no nos indican si la percepción de los sonidos del *habla*, en particular, se ve facilitada por alguna forma de reflejo especular neuronal. Sin embargo, existe un efecto en el comportamiento provocado por la percepción del habla que es muy conocido, denominado efecto McGurk, el cual sugiere que se produce cierta forma de reflejo especular. Cuando los sujetos escuchan sílabas separadas a través de un par de auriculares –por ejemplo, *ba*– mientras miran el video de una persona que mueve los labios como para pronunciar *ga*, no perciben el sonido ni de *ba* ni de *ga*. En su lugar, oyen una tercera sílaba, *da*, la cual no se les presentó en absoluto.⁶² El efecto McGurk demuestra que el observar el movimiento de los labios de un hablante evoca en nuestro cerebro los sonidos de habla que habría pronunciado esa persona; si escuchamos un sonido de habla distinto mientras observamos, ambos sonidos se funden en el cerebro y forman un tercero que en realidad no oímos.

Hace varios años, en el laboratorio Haskins de Yale, Alvin Liberman y colaboradores trataron de armar dispositivos que transformaran el texto en habla como para que los veteranos de guerra que habían perdido la vista pudieran “leer” libros y periódicos. Para su desilusión, descubrieron que la percepción que tenían los veteranos de los sonidos que emitían los dispositivos era insoportablemente lenta, más lenta que la percepción del habla

⁶¹ Aziz-Zadeh, L., M. Iacoboni, E. Zaidel *et al.*, “Left hemisphere motor facilitation in response to manual action sounds”, *European Journal of Neuroscience*, 19, 2004, pp. 2609-2612; Gazzola, V., L. Aziz-Zadeh y C. Keysers, “Empathy and the somatotopic auditory mirror system in humans”, *Current Biology*, 16, 2006, pp. 1824-1829.

⁶² McGurk, H. y J. MacDonald, “Hearing lips and seeing voices”, *Nature*, 264, 1976, pp. 746-748.

humana distorsionada. Tal observación inspiró al equipo de Yale para proponer una teoría de la percepción del habla de acuerdo con la cual los sonidos del habla se entienden no tanto como sonidos, sino como “gestos de articulación”, es decir, como planes motores predeterminados, necesarios para hablar.⁶³ La idea fundamental de tal teoría motora de la percepción del habla es que el cerebro percibe el habla de otras personas simulando que hablamos nosotros mismos.

Inmediatamente después de que las neuronas espejo fueran descubiertas en Parma, Giacomo Rizzolatti le dijo a Luciano Fadiga que las propiedades de esas neuronas le recordaban a la teoría motora de la percepción del habla de Alvin Liberman. Este comentario estimuló a Fadiga a utilizar la EMT para comprobar la teoría motora de Liberman. En este experimento, a medida que los sujetos escuchaban palabras a través de auriculares, Fadiga y sus colegas estimulaban el sector de la corteza motora que controla los músculos de la lengua y grababan los pequeños movimientos musculares de la lengua inducidos por la estimulación. Se utilizaron dos tipos principales de palabras. Uno exigía fuertes movimientos linguales para ser producido (doble *r*, como “terra”, que significa “tierra” en italiano). Para pronunciar el otro tipo de palabra, sólo se necesitaba hacer un movimiento leve con la lengua (doble *f*, como en “baffo”, que significa “bigote” en italiano). La teoría motora de la percepción del habla postula que, cuando los sujetos escuchan palabras que se pronuncian con movimientos linguales fuertes, los pequeños movimientos de la lengua producidos por la estimulación de la corteza motora deberían ser más fuertes que cuando escuchan palabras que exigen un movimiento lingual suave. Los resultados confirmaron este principio.⁶⁴ En forma análoga a los experimentos anteriores de Fadiga sobre la resonancia motora de las acciones prensiles, este experimento demostró que, al escuchar hablar a otras personas, los oyentes producen un reflejo especular del hablante con su propia lengua.

Siguiendo este trabajo, Stephen Wilson, durante su posgrado en mi laboratorio, utilizó la RMNF para observar la activación cerebral que se producía mientras los sujetos pronunciaban una serie de sílabas en voz alta y escuchaban a través de auriculares a otras personas que decían las mismas sílabas. En todos los sujetos estudiados, se activó la misma área motora del habla durante el habla y también al escuchar.⁶⁵ En consecuencia, tanto el estudio de Fadiga como el de Wilson demuestran claramente que, cuando escuchamos a otros, las áreas cerebrales motoras correspondientes al habla se activan como si estuviéramos hablando. Pero, esta activación de las neuronas espejo, ¿es necesaria para percibir el habla? Ingo Meister, neurólogo alemán que pasó un año en mi laboratorio estudiando los vínculos entre el sistema de las neuronas espejo y el lenguaje, realizó un experimento con EMT para responder a esta pregunta. De la manera habitual, colocó una bobina de hilo de cobre en la cabeza de los sujetos a efectos de inducir lesiones transitorias en el área motora del habla identificada por Stephen Wilson. Así “incapacitados”, ¿los sujetos podrían *entender* lo que se les decía? Ingo y el resto de nosotros creía que la respuesta sería no, y precisamente esa fue. Cuando los pulsos de la EMT anulaban el área motora del habla, la capacidad de percibir sonidos de habla también se reducía.⁶⁶ El reflejo

⁶³ Liberman, A. M. e I. G. Mattingly, “The motor theory of speech perception revised”, *Cognition*, 21, 1985, pp. 1-36.

⁶⁴ Fadiga, L., L. Craighero, G. Buccino *et al.*, “Speech listening specifically modulates the excitability of tongue muscles: A TMS study”, *European Journal of Neuroscience*, 15, 2000, pp. 399-402.

⁶⁵ Wilson, S. M., A. P. Saygin, M. I. Sereno *et al.*, “Listening to speech activates motor areas involved in speech production”, *Nature Neuroscience*, 7, 2004, pp. 701-702.

⁶⁶ Meister, I., S. M. Wilson, C. Deblieck *et al.*, “The essential role of premotor cortex in speech perception”, *Current Biology*, 17, 2007, pp. 1692-1696

especular del habla de otras personas es en efecto necesario para entender lo que dicen.

Estos estudios abrieron todo un nuevo campo de experimentos sobre el reflejo especular neuronal de la vocalización. Los científicos que llevaron a cabo un experimento reciente descubrieron que el escuchar vocalizaciones de entretenimiento y de triunfo –risas y gritos exultantes, por ejemplo– activa las mismas áreas motoras que se activan al sonreír.⁶⁷ Este resultado sugiere la existencia de un reflejo especular para compartir emociones positivas expresadas a través de la vocalización. Tal mecanismo de reflejo parecería ser esencial para establecer lazos cohesivos dentro de los grupos sociales. La siguiente pregunta para la investigación es obvia: ¿qué papel desempeñan las neuronas espejo en las diversas formas de empatía que caracterizan el comportamiento humano?

4

Veme, siénteme

Cuando vemos que un espadazo está a punto de caer sobre la pierna o brazo de otra persona, instintivamente encogemos y retiramos nuestra pierna o brazo; y cuando se descarga el golpe, lo sentimos hasta cierto punto, y también a nosotros nos lastima.

ADAM SMITH (1759)⁶⁸

El cabezazo de Zidane

Estoy en Italia a comienzos de agosto. Hace un mes, Italia ganó la Copa Mundial de Fútbol al vencer a Francia por penales después de un empate de 1 a 1. Un episodio clave del triunfo italiano fue la súbita expulsión de Zinedine Zidane, el excelente jugador de Francia, tan sólo unos minutos antes de que finalizara el tiempo adicional que precedió a los penales. La causa fue un salvaje cabezazo en el pecho a Marco Materazzi, un jugador italiano: un acto de insania que fue visto en vivo por más de mil millones de personas. Zidane era el jugador francés elegido para patear los penales y ya había convertido en gol el penal que le permitió a Francia liderar temporariamente el partido. Finalmente, Italia ganó el desempate por penales 5 a 4, con un penal errado por un jugador francés. Se cree que la salida prematura de Zidane del partido fue un factor decisivo del resultado.

Ahora, un mes después, estamos disfrutando de una típica cena italiana de verano, con muchos familiares reunidos en la casa que tiene mi tío en las playas de San Felice Circeo, una ciudad que se encuentra casi cien kilómetros al sur de Roma. (Hace muchos años que vivo en Los Ángeles, y cada vez que regreso de visita a Italia, tenemos una buena excusa para celebrar un exquisito banquete familiar.) Justo antes de cenar, mi primo político está buscando algo para mirar por televisión y encuentra una transmisión de la final de la Copa del Mundo. Me comenta que uno u otro canal muestra todo el partido al menos una vez por semana, y no me sorprende. La última vez que Italia ganó la Copa Mundial fue hace veinticuatro años. Los italianos quieren revivir cada momento del triunfo, porque quién sabe cuándo lograremos otro. Al mirar otra vez el partido, sé exactamente qué va a suceder. Aun así, me descubro sintiendo fuertes emociones cuando Zidane le da el

⁶⁷ Warren, J. E., D. A. Sauter, F. Eisner *et al.*, “Positive emotions preferentially engage an auditory-motor ‘mirror’ system”, *Journal of Neuroscience*, 26, 2006, pp. 13067-13075.

⁶⁸ Smith, A., *The Theory of Moral Sentiments*, Oxford, Clarendon Press, 1976.

cabezazo a Materazzi. Me estremezco ante el dolor de Materazzi. Lean otra vez la cita de Adam Smith que encabeza este capítulo: hace mucho más de doscientos años, describió muy bien el fenómeno. También me enfurezco igual que la primera vez contra Zidane por su acto de agresión. Unos minutos después veo cómo el jugador francés Trézéguet erra el penal. La pelota pega en el poste y sale rebotada: el error que le otorgó el triunfo mundial al equipo italiano.

Y ahora lo que atañe a este libro: cuando miro el cabezazo de Zidane, siento las mismas emociones que sentí en el momento en que sucedió, casi con la misma intensidad, pero no me da ninguna emoción ver el penal errado, el cual, en definitiva, podría decirse que fue mucho más importante que el cabezazo. ¿Por qué sólo el cabezazo de Zidane me desencadena una fuerte reacción emocional un mes después? Cuando miro el cabezazo, observo que dos cuerpos chocan, que una cabeza golpea un pecho, y los rostros de los dos hombres enardecidos. Tengo una comprensión inmediata, directa y automática de lo que sienten estas personas. Por el contrario, cuando veo que la pelota golpea en el poste y rebota, observo dos objetos inanimados. En teoría, el penal errado es más importante, pero mi cerebro no entiende de teorías. Mi cerebro entiende lo que *ve*, y lo que *ve* determina lo que yo *siento*.

Considero que la explicación más plausible de mi empatía por las emociones del episodio del cabezazo es un tipo de mecanismo neuronal del cerebro en el que intervienen las neuronas espejo. Mis amigos del laboratorio de Giacomo Rizzolatti en Parma están de acuerdo; entre ellos, Vittorio Gallese fue el primero en proponer que las neuronas espejo desempeñan un papel tanto en la comprensión como en la empatía respecto de las emociones de otras personas. Gallese, el investigador cuyo interés en la filosofía permitió que el equipo se interiorizara de la importante labor del fenomenólogo Maurice Merleau-Ponty, también señaló el trabajo innovador sobre la empatía que realizó el psicólogo alemán Theodore Lipps a comienzos del siglo xx, trabajo que, en retrospectiva, apunta directamente al papel de las neuronas espejo. El término “empatía” es en realidad una traducción del término alemán "*Einfühlung*", que Lipps propuso en primer lugar para describir la relación entre una obra de arte y su observador. Luego, amplió este concepto para que englobara las interacciones entre las personas: interpretó nuestra percepción de los movimientos de los demás como una forma de imitación interna y utilizó el ejemplo de observar a un acróbata suspendido en la cuerda floja alta, por encima de las butacas del circo. Lipps afirma que cuando miramos al acróbata en la cuerda sentimos que nosotros mismos estamos dentro del acróbata. Su descripción fenomenológica de la observación del acróbata es predictiva a escala escalofriante del patrón de actividad que muestran las neuronas espejo, las cuales se activan tanto cuando tomamos un objeto como cuando vemos que alguien toma un objeto, como si estuviéramos dentro de esa persona.⁶⁹

La empatía juega un papel fundamental en nuestra vida social. Nos permite compartir emociones, experiencias, necesidades y metas. No es sorprendente, entonces, que existan muchas comprobaciones empíricas que sugieren la existencia de un fuerte vínculo entre las neuronas espejo (o algunas formas generales de reflejo especular neuronal) y la empatía. Para reunir estas pruebas, la neurociencia utilizó diferentes metodologías, desde la captura de imágenes cerebrales hasta el estudio de pacientes con daño cerebral, incluso mediante el análisis de los datos tomados de los electrodos profundos implantados en los pacientes sometidos a cirugías neurológicas. De todos modos, antes de entrar en los detalles de este trabajo, necesito presentar la serie de cuidadosos estudios sobre el comportamiento

⁶⁹ Gallese, V., “The ‘shared manifold’ hypothesis”, *Journal of Consciousness Studies*, 8, 2001, pp. 33-50; Lipps, T., “*Einfühlung, innere nachahmung und organenempfindung*”, en *Arch. F. Ges. Psy.*, vol. I, parte 2, Leipzig, W. Engelmann, 1903.

humano que llevaron a cabo los psicólogos sociales. Este trabajo constituye la primerísima prueba que indica la existencia de un vínculo entre los reflejos especulares y la empatía.

¿Humanos o camaleones?

A veces pienso que los humanos somos camaleones, y no soy el primero en hacer tal comparación. Tenemos el instinto de imitar al otro –sincronizar el cuerpo, las acciones, incluso la manera de hablar entre nosotros– tal como vimos en los capítulos anteriores. Este fenómeno fue estudiado de muchísimas formas, desde inteligentes experimentos a detalladas observaciones del comportamiento humano. Tal como afirman Elaine Hatfield, John Cacioppo y Richard L. Rapson en su maravilloso libro *Emotional Contagion*, “ las personas imitan del prójimo la expresión de dolor, la carcajada, la sonrisa, el afecto, la vergüenza, la incomodidad, el asco, el tartamudeo, el asir algo con esfuerzo y demás, en una amplia gama de situaciones. Tal imitación [...] es un acto comunicativo que transmite un mensaje no verbal rápido y preciso”.⁷⁰

Es frecuente que esta sincronía no verbal rápida y precisa de la que “disfrutamos” con nuestros congéneres tenga un componente emocional, como lo muestran las cintas de Fran Bernieri sobre parejas jóvenes que se enseñan palabras inventadas. Descubrió que las parejas que demostraban la mayor sincronía motora también tenían el vínculo emocional más fuerte entre sí. En un estudio sobre el papel de la calidez del entrevistador en la reacción del entrevistado se demostró que los entrevistadores cálidos (aquellos a quienes se les indicó que se inclinaran, sonrieran y asintieran) generaron que los entrevistados realizaran movimientos de inclinación, sonrieran y asintieran durante la entrevista. Esta imitación motora parece tener no sólo un papel comunicativo, sino inclusive uno perceptivo, según lo demuestran las mediciones que Ulf Dimberg realizó de la actividad de los músculos faciales en sujetos que miraban rostros felices o enfadados. La actividad de los músculos de la mejilla que se contraen al sonreír aumentaba cuando los sujetos miraban rostros felices, y la actividad de los músculos del entrecejo que se contraen cuando nos enfadamos aumentaba al observar rostros enfadados.⁷¹ No olvidemos que en este experimento no hubo interacción cara a cara: los sujetos miraban fotos. Entonces, ¿cuál era el papel de la imitación en tal situación? La respuesta proviene de un estudio dirigido por Paula Niedenthal, psicóloga social estadounidense que vive y trabaja en Francia.

En su experimento, se solicitó a dos grupos de participantes que detectaran cambios en las expresiones faciales de otras personas. La clave era que a un grupo de personas no se le permitía mover el rostro libremente porque sostenían lápices con los dientes. Inténtelo ustedes. El lápiz limita mucho la capacidad de sonreír, fruncir el ceño y hacer todo lo que hacemos con el rostro durante el día. Además, restringe en gran medida la capacidad de imitación. Así, no debe sorprendernos que los participantes que sostenían los lápices con los dientes fueran mucho menos eficientes en detectar los cambios de las expresiones faciales emocionales que los participantes que podían imitar sin restricciones las expresiones observadas.⁷² Imitar a otros no es sólo una forma de comunicación no verbal; antes que nada, nos ayuda a percibir las expresiones de los otros (y, por lo tanto, sus emociones).

Lo antedicho parece ilógico. ¿No sería más esperable que para imitar la expresión

⁷⁰ Dimberg, U., “Facial reactions to facial expressions”, *Psychophysiology*, 19, 1982, pp. 643-647.

⁷¹ Hatfield *et al.*, *Emotional contagion*.

⁷² Niedenthal, P. M., L. W. Barsalou, P. Winkielman *et al.*, “Embodiment in attitudes, social perception, and emotion”, *Personality and Social Psychology Reviews*, 9, 2005, pp. 184-211.

emocional de un rostro que observamos primero tuviéramos que *reconocerla*? Sólo si tomamos como supuesto que el reconocimiento deliberado y explícito debe preceder necesariamente a la imitación. La única prueba de ello es una teoría antigua, y la existencia de las neuronas espejo nos brinda una explicación alternativa: la idea de que la imitación realmente *precede* y ayuda al reconocimiento. Esto es lo que yo creo que sucede: las neuronas espejo nos brindan una simulación irreflexiva y automática (o “imitación interna”, como a veces la denominé aquí) de las expresiones faciales de otras personas, y este proceso de simulación no exige un reconocimiento explícito y deliberado de la expresión imitada. Al mismo tiempo, las neuronas espejo envían señales a los centros de la emoción ubicados en el sistema límbico del cerebro. La actividad neuronal del sistema límbico disparada por estas señales de las neuronas espejo nos permite sentir las emociones asociadas con las expresiones faciales observadas: la felicidad que se asocia con una sonrisa, la tristeza que se relaciona con un ceño fruncido. Sólo *después* de sentir estas emociones internamente podemos reconocerlas de manera explícita. Cuando a un participante se le solicita que sostenga un lápiz entre los dientes, la actividad motora requerida por esta acción interfiere con la actividad motora de las neuronas espejo que imitarían las expresiones faciales observadas. La cascada posterior de activaciones neuronales que conduciría al reconocimiento explícito de las emociones también se desorganiza.

Si esta descripción de cómo la imitación puede respaldar el reconocimiento de las emociones es correcta, se sigue que los buenos imitadores también deberían ser buenos para reconocer las emociones, y, por lo tanto, estarían dotados de una mayor empatía hacia los demás. Y, si ello *es verdad*, deberíamos observar una relación entre la tendencia a imitar a los otros y la capacidad de tener empatía con ellos. Casualmente, esta es la hipótesis que probaron los psicólogos sociales Tanya Chartrand y John Bargh.⁷³ En su primer experimento, se solicitó a un sujeto que eligiera algunas fotos de entre varias que se le presentaban. En la misma sala había un experimentador sentado, *que fingía* ser otro sujeto. (En la jerga experimental, se denomina “cómplice”). El pretexto era que los investigadores necesitaban algunas fotos para una prueba psicológica y querían saber qué fotos consideraba el sujeto que eran las más estimulantes. En realidad, mientras el sujeto verdadero elegía las fotos, el cómplice realizaba una acción con toda intención, ya sea frotarse el rostro o agitar un pie. A los sujetos se les grabó en video y se midió su comportamiento motor. Al analizar la cinta de video, Chartrand y Bargh registraron que los sujetos imitaban de manera inconsciente la acción del cómplice que también se hallaba en la sala. Los sujetos que compartieron el cuarto con el cómplice que se frotaba el rostro, hicieron lo mismo más veces que los sujetos que compartieron la sala con quienes agitaban el pie, y viceversa.

En un segundo experimento, Chartrand y Bargh pusieron a prueba la hipótesis de que una de las funciones del “efecto camaleón” es aumentar la probabilidad de que dos individuos se gusten de inmediato. Una vez más, a los participantes se les pidió que eligieran fotos en compañía de un cómplice que simulaba ser otro participante. Esta vez, el pretexto era que el participante y el cómplice se turnarían para describir lo que veían en diversas fotos. Durante todo el experimento, el cómplice imitaba las posturas, los movimientos y los gestos espontáneos del sujeto, o mantenía una postura neutral. Al finalizar tales interacciones, se solicitaba a los participantes que respondieran un cuestionario para informar cuánto les había gustado el otro participante (es decir, el cómplice) y con qué grado de facilidad creían que se había desarrollado la interacción. A esta altura, pueden

⁷³ Chartrand, T. L. y J. A. Bargh, “The chameleon effect: The perception-behavior link and social interaction”, *Journal of Personality & Social Psychology*, 76, 1999, pp. 893-910.

predecir los resultados: los participantes que fueron imitados por los cómplices gustaron mucho más de ellos que los participantes que no habían sido imitados. Además, los sujetos imitados calificaron la facilidad de la interacción con un puntaje más alto que los participantes que no fueron imitados. El experimento demostró con claridad que la imitación y el “gustarse” tienden a ir de la mano. Cuando alguien nos imita, tendemos a gustar más de esa persona. ¿Esta es la razón *por la cual* tenemos una tendencia tan automática a imitarnos los unos a los otros? Creo que sí.

En su último experimento, el más importante, Chartrand y Bargh pusieron a prueba la hipótesis de que cuanto más uno actúa como camaleón, más se preocupa por los sentimientos de los otros, es decir, más empatía tiene. La situación de este tercer experimento era la misma que la del primero, con el cómplice ya sea frotándose el rostro o agitando el pie. Lo nuevo de este último experimento era que los participantes respondían un cuestionario que medía las tendencias de la empatía. Ahora, Chartrand y Bargh descubrieron una intensa correlación entre el grado de comportamiento imitativo que exhibían los participantes y su tendencia a sentir empatía. Cuanto más el sujeto imitaba la acción de frotarse el rostro o la de agitar el pie, más empático era ese individuo. Este resultado sugiere que, a través de la imitación y de la mímica, podemos sentir lo que sienten otras personas. Al poder sentir lo que otros sienten, también podemos comprender sus estados emocionales.

Se trata de estudios bien diseñados y convincentes, y hay muchos más. De hecho, para realizar un análisis exhaustivo de todos los datos de comportamiento que sugieren la existencia de un fuerte vínculo entre la imitación y la empatía, se necesitaría un libro dedicado sólo al tema, pero no quiero omitir dos resultados que representan los extremos opuestos de un *continuum*. Por una parte, sabemos que las parejas tienen una “mayor similitud facial” (se parecen más físicamente) después de convivir veinticinco años que al momento de contraer matrimonio. Este efecto también se correlaciona con la calidad del matrimonio: a mayor calidad, mayor parecido facial. En realidad, no debería sorprendernos. Amar, compartir y convivir nos hace parecer cada vez más a la persona que está a nuestro lado. El cónyuge se vuelve un segundo yo. Por otra parte, existen las “consecuencias de la pérdida facial”, según sostiene Jonathan Cole, neuropsicólogo británico que investiga los efectos subjetivos de las diferencias faciales. Entre sus pacientes, quienes nacieron con el síndrome de Moebius, que es una incapacidad congénita para mover los músculos del rostro, manifiestan no sólo la capacidad alterada de comunicar las emociones que sienten, sino también la incapacidad de reconocer las emociones de los demás. Expresa un paciente que “el rostro del otro me exige que responda a una relación y que la mantenga, pero es una relación que no puedo controlar por entero”. Nuestro estimado amigo Maurice Merleau-Ponty escribe: “Vivo en la expresión facial del otro, como lo siento a él vivir en la mía”. Por desgracia, los pacientes de Cole no pueden vivir en la expresión facial del otro porque no pueden mover sus propios músculos faciales. Esta incapacidad, y la consecuente de reflejar mediante las neuronas espejo las expresiones faciales de los demás, destruye toda forma de interacción emocional y torna imposible sentir una comprensión profunda de las emociones de los otros.⁷⁴

Por lo tanto, los fundamentos para justificar la existencia de un vínculo entre los sistemas neuronales de la imitación (el sistema de las neuronas espejo) y los sistemas neuronales de

⁷⁴ Zajonc, R. B., P. K. Adelman, S. T. Murphy *et al.*, “Convergence in the physical appearance of spouses”, *Motivation and Emotion*, 11, 1987, pp. 335-346; Cole, J., “Empathy needs a face”, *Journal of Consciousness Studies*, 8, 2001, pp. 51-68; Merleau-Ponty, M., *The Primacy of Perception*, Evanston, Northwestern University Press, 1964.

las emociones (el sistema límbico) son sólidos. No obstante, ambos sistemas son muy diferentes en el cerebro. ¿Cómo se encuentran? ¿Cuál es la vía neuronal?

Espejos empáticos

Los rasgos le son dados al hombre como el medio a través del cual expresa sus emociones...

SIR ARTHUR CONAN DOYLE

Para ser enteramente honesto, el problema de cómo se conectan las áreas del cerebro que contienen neuronas espejo con las áreas límbicas que se ocupan de las emociones, me lo planteó en el otoño del año 2000 un estudiante que asistía a un seminario sobre imitación y neuronas espejo. En mi presentación, había sugerido una relación hipotética entre las neuronas espejo y la capacidad de sentir empatía. (En ese momento, la relación era aún bastante hipotética. Estábamos recién comenzando a reunir los datos empíricos.) En la sesión de preguntas y respuestas posterior a la presentación, este alumno me preguntó si yo sabía si existían conexiones anatómicas entre el sistema de las neuronas espejo y el sistema límbico, dada mi hipótesis sobre el papel de las neuronas espejo en nuestra comprensión de las emociones de los demás. Mi débil respuesta a esta brillante pregunta fue que no tenía idea y que sin dudas debía analizarlo. (A propósito, este episodio es un buen ejemplo de por qué me gusta dar seminarios. Los alumnos –y los colegas, por supuesto– a menudo me dan buenas ideas y me obligan a reexaminar un tema que ya consideraba resuelto.)

Al tratar de entender de qué modo “se hablan” las distintas regiones del cerebro, un buen sitio donde comenzar es la anatomía del órgano. Un elemento básico de esta anatomía es que, para comunicarse, las células cerebrales deben estar conectadas de algún modo. De alguna manera, por supuesto, todas las células están conectadas entre sí, al igual que la más pequeña ciudad de este extenso país –Estados Unidos– está conectada con cada una de las otras ciudades a través de la red de carreteras. Nosotros *podemos* ir de A a Z; el camino puede ser indirecto, pero es posible recorrerlo. Lo mismo puede decirse del cerebro, pero sólo en teoría, porque el laberinto de conexiones es exponencialmente –infinitamente, deberíamos decir– más complejo que la red de carreteras de Estados Unidos o de cualquier otro país. Para que una región del cerebro hable con otra, se necesita una vía bastante directa, digamos una carretera nacional de algún tipo. Eso es lo que yo necesitaba identificar, y cuando por fin hallé el tiempo para estudiar esta cuestión, una región cerebral y sólo una se destacaba de las demás al presentar conexiones anatómicas bien documentadas con las áreas tanto de las neuronas espejo como del sistema límbico.⁷⁵ Dicha área se denomina ínsula, un término tomado del latín que significa “isla”. La forma de la ínsula puede recordarnos a la de una isla (al menos debe habérsela recordado a alguien, en la época en que comenzaron a denominarse las áreas cerebrales), pero, a excepción de ello, el nombre es incorrecto. Desde el punto de vista funcional, la ínsula no es para nada una isla: presenta un sorprendente patrón de conexiones anatómicas con una gran cantidad de áreas cerebrales. Darme cuenta de esto me entusiasmó. Por fin había hallado la prueba para demostrar la existencia de una vía anatómica que conecta las áreas donde están las neuronas espejo y las áreas límbicas, una vía que podría sustentar mi hipótesis de que

⁷⁵ Augustine, J. R., “Circuitry and functional aspects of the insular lobes in primates including humans”, *Brain Research Reviews*, 2, 1996, pp. 229-294.

entendemos las emociones de los demás gracias a nuestras propias neuronas espejo, las cuales se activan cuando vemos el rostro sonriente o enfadado de otra persona.

Sin embargo, pasado el entusiasmo inicial, me calmé. La existencia de conexiones anatómicas es una buena condición previa para explicar por qué dos regiones cerebrales hablan entre sí. A pesar de ello, la anatomía no nos dice qué clase de conversación mantienen. Lo que yo precisaba era un experimento de captura de imágenes cerebrales que respaldara mi hipótesis. Dados los vínculos entre la imitación y el sistema de las neuronas espejo en los humanos que se analizaron en el capítulo 2, y dada la gran cantidad de datos sobre comportamiento relativos a la imitación y a la empatía que vimos con anterioridad en este mismo capítulo, decidí estudiar la actividad cerebral en voluntarios sanos que miraban o *imitaban* fotos de rostros que expresaban las emociones básicas de temor, tristeza, enfado, felicidad, sorpresa y asco. La idea era relativamente simple: si en verdad las neuronas espejo se comunican con las áreas cerebrales “emocionales” del sistema límbico a través de la ínsula, la tecnología de la RMNF debería mostrar una activación simultánea de las tres áreas, a saber, las neuronas espejo, el sistema límbico y la ínsula, mientras los sujetos sólo miraban los rostros que expresaban emoción. Además, si las neuronas espejo envían las señales, deberíamos registrar un aumento de la actividad cerebral en aquellos sujetos que también imitaban las expresiones. Tal aumento debería observarse no sólo en las áreas de las neuronas espejo, sino también en las áreas de la ínsula y límbica, porque la mayor actividad de las áreas de las neuronas espejo debería propagarse a las otras, que reciben las señales de dichas neuronas. Este último punto es el clave: la actividad esperada de las áreas de las neuronas espejo durante la imitación debería propagarse.

Tal era nuestra hipótesis, y los resultados confirmaron mis dos predicciones. De hecho, las áreas donde se hallan las neuronas espejo, la ínsula y las áreas cerebrales emocionales del sistema límbico, en particular la amígdala cerebral, que es una estructura límbica con alta respuesta a los rostros, se activaron mientras los sujetos observaban los rostros, y la actividad aumentó en los sujetos que, además, imitaban lo que veían. Estos resultados claramente sustentan la idea de que las áreas con neuronas espejo nos ayudan a entender las emociones de los demás mediante alguna forma de imitación interna. De acuerdo con esta “hipótesis de la empatía a través de las neuronas espejo”, dichas neuronas se activan cuando vemos a los demás expresar sus emociones, tal como si nosotros estuviéramos haciendo las expresiones faciales que vemos. Mediante esta activación, las neuronas también envían señales a los centros cerebrales de la emoción que se encuentran en el sistema límbico para hacernos sentir lo mismo que los otros.

Figura 2. Los mecanismos neuronales de la empatía. Las neuronas espejo efectúan una imitación interna, o simulación, de la expresión facial observada. Envían señales al sistema límbico a través de la ínsula, y dicho sistema nos permite sentir la emoción que vemos

NEURONAS ESPEJO

ÍNSULA

SISTEMA LÍMBICO

Simulan la expresión facial

Siente la emoción

(p. 119 del original)

En su famoso cuento “La carta robada”, Edgar Allan Poe escribe, a través de las palabras del protagonista C. August Dupin: “Si quiero averiguar si alguien es inteligente, o estúpido, o bueno, o malo, y saber cuáles son sus pensamientos en ese momento, adapto lo más posible la expresión de mi cara a la de la suya, y luego espero hasta ver qué pensamientos o sentimientos surgen en mi mente o en mi corazón, coincidentes con la expresión de mi cara”.⁷⁶ ¡Cuánta preciencia! Poe no podría haber elegido una mejor manera de penetrar en la vida interna de sus personajes. Sin embargo, no fue el único. En la literatura científica sobre las emociones, la teoría de que la experiencia emocional cobra forma mediante los cambios de la musculatura facial –la “hipótesis de la retroalimentación facial”– tiene muchos antecedentes. Charles Darwin y William James fueron dos de los primeros en escribir sobre el tema (aunque Poe se adelantó a ambos por varias décadas). Darwin escribe: “La expresión libre de una emoción se intensifica por medio de signos externos. Por otro lado, la represión de todos sus signos exteriores suaviza nuestra emoción”. Para James, el fenómeno significa que “nuestra vida mental está entretejida con nuestro marco corpóreo, en el sentido más literal del término”.⁷⁶

Existe una gran cantidad de comprobaciones empíricas que sustentan la hipótesis de la retroalimentación facial, la cual, a la vez, se alinea maravillosamente con nuestras investigaciones sobre las neuronas espejo. Al simular que en verdad hacemos las expresiones faciales que sólo observamos, estas neuronas proporcionan el mecanismo para la retroalimentación facial simulada. Este proceso de simulación no es una mímica deliberada, que hacemos con esfuerzo, para hacer de cuenta que estamos en la situación de la otra persona. Se trata de un reflejo especular interno *que no nos implica ningún esfuerzo*, automático e inconsciente.

Publicamos los resultados de nuestro experimento en las actas de la Academia Nacional de Ciencias.⁷⁷ El trabajo atrajo mucha atención de los medios, aun de un par de grandes canales televisivos. Para atrapar el interés de los lectores, algunos diarios y revistas tomaron prestada una frase que hizo famosa el ex presidente Bill Clinton al hablar con manifestantes con sida en su época de campaña presidencial: “Siento su dolor”. (Fue una exageración. Los detractores de Clinton, junto con todos los comediantes del país, usaron esta frase para parodiarlo sin piedad durante años.) Naturalmente, nuestro experimento no se había centrado en particular en lo que sucede cuando vemos a personas que sienten dolor. Sin embargo, con posterioridad a nuestro estudio, otros sí se ocuparon de ese tema.

Siento su dolor

A veces, la depresión crónica, los trastornos obsesivo-compulsivos y algunos otros trastornos psiquiátricos se tratan mediante la extirpación de la corteza cingulada, una región de la neocorteza íntimamente conectada con la corteza premotora. Antes del

⁷⁶ Traducción tomada de “La carta robada”, traducida por Julio Cortázar, *Cuentos*, vol. 1, Alianza Editorial, 1970, p. 525.

⁷⁶ Poe, E. A., *The tell-tale heart and other writings*, Nueva York, Bantam Books, 1982; Darwin, C., *The expression of the emotions in man and animals*, University of Chicago Press, 1965; James, W., 1890, “What is an emotion?”, en Calhoun, C. y R. C. Solomon (eds.), *What is an emotion?*, Nueva York, Oxford University Press, 1984, pp. 125-142.

⁷⁷ Carr, L., M. Iacoboni, M. C. Dubeau *et al.*, “Neuronal mechanisms of empathy in humans: A relay from neuronal systems for imitation to limbic areas”, *Proceedings of the National Academy of Science*, 100, 2003, pp. 5497-5502.

procedimiento en sí, y con el consentimiento del paciente, desde luego, los neurocirujanos pueden utilizar electrodos que se implantan en la profundidad del cerebro como parte del procedimiento neuroquirúrgico para examinar la actividad que se produce a escala unicelular. (Por razones éticas, las clásicas investigaciones unicelulares con los macacos están fuera de nuestro alcance, con escasas excepciones. Esta cirugía es una de ellas. Quizás el grupo más significativo de excepciones es el de las personas epilépticas, tal como veremos en el capítulo 7). Es obvio que la ubicación de los electrodos en estos pacientes está determinada exclusivamente por razones médicas, no por curiosidad experimental. Aun así, con la ayuda de los pacientes, es posible reunir información única y en extremo valiosa.

Hay muchas funciones que se asocian con actividad en la corteza cingulada. Una es la respuesta a los estímulos dolorosos. William Hutchison y sus colegas de la Universidad de Toronto estudiaron algunas células de la corteza cingulada del hombre que respondían de manera selectiva a los estímulos dolorosos que se aplicaban a los pacientes: pinchazos, en un caso. Al mismo tiempo, los investigadores descubrieron que una de estas células respondía ante la *visión* de los pinchazos que se aplicaban a otra persona (en este caso, los dedos del examinador).⁷⁸ Esta célula parece una neurona espejo, sólo que, a diferencia de las neuronas espejo que describí hasta el momento, la célula de Hutchison parece especializarse en procesar el dolor. En general, las neuronas espejo se activan ante acciones, no ante el dolor. Vale decir, son principalmente neuronas motoras (aunque por supuesto tienen importantes propiedades sensoriales). En realidad, con el experimento de captura de imágenes sobre el reflejo especular de las emociones que ya expliqué en este capítulo, nosotros sugerimos que las personas reflejan las emociones de los otros al activar primero las neuronas espejo de las expresiones faciales (o sea, neuronas motoras), las cuales, a su vez, activan los centros cerebrales de la emoción. De acuerdo con nuestro modelo, el reflejo especular de la emoción se produce a través de la simulación de la acción (en nuestro caso, la expresión facial, como también se muestra en la figura 2). La neurona del dolor de la corteza cingulada del hombre que describieron Hutchison y sus colegas presentó la posibilidad de que quizás existieran mecanismos de simulación del dolor que evadieran el comportamiento motor que le va asociado.

No obstante ello, la investigación con electrodos a profundidad limitada no podía tomar muestras de todo el cerebro. Por lo tanto, las respuestas de la corteza cingulada que son específicas del dolor no nos dicen si las neuronas espejo de las áreas motoras también se activan. Tales áreas motoras sí se activan cuando alejamos instintivamente la mano de la hornalla caliente, pero ¿se activan también cuando sólo vemos que alguien roza una hornalla caliente con la mano? Si lo que creemos acerca del papel que desempeñan las neuronas espejo es correcto, la respuesta es sí. Un mecanismo cerebral de simulación completa reflejaría no sólo el dolor, sino también la reacción motora de la persona a la que observamos.

A efectos de poner a prueba esta hipótesis, Salvatore Aglioti y sus colegas de la Universidad de Roma realizaron un experimento con estimulación magnética transcranial.⁷⁹ Partiendo de la observación básica de que las neuronas espejo se activan ante las acciones que realizan los otros, Aglioti y sus colegas utilizaron la bobina de hilo de cobre para medir el grado de excitación de la corteza motora mientras los participantes observaban videos de agujas que penetraban en las manos y los pies de otras personas. A

⁷⁸ Hutchison, W. D., K. D. Davis, A. M. Lozano *et al.*, "Pain-related neurons in the human cingulate cortex", *Nature Neuroscience*, 2, 1999, pp. 403-405.

⁷⁹ Avenanti, A., D. Buetti, G. Galati *et al.*, "Transcranial magnetic stimulation highlights the sensorimotor side of empathy for pain", *Nature Neuroscience*, 8, 2005, pp. 955-960.

los efectos de comparación y control, los participantes también observaron indolores hisopos que rozaban con suavidad las manos y los pies, así como agujas que penetraban ya no en manos y pies, sino en tomates. Durante la observación, el equipo de Aglioti midió el grado de excitabilidad de un músculo de la mano que ayuda en el movimiento de la mano hacia la aguja. También midió el grado de excitabilidad de un músculo cercano de la mano que no tiene ninguna función en el movimiento de la mano ya sea para ir hacia la aguja o para alejarse de ella.

La predicción: una respuesta empática al dolor por parte del sujeto produciría una excitabilidad *menor* del músculo que movería la mano *hacia* la aguja. Los resultados: tal como se esperaban. La corteza motora que controla el músculo que movería la mano hacia la aguja se excitaba menos cuando los sujetos observaban las agujas que penetraban en las manos, en comparación con lo que sucedía al observar las que penetraban en los pies, en los tomates o al observar los hisopos. La menor excitabilidad registrada durante la observación del dolor también resultó específica de los músculos en los que penetraban las agujas. La excitabilidad de los músculos cercanos de la mano no cambió. Además, se solicitó a los sujetos, después del experimento, que calificaran la intensidad del dolor que sentían los individuos a los que observaban en el video. Aglioti y sus colegas descubrieron que a menor excitabilidad motora de los músculos de los sujetos durante el experimento, mayor calificación del dolor. Es decir, cuanto más empatía tenían con el dolor observado, mayor era la simulación que realizaba su cerebro de una acción para “alejarse” de la aguja.

Este experimento demuestra que el cerebro produce una *simulación completa* –aun con el componente motor– de las experiencias de dolor observadas en otras personas. Aunque es habitual pensar en el dolor como una experiencia fundamentalmente personal, el cerebro, en realidad, lo trata como una experiencia compartida. Este mecanismo neuronal es esencial para generar lazos sociales. Asimismo, es muy probable que estas formas de resonancia con las experiencias dolorosas de los demás sean mecanismos relativamente tempranos de empatía desde un punto de vista evolutivo y de desarrollo. Las formas más abstractas de empatía pueden confiar menos en el reflejo especular somático y más en el reflejo especular afectivo. En otras palabras, en situaciones más abstractas quizás podamos tener empatía mediante el reflejo especular del aspecto afectivo del dolor. Por ejemplo, ¿cómo tenemos empatía con los demás en situaciones en las que no vemos sus expresiones faciales, sus posturas corporales, sus gestos? ¿Cómo tenemos empatía con las víctimas de tragedias terribles, tales como el huracán Katrina o el tsunami de Nochebuena que ocurrió en el sudeste asiático? En Londres, Tanya Singer, especialista en mapas cerebrales, abordó este interrogante⁸⁰ en particular al estudiar las respuestas empáticas en las parejas. En esta configuración, la mujer permanecía en el escáner mientras el marido, prometido o novio estaba sentado en una silla cercana. Cada uno de ellos estaba conectado a un electrodo colocado en la mano a través del cual Singer enviaba descargas eléctricas. Mediante una flecha de color que parpadeaba en sus respectivos monitores, se avisaba a la pareja con anticipación quién iba a recibir la próxima descarga, si el hombre o la mujer, y cuál sería la intensidad.

Cuando Singer analizó las respuestas cerebrales de los sujetos femeninos, halló que el sujeto femenino que recibía la descarga revelaba mayor actividad en las áreas somatosensoriales que procesan la información táctil (debido a la estimulación sensorial de la descarga que se aplicaba en la mano del sujeto) y en las áreas del cerebro que procesan el aspecto emocional del dolor (la sensación displacentera que se asocia con él; entre ellas estaba la misma corteza cingulada donde Hutchison y sus colegas observaron las células

⁸⁰ Singer, T., B. Seymour, J. O’Doherty *et al.*, “Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain”, *Science*, 303, 2004, pp. 1157-1162.

cerebrales que respondían a los pinchazos). Cuando las mujeres que estaban en el escáner sabían que su pareja iba a recibir la descarga, activaban *sólo* las áreas afectivas pertinentes al dolor, no las regiones sensoriales. La clave de todo esto es que estos sujetos no ven el daño físico que sufre su pareja en la mano. No ven el rostro del hombre cuando expresa dolor. No oyen gritos de dolor. Su conocimiento previo es bastante abstracto: una flecha de color en el monitor de una computadora es la única información que tienen sobre el dolor que siente su compañero. Aun así, en esta situación artificial, el cerebro de los sujetos femeninos de Singer reflejó el aspecto afectivo del dolor que experimentaban los hombres.

Pareciera que el cerebro estuviera *hecho para* producir reflejos, y que fuera sólo a través de ellos –a través de la simulación que hacemos en el cerebro de la experiencia que sienten otras mentes– que entenderíamos cabalmente lo que sienten otras personas.⁸¹

Empatía maternal

Si el reflejo especular es un mecanismo tan poderoso para entender los estados emocionales de otras personas y tener empatía con ellas, es de esperar que este reflejo presente una altísima actividad entre padres e hijos. Por cierto, existen muchas pruebas de comportamiento que lo demuestran. Observé en el capítulo 2 que los recién nacidos imitan movimientos por instinto a las pocas horas de vida. Los niños de no más de diez semanas imitan de manera espontánea y rudimentaria algunas expresiones de felicidad y de enfado que ven en la madre. Los niños de nueve meses manifiestan un reflejo especular amplio de las expresiones faciales de alegría y de tristeza. Y, por supuesto, las madres también imitan las expresiones faciales de sus hijos: desde el primer día, una boca abierta provoca otra boca abierta.⁸² Asimismo, las madres tienden a sincronizar sus movimientos más con sus propios hijos que con otros niños.⁸³ En la clásica “teoría del apego”, la sensibilidad maternal se define incluso como la disposición de la madre a responder a las necesidades de su hijo según dichas necesidades. El reflejo especular le permite lograr un potente entonamiento afectivo, y es probable que la capacidad maternal de reflejar los estados internos del niño adopte muchas formas.

Aún se desconocen muchos aspectos del papel que desempeñan las neuronas espejo en la empatía maternal, si bien es probable que estas células sean muy importantes para esta también importantísima función. Mi grupo de la UCLA está literalmente dando los primeros pasos en el intento de entender el mecanismo neurobiológico que subyace a la empatía maternal. En un proyecto de colaboración con un grupo de neurocientíficos y psicólogos italianos de Roma, hace poco estudié las respuestas neuronales de madres que miran fotos y que imitan las expresiones de sus propios bebés y de otros (a cuya madre desconocen).

⁸¹ La teoría del “bucle corporal como si” de Antonio Damasio, aunque no haga referencia directa a las neuronas espejo, al menos en las versiones originales que precedieron el descubrimiento de dichas neuronas, también invocó el papel central que desempeñan los procesos simulativos en la emoción. Remítase a Damasio, A. R., *Descartes error: Emotion, reason, and the human brain*, Nueva York, Putnam, 1994; Damasio, A. R., *The feeling of what happens: body and emotion in the making of consciousness*, Nueva York, Harcourt Brace, 1999; Damasio, A. R., *Looking for Spinoza: Joy, sorrow, and the feeling brain*, Orlando, Harcourt, 2003.

⁸² Haviland, J. M. y M. Lilac, “The induced affect response: 10-week-old infants’ responses to three emotion expressions”, *Developmental Psychology*, 23, 1987, pp. 97-104; Termine, N. T. y C. E. Izard, “Infants’ response to their mother’s expressions of joy and sadness”, *Developmental Psychology*, 24, 1988, pp. 223-229.

⁸³ Bernieri, F. J., J. S. Reznick y R. Rosenthal, “Synchrony, pseudosynchrony, and dissynchrony: Measuring the entrainment process in mother-infant interactions”, *Journal of Personality and Social Psychology*, 54, 1988, pp. 243-253.

Los bebés tienen de seis a doce meses, y en las fotos expresan alegría, incomodidad o nada. Los datos fueron concluyentes: fuertes respuestas en las áreas con neuronas espejo de la ínsula y en las áreas límbicas. Los padres son sujetos muy empáticos, y nos alegró ver respuestas tan sólidas en este circuito, el cual, tal como describimos en la figura 2, conecta las neuronas espejo con los centros cerebrales de la emoción y, en esta instancia, permite la comprensión empática de los estados emocionales de los bebés gracias a la simulación de las expresiones faciales observadas. Cualquier otro resultado nos hubiera enviado a fojas cero en estado de conmoción.

¿Qué sucede con la respuesta de la madre ante su bebé y ante otro? Acá también, tal como esperábamos sobre la base de los datos de comportamiento, el circuito neuronal se mostró más activo mientras las madres observaban las expresiones de sus propios bebés. Sin embargo, también hallamos algo inesperado: la fuerte activación de una región “fuera” del circuito que ya conocíamos mientras las madres observaban a sus propios hijos, en comparación con los otros niños. Se denomina pre-AMS y sabemos que es una región importante para la planificación motora compleja y el secuenciamiento motor, es decir, para unir una serie de acciones concatenadas.

En el mono, la homóloga del área pre-AMS es el área F6. Resulta llamativo, porque el área F6 tiene fuertes conexiones anatómicas con el área F5, una de las áreas del cerebro del mono que contiene neuronas espejo, como ya sabemos. Además, existen datos que sugieren que el área F6 puede controlar y modular la actividad de las células del área F5.⁸⁴ Por lo tanto, la fuerte respuesta en el área pre-AMS del cerebro de las madres indicaría que cuando observan a sus propios hijos, no sólo reflejan las emociones de las expresiones faciales del bebé, sino que también activan una serie de planes motores para interactuar con el bebé de manera efectiva. Después de todo, si el bebé llora, poco ayuda a la madre también romper en llanto... Una interacción efectiva exige que la madre responda adecuadamente para consolar al bebé. La alta actividad del área pre-AMS mientras las madres observan a sus propios bebés quizás represente el inicio simulado de una serie de acciones apropiadas que respondan a la situación emocional del niño.

Si consideramos que las madres que participaron en este experimento, como todos quienes pasan por una RMNF, estaban acostadas inmóviles dentro de una máquina grande y ruidosa, y que sólo observaban las fotos de los bebés, las fuertes respuestas del área pre-AMS son sorprendentes. Sugieren que el reflejo inicial automático de las expresiones faciales de los bebés dispara toda una cascada de respuestas cerebrales automáticas de simulación que recrean las interacciones de la vida real entre la madre y el bebé. Estas tareas de simulación y recreación automáticas constantes tienen por objeto prepararnos para cuando de verdad necesitemos actuar. Quizás ello sea particularmente cierto en el campo de la empatía, donde uno de los elementos que la definen es la capacidad de responder de manera compasiva ante la alteración de la otra persona. En el caso de la empatía maternal, no hay dudas de que esta capacidad logra su máxima expresión.

5

Enfrentarse con uno mismo

¿Eres tú o soy yo?

Los humanos tendemos a sincronizar los movimientos casi por instinto. Yo cruzo los

⁸⁴ Rizzolatti, G. y G. Luppino, “The cortical motor system”, *Neuron*, 31, 2001, pp. 889-901.

brazos, usted cruza los suyos, yo lo miro, usted desvía la mirada, usted vuelve a mirarme, yo desví la mirada, yo lo miro, usted inicia una nueva frase, usted me mira, yo inicio una nueva frase... es casi como si bailáramos un minué. En situaciones grabadas tales como las que describí en capítulos anteriores, observar esto es fascinante. Sucede asimismo que, cuanto más se gustan las personas, más parecen imitarse, lo cual también es lógico. La imitación y la sincronía es el adhesivo que nos une. De allí, la aseveración que formulé con toda confianza de que las neuronas espejo son esenciales para la necesidad que tenemos los humanos de encuadrar lo más armónicamente posible en nuestro contexto social. Estamos todos en el mismo barco y las neuronas espejo nos ayudan a sacar el máximo provecho. Las necesitamos. Nos permiten reconocer las acciones de otras personas, imitar a otras personas, entender sus intenciones y sentimientos. Sin embargo, si nos detenemos a pensar un minuto, estas funciones que realizan las neuronas espejo crean un interesante rompecabezas para los neurocientíficos que investigan el modo en que el cerebro codifica el hecho de que somos “agentes”, es decir, los *propietarios* de una determinada acción. Cuando tomo con la mano un pocillo de café mientras usted hace exactamente lo mismo, ¿de qué modo mi cerebro distingue mi acción de la suya? Esta distinción es obvia para quienes departimos relajados sobre este tema, pero el gran interrogante para los neurocientíficos es de qué modo, exactamente, el cerebro lo vuelve obvio.

Creo que la respuesta se encuentra en el primerísimo experimento en el que investigué el papel de las neuronas espejo en la imitación, donde se midió la actividad cerebral mientras los sujetos realizaban e imitaban movimientos con la mano. Mi análisis del capítulo 2 no mencionó el elemento más sorprendente de los resultados: el opérculo parietal, un área del cerebro que recibe información sensorial de las manos (¿se abrieron o se cerraron?, ¿el objeto palpado era blando o filoso?), se mostró más activo durante la imitación en comparación con la mera ejecución del mismo movimiento.⁸⁵ Parece tratarse de neuronas espejo, ¿no es cierto? En la imitación, estas neuronas básicamente “suman” las activaciones que provienen de la observación y de la ejecución. El problema es que el opérculo parietal *no es*, hasta donde sabemos, un área con neuronas espejo y no desempeña ninguna función de reflejo conocida. Los movimientos de la mano que se efectuaron en el experimento eran en gran medida idénticos, de modo que la información que estas células recibían de las manos en movimiento también era en gran medida idéntica. Entonces, ¿por qué la diferencia del tipo “neurona espejo” en la activación? Estábamos muy sorprendidos.

La investigación se concentró en el hecho de que la mayor actividad del opérculo parietal estaba localizada en el hemisferio cerebral derecho, una región fundamental para la representación mental del cuerpo y de sus extremidades: el “esquema corporal”, tal como se lo denomina. (Sabemos esto porque los pacientes con lesiones en esta región pueden tener graves trastornos de conciencia corporal. Pueden negar que tienen el brazo izquierdo paralizado; o afirmar que no es de ellos, sino que pertenece a un pariente. Incluso, pueden creer que tienen más de dos brazos.) La activación aumentada que se registró durante la imitación en esta región, la cual juega un papel muy importante en el establecimiento de la conciencia corporal, podría ser la manera en la que el cerebro supera cualquier confusión que pudieran causarle las neuronas espejo, cualquier tendencia que pudieran tener a hacernos perder la sensación de que somos los agentes de nuestras propias acciones. Es una forma que el cerebro ideó para reafirmar el sentido de pertenencia de nuestras propias acciones.

Hasta este momento del libro, sostuve que el papel principal que desempeñan las neuronas espejo es el de permitirnos entender las intenciones y emociones de los demás, y, así,

⁸⁵ Iacoboni, M., R. P. Woods, M. Brass *et al.*, “Cortical mechanisms of human imitation”, *Science*, 286, 1999, pp. 2526-2528.

facilitar el comportamiento social. Parecen estar tan “interesadas” en los otros tanto como lo están en el yo en cuyo cerebro residen. Su patrón de activación puede dar la impresión de que no participan mucho en la construcción de un sentido del yo. Esa podría ser la impresión que usted tiene en este momento, y sería razonable, pero voy a dedicar el resto de este capítulo a hacerla cambiar. Comenzaré con algunas consideraciones teóricas, de las cuales la más desafiante podría ser la posición de diversos autores (en especial de tradición fenomenológica, como veremos en el último capítulo) que han sostenido que no podemos y no debemos separar artificialmente el yo del otro. Están “co-constituidos”, como dicen en su jerga. Tal como afirma el filósofo fenomenólogo Dan Zahavi: “Se iluminan recíprocamente y sólo pueden entenderse en su interconexión”.⁸⁶ Aunque extraño en primera instancia, el argumento pronto comienza a cobrar sentido. ¿Cómo podemos llegar a pensar en el “yo”, si no en términos del “otro” que el yo no es? Sin el “yo”, casi no tiene sentido definir a un “otro”, y sin ese otro, no tiene mucho sentido definir el yo. ¿Y cómo podrían las neuronas espejo no jugar un papel en esta situación? Se trata de las mismísimas células cerebrales que parecen indicar (con su patrón de activación neuronal) esta relación inevitable entre el yo y el otro, la inevitable interdependencia. Sin embargo, obsérvese con cuidado que la tasa de activación de las neuronas espejo no es la misma para las acciones del yo que para las de los otros. Como ya hemos visto en repetidas ocasiones (de hecho, en todos los experimentos que se han llevado a cabo sobre las neuronas espejo), la descarga es mucho más fuerte con las acciones del yo que con las del otro. Así, las neuronas espejo encarnan tanto la interdependencia del yo con el otro (al activarse con las acciones de ambos) como la interdependencia que al mismo tiempo sentimos y necesitamos, al activarse con más potencia con las acciones propias.

Mi teoría sobre el modo como las neuronas espejo devienen el adhesivo neuronal entre el yo y el otro se inicia con el desarrollo de las neuronas espejo en el cerebro infantil. Si bien aún no contamos con datos empíricos, no es difícil imaginar un escenario altamente probable. El bebé sonríe, el progenitor sonríe en respuesta. Dos minutos después, el bebé vuelve a sonreír, el progenitor vuelve a sonreír. Gracias al comportamiento imitativo de los padres, el cerebro del bebé asocia el plan motor necesario para sonreír con la visión del rostro sonriente. Por lo tanto, ¡presto! Nacen las neuronas espejo correspondientes al rostro sonriente. La próxima vez que el bebé vea que alguien sonríe, la actividad neuronal asociada con el plan motor de la sonrisa será evocada en el cerebro del bebé, *simulando* una sonrisa. Si esta descripción de cómo las neuronas espejo comienzan a cobrar forma en el cerebro es acertada (y, por cierto, estimo que lo es), luego el “yo” y el “otro” se funden de modo inextricable en las neuronas espejo. En verdad, de acuerdo con este relato, las neuronas espejo del cerebro infantil *son formadas por las interacciones entre el yo y el otro*. Es éste el concepto clave que debemos recordar para entender el papel que desempeñan estas neuronas en el comportamiento social de los humanos. Tiene sentido que, más adelante en la vida, utilicemos estas mismas células cerebrales para entender los estados mentales de otras personas. Pero también tiene sentido que utilicemos estas mismas células para construir un sentido del yo, dado que estas neuronas se originan en una etapa temprana de la vida, cuando el comportamiento de los demás es el reflejo de nuestro *propio* comportamiento. En los demás, nos vemos a nosotros mismos con las neuronas espejo.

De hecho, otro punto a favor del vínculo existente entre el yo y el otro, la imitación y las neuronas espejo, proviene de datos empíricos. Se investigó la imitación espontánea en parejas de niños mediante un estudio sobre el desarrollo. En algunas de estas parejas,

⁸⁶ Zahavi, D., “Beyond empathy: Phenomenological approaches to intersubjectivity”, *Journal of Consciousness Studies*, 8, 2001, pp. 151-167.

ambos niños habían adquirido la capacidad de reconocerse frente al espejo; en algunas otras, ningún niño había adquirido aún esta capacidad. Los resultados fueron claros. Las parejas de niños con la capacidad de reconocerse frente al espejo se imitaban mutuamente mucho más que las parejas de niños que aún no contaban con la capacidad de reconocimiento especular.⁸⁷

El autorreconocimiento y la imitación van de la mano porque las neuronas espejo nacen cuando el “otro” imita al “yo” en una etapa temprana de la vida. Las neuronas espejo son la consecuencia neuronal de esta sincronía motora temprana entre el yo y el otro, y devienen los elementos neuronales que codifican a los actores de esta sincronía (el yo y el otro, obviamente). Por supuesto, debemos tener algunas neuronas espejo al nacer, dados los datos de Meltzoff sobre la imitación en los niños muy pequeños. No obstante, mi argumento se basa en el supuesto de que el sistema de las neuronas espejo cobra forma en gran medida a través de las interacciones imitativas entre el yo y el otro, en particular cuando somos muy pequeños (aunque creo que la experiencia de ser imitado puede dar forma a las neuronas espejo más tarde en la vida también, tal como veremos en el capítulo siguiente). A la luz de mi teoría, tiene sentido que la pareja de niños que podía reconocerse a sí mismo también fuera la que imitaba más. Las mismas neuronas –neuronas espejo– intervienen en ambos casos, y si pueden ejecutar una de las funciones (autorreconocimiento) también pueden ejecutar la otra (imitación). Sin embargo, ¿qué quieren decir los científicos cuando hablan de “autorreconocimiento”?

La prueba del reconocimiento en el espejo

El concepto del yo es muy complejo. Participan varios factores en su creación, la cual normalmente constituye un problema para los experimentadores, quienes precisan reducir la complejidad del fenómeno a dimensiones manejables. Por fortuna, sobre este tema contamos hoy con un paradigma experimental bastante simple que nos permite buscar algún aspecto relativo a la conciencia del propio yo –un aspecto importante, en nuestra opinión– aun en niños muy pequeños, incluso en animales. Denominamos a ésta prueba de reconocimiento en el espejo. (¡Más espejos! Si empiezan a sentir que hay demasiados en este libro, no puedo culparlos, ni tampoco hacer mucho para modificarlo. Al menos no aquí. Se trata de una prueba importante y muy atractiva.) Fue diseñada por Gordon Gallup, un profesor universitario de psicología de la State University of New York Albany, a fines de la década de 1960. Tal como sucedió con el descubrimiento de las neuronas espejo, no dejó de intervenir cierto grado de casualidad. Cuando cursaba sus estudios de posgrado, Gallup asistía a un curso que exigía un proyecto de investigación. Comenta: “Me encontré una mañana pensando qué hacer mientras me afeitaba frente al espejo. Al observar la imagen que me devolvía el espejo, empecé a preguntarme si otras especies eran capaces de reconocer su propio reflejo, y cómo podría probarse”.⁸⁸

Tal como Gallup pronto descubrió, los científicos habían utilizado los espejos justo de este modo desde mediados del siglo XIX. Charles Darwin se cuenta entre los primeros: probó con sus propios hijos (quienes por fin pasaron la prueba) y luego propuso, con acierto, que dicha capacidad es signo de un intelecto superior. Al probar esta hipótesis, Darwin colocó el espejo frente a dos orangutanes del Jardín Zoológico de Londres. Consideró que los dos

⁸⁷ Asendorpf, J. B., y P. M. Baudonniere, “Self-awareness and other-awareness: Mirror self-recognition and synchronic imitation among unfamiliar peers”, *Developmental Psychology*, 29, 1993, pp. 88-95.

⁸⁸ Keenan, J. P., G. G. Gallup y D. Falk, *The face in the mirror: The search for the origins of consciousness*, Nueva York, Ecco, 2003.

animales se comportaron como si estuvieran frente a otros dos animales en vez de estar frente a sus propias imágenes reflejadas. Durante cerca de un siglo, otros científicos utilizaron el espejo en investigaciones similares con animales y con niños, pero su evaluación del comportamiento de los sujetos frente al espejo fue, al igual que la de Darwin, sólo descriptiva, con todos los inconvenientes que presenta de por sí un método puramente descriptivo. Para expresarlo en términos sencillos, dichos inconvenientes comprenden, sobre todo, la ausencia de un patrón de evaluación objetivo, así como un sesgo no reconocido de parte del investigador. Gordon Gallup recogió esta vieja idea de investigación, cuyo desarrollo había quedado inconcluso, y la formalizó con una simpleza admirable.

Los primeros sujetos sometidos a la prueba fueron chimpancés y, en un primer momento, lo único que hizo Gallup fue observar el comportamiento espontáneo que tenían frente al espejo. A este solo respecto el trabajo de Gallup ya constituyó un gran avance. Para la prueba, los chimpancés tenían que conocer el espejo. Si no, el factor sorpresa sesgaría los resultados. También debían tener la oportunidad de familiarizarse más con los espejos, y él necesitaba adquirir una idea acabada de cómo se modificaba su comportamiento espontáneo ante la presencia del espejo con el tiempo. Esta fase inicial del estudio insumió varios días. En la segunda fase, los animales fueron anestesiados y se utilizó una tintura inodora para marcarles la frente. El objetivo es claro: la marca no podía ser vista por los animales en forma directa, sino sólo en el espejo. Cuando los animales se despertaron de la anestesia, Gallup no los puso frente al espejo de inmediato. Debía estudiar su comportamiento para determinar si podían sentir u oler la marca. Los chimpancés no demostraron ser conscientes de ella, no hicieron ningún intento de tocarla ni nada fuera de lo habitual. Sólo entonces Gallup volvió a mostrarles el espejo... y sin demoras los animales mostraron un notorio cambio de conducta. Los chimpancés se tocaban la marca con frecuencia, la examinaban de cerca, y ¡utilizaban varias veces el espejo! Prueba positiva: sabían que se estaban mirando a ellos mismos en el espejo. Con la simple idea de marcar la frente del animal, Gallup había diseñado una forma efectiva y objetiva de probar el autorreconocimiento en los animales. En principio, toda la prueba podía reducirse a dos cifras: la cantidad de veces que el animal se toca la frente con la marca y sin ella.

Asimismo, Gallup condujo un obligado experimento de control. Algunos chimpancés que nunca habían sido expuestos a un espejo fueron anestesiados. Se les marcó la frente con la tintura inodora. Dado que estos animales nunca habían visto su rostro, Gallup preveía que no iban a tener un comportamiento tan elocuente, orientado a la marca, como en el caso del grupo de chimpancés anterior. De hecho, este segundo grupo de chimpancés básicamente pasó por alto la marca aun cuando estuvieron frente al espejo.⁸⁹ ¿Por qué? La marca no les llamaba la atención. No tenían forma de saber que antes no estaba.

La prueba de reconocimiento en el espejo se transformó con rapidez en una herramienta muy utilizada y ampliamente aceptada en el ámbito de la investigación sobre cognición animal. Los monos no pasan la prueba. Ven su reflejo como el de otro mono, tratan de jugar con él y, cuando ven que no pueden, miran *detrás* del espejo para averiguar qué es lo que pasa. Es una lástima que no podamos realizar experimentos a escala unicelular en estas circunstancias, ya que es probable que las neuronas espejo se vuelvan realmente locas en ese momento. Resulta ser, entonces, que Darwin estaba equivocado. Los orangutanes, en particular los criados en un entorno humano, pasan la prueba.⁹⁰ Nos ha sorprendido saber

⁸⁹ Gallup, G. G., "Chimpanzees: Self-recognition", *Science*, 167, 1970, pp. 86-87.

⁹⁰ Miles, H., "Me chantek: The development of self-awareness in a signing orangutan", en Parker, S. y R. Mitchell, *Self-awareness in animals and humans: Developmental perspectives*, Cambridge, Cambridge University Press, 1994, pp. 254-272.

que la mayoría de los gorilas no pasan la prueba de reconocimiento en el espejo. Los pocos que sí la pasan fueron criados en un entorno con un alto componente humano.

El hecho de que el contexto social tenga una importancia fundamental en el desarrollo de la capacidad de autorreconocimiento de los simios es revelador. El aislamiento parece inhibir la capacidad de desarrollar el autorreconocimiento; un contexto social enriquecedor la facilita. ¿Cuál es la principal diferencia entre ambos entornos? La presencia de los *otros*, las relaciones e interacciones continuas que debemos mantener con otros individuos. Las neuronas espejo se activan cuando observamos acciones y cuando realizamos esas mismas acciones. En síntesis, cuando nosotros (y los simios) miramos a los otros, nos encontramos tanto con ellos *como con nosotros*. Se trasluce un fuerte vínculo entre el entorno social y el sentido del yo.

Si ello es verdad, se esperaría que también otros animales con una enorme habilidad comunicativa y que son sociales muestren signos de autorreconocimiento en la prueba del reconocimiento en el espejo. De hecho, los delfines parecen tener autorreconocimiento, aunque es difícil estudiar un comportamiento orientado por marcas en animales sin extremidades. En un estudio reciente, los delfines que habían sido marcados en varias partes del cuerpo pasaron más tiempo frente a un gran espejo que se colocó bajo el agua, en comparación con el momento en que no tenían el cuerpo marcado. Asimismo, los delfines hacían torsiones y ángulos con el cuerpo de una manera que parecía indicar que estaban intentado mirar las marcas. Si consideramos que el comportamiento imitativo y empático ha sido asociado con los delfines, la comprobación de que existe cierta forma de autorreconocimiento en estos animales constituiría un vínculo más entre la imitación, la empatía y el sentido del yo.⁹¹

Los elefantes también han sido asociados con un comportamiento social complejo y empático. ¿Los elefantes también pueden autorreconocerse? Un estudio temprano indicaba que no. Sin embargo, estudiar a los elefantes con espejos no es una empresa menor desde el punto de vista práctico. ¡Se necesita un espejo enorme! En un estudio reciente donde se utilizó un espejo de 2,5 m de alto resistente a los elefantes, los científicos obtuvieron pruebas de que sí se reconocían en el espejo.

La capacidad de autorreconocimiento de los primates, delfines y elefantes –linajes separados hace mucho tiempo en términos evolutivos– demuestra una evolución convergente que puede derivar de la interacción de factores biológicos y ambientales.⁹² Lo más probable es que las interacciones sociales muy sofisticadas que exhibieron estos linajes sean expresiones de predisposición biológica y del papel de la experiencia en la conformación del comportamiento. En realidad, todos estos animales tienen ricas interacciones madre-hijo que perduran por bastante tiempo. Como ya mencioné en este capítulo, es muy probable que la imitación recíproca progenitores-hijos sea una forma clave de moldear las neuronas espejo a través de las vivencias. Las enriquecedoras y prolongadas interacciones madre-hijo pueden constituir uno de los factores que favorece las evoluciones convergentes entre los primates, los delfines y los elefantes, lo que permitiría la conformación de las neuronas espejo y del sentido del yo.

⁹¹ Reiss, D. y L. Marino, “Mirror self-recognition in the bottlenose dolphin: A case of cognitive convergence”, *Proc Natl Acad Sci USA*, 98, 2001, pp. 5937-5942; Rendell, L. y H. Whitehead, “Culture in whales and dolphins”, *Behavioural Brain Science*, 24, 2001, pp. 309-324; debate pp. 324-382.

⁹² Gallup, G. G., “Self-awareness and the emergence of mind in primates”, *American Journal of Primatology*, 1982, pp. 237-248; Povinelli, D. J., “Failure to find self-recognition in Asian elephants (*Elephas Maximus*) in contrast to their use of mirror cues to discover hidden food”, *Journal of Comparative Psychology*, 103, 1989, pp. 122-131; Plotnick, J. M., F. B. M. de Waal y D. Reiss, “Self-recognition in an Asian elephant”, *Proc Natl Acad Sci USA* 103, 2006, pp. 17053-17057.

Naturalmente, la prueba de reconocimiento en el espejo también se utilizó mucho con niños, sin la anestesia. En lugar de ella, los investigadores debían recurrir a ardidés tales como esperar a que el niño se durmiera o distraerlo mientras se le aplicaba la marca. Los resultados de estos estudios son fascinantes. Los que tenían cerca de un año de edad pasaban una enorme cantidad de tiempo frente al espejo pero nunca pasaban el test. En el caso de estos niños, como en el de los monos, pareciera que la imagen que se refleja en el espejo no es tanto la propia, sino la de otro niño con el que están jugando, tal como manifiestan en su libro *The face in the mirror* Julian Keenan, Gordon Gallup y Dean Falk.

Cerca de la finalización del segundo año, los niños sí entienden y muestran un comportamiento dirigido a la marca en forma consistente. Asimismo, manifiestan otros comportamientos que demuestran a las claras que aparece, además, la conciencia social. Por ejemplo, los niños muestran los primeros signos de vergüenza.⁹³ La vergüenza requiere al menos un sentido básico de las normas sociales, las cuales surgen de las interacciones diarias con los demás. Cuando los niños se avergüenzan, se avergüenzan frente a los demás.

Tal como demostramos, es bastante probable que las neuronas espejo jueguen un papel fundamental durante las interacciones sociales a muy temprana edad, ya con las primeras interacciones con mamá y papá. Si tengo razón al sostener que las interacciones sociales moldean la capacidad de desarrollar el sentido del yo, tal como sugieren los datos tanto de los animales como de desarrollo que se analizaron en esta sección, luego, asimismo, es probable que las neuronas espejo tengan competencia en el autorreconocimiento. Consideraremos ahora los datos sobre el cerebro que respaldan esta hipótesis.

Otro yo

Hace unos años, Lucina Uddin, estudiante de posgrado de psicología en la UCLA, me dijo que quería utilizar tanto la RMNF como la EMT para entender mejor los correlatos neuronales del autorreconocimiento. Ya había realizado un par de experimentos en el laboratorio de Eran Zaidel. Zaidel fue uno de los primeros científicos que analizó los correlatos neuronales del yo. Con su esposa, Dahlia, y el mentor de ambos, Roger Sperry, investigó de qué modo los dos hemisferios cerebrales reconocen rostros, y comenzó examinando pacientes en los que ambos hemisferios habían sido *desconectados* en un intento por atenuar la epilepsia refractaria.

El neurocirujano era Joe Bogen, quien había realizado este procedimiento por primera vez —específicamente, “seccionar” el cuerpo calloso— en pacientes epilépticos a comienzos de la década de 1960. El cuerpo calloso es un inmenso manojó de fibras cerebrales que conecta el hemisferio cerebral izquierdo con el derecho. Al cortarlo, Bogen lograba frenar la “propagación” de actividad epiléptica que iba de un área inicial, que se hallaba en un lado del cerebro, al otro lado. El procedimiento efectivamente ayudaba a los pacientes. Asimismo, Bogen seccionaba las comisuras anterior y posterior, es decir, otros dos manojos de fibras cerebrales, mucho más pequeños, que también conectan los hemisferios izquierdo y derecho. A los efectos prácticos, estos pacientes ahora tenían dos cerebros separados, y se los llamó pacientes con el cerebro dividido. Esta serie de operaciones se conoció como la serie de la Costa Oeste, dado que Bogen las realizó en el sur de California. En ese momento, Roger Sperry, quien se encontraban en Caltech, Pasadena, inició una investigación sistemática acerca de las funciones psicológicas de cada uno de los

⁹³ Amsterdam, B., “Mirror self-image reactions before age two”, *Developmental Psychobiology*, 5, 1972, pp. 297-305.

hemisferios cerebrales por separado en los nuevos pacientes de cerebro dividido de Bogen. Por esta investigación, Sperry recibió finalmente el Premio Nobel de fisiología y medicina.

El experimento que Sperry y ambos Zaidels realizaron con los pacientes que tenían el cerebro dividido se fundamentaba en el hecho de que, debido a la organización anatómica del sistema visual del cerebro, todo estímulo visual que aparece en el lado *izquierdo* del campo de visión va al hemisferio cerebral *derecho*, y viceversa. A estos pacientes se les presentaba una serie de estímulos visuales en un campo de visión o en el otro, y, por lo tanto, ante un hemisferio o ante otro. Entre estos estímulos, se encontraba el rostro del paciente. En esa época, se creía que el hemisferio cerebral izquierdo era el único capaz de reconocer el propio rostro, dado que es el que tiene más desarrollada la facultad del lenguaje. Tal creencia se sustentaba en el supuesto de que, a efectos de reconocer el propio rostro, necesitamos verbalizar (al menos secretamente) todo este proceso. No obstante, Sperry y ambos Zaidels descubrieron que los dos hemisferios reconocían el rostro del paciente, lo que sustituyó la creencia generalmente aceptada de que sólo el hemisferio izquierdo permitía el autorreconocimiento.⁹⁴

Al trabajar en el laboratorio de Zaidel de la UCLA, Lucina Uddin aplicó un enfoque levemente distinto para abordar el mismo tema, desarrollado por el neurocientífico cognitivo Julian Keenan de la Universidad de Harvard. Los estímulos visuales que presentaba rápidamente al campo de visión izquierdo o derecho también eran rostros, en cierto sentido. En realidad, eran una serie de fragmentos del rostro del paciente y de otro rostro que partían del propio rostro completo hasta llegar al rostro del otro completo mediante aumentos graduales del 10%. El paciente debía indicar si cada fragmento era más de su propio rostro, o más del rostro del otro. Aunque este enfoque era bastante distinto del estudio inicial de Sperry, los resultados de Lucina fueron muy similares y sugerían que tanto el hemisferio izquierdo como el derecho reconocen el propio rostro.⁹⁵

Ahora Lucina quería usar una variedad de métodos experimentales en mi laboratorio para continuar explorando las relaciones entre el yo y el cerebro, todo en función de la misma pregunta fundamental: ¿Qué regiones del cerebro son vitales para el autorreconocimiento? El enfoque que resultaba más lógico para su posición era utilizar un paradigma experimental similar a aquel de la serie de rostros que se transformaban, esta vez colocando al paciente que tenía el cerebro dividido en un escáner de RMNF para medir qué áreas del cerebro eran activadas por la secuencia de rostros en transformación. Lucina me contactó sobre todo porque soy miembro del cuerpo docente del Centro de mapas cerebrales [Brain Mapping Center] de la UCLA y porque había colaborado con su mentor, Eran Zaidel. En todo caso, ella no pensaba en las neuronas espejo... pero yo sí.

Mi hipótesis de que las neuronas espejo están formadas por las interacciones que se producen entre el yo y el otro (el bebé sonríe, el cuidador devuelve la sonrisa) y los datos sobre desarrollo acerca del autorreconocimiento y de la imitación predecían la participación de las neuronas espejo en el autorreconocimiento. Yo no era un experto en temas de autoconciencia y, precisamente, necesitaba a uno para poder avanzar con los experimentos. Lucina era la practicante ideal: sabía casi todo acerca de estos temas sobre “el yo y el cerebro”, desde el punto de vista evolutivo hasta la perspectiva del desarrollo, desde los debates filosóficos hasta los escasos datos disponibles en ese momento. Sólo necesitaba capacitación en imágenes cerebrales. Y eso podía dárselo yo. Sin dudarlo,

⁹⁴ Sperry, R. W., E. Zaidel y D. Zaidel, “Self-recognition and social awareness in the disconnected minor hemisphere”, *Neuropsychologia*, 17, 1979, pp. 153-166.

⁹⁵ Uddin, L. Q., J. Rayman y E. Zaidel, “Split-brain reveals separate but equal self-recognition in the two cerebral hemispheres”, *Consciousness and Cognition*, 14, 2005, pp. 633-640.

aproveché la ocasión. En definitiva, fui el co-mentor de sus estudios doctorales. Espero que al final de sus años de doctorado Lucina haya aprendido algo de mí sobre las imágenes cerebrales, porque yo sí aprendí muchísimo de ella acerca del yo.

Uno de los problemas que deben resolverse al diseñar un experimento sobre autorreconocimiento es el hecho de que, por lo general, nos miramos el rostro varias veces por día. El rostro nos es muy familiar, aun cuando cambia a medida que pasan los años. Por lo tanto, todo estímulo distinto del yo que se emplee en el experimento debe ser también muy conocido para el sujeto; de lo contrario, se correría el riesgo de llegar a resultados experimentales que tengan más que ver con cambios en la familiaridad visual que con el autorreconocimiento. Investigadores que nos habían precedido en este campo habían reconocido este problema y lo resolvieron utilizando, para los rostros no propios, los de personas famosas: Marilyn Monroe, Albert Einstein, Bill Clinton. Casi todos los adultos del mundo occidental conocen estos rostros. No obstante, el típico sujeto de investigación de un laboratorio de imágenes cerebrales –un colega estudioso o un estudiante de posgrado– no pasa tiempo con estas personas. Por lo tanto, tienen muy poco significado social para ellos. En cambio, el propio rostro de los sujetos sí tiene una altísima importancia social. Para todos nosotros, no sólo para los sujetos de estas pruebas, el rostro propio no es sólo el que se refleja en el espejo. Es también el que ve la gente cuando interactuamos con ella, el que les comunica nuestras emociones. Una de las razones por la que las personas se obsesionan con la propia apariencia, y con el rostro en particular, es su alta valencia social, tal como la llamamos nosotros. Es por ello que Lucina introdujo un elemento novedoso en su experimento sobre el autorreconocimiento mediante el uso de imágenes cerebrales; el rostro no propio, en vez de ser el de alguien muy conocido pero sin peso social para el sujeto, fue el de alguien muy conocido *y además* con mucho peso social: el del mejor amigo. Creo que esta idea fue clave para el éxito definitivo que tuvo el diseño experimental de Lucina.

Recuerdo que la primera vez que vi los resultados de la comparación de la actividad cerebral registrada mientras los sujetos miraban la secuencia de fotos que se transformaban poco a poco del rostro propio al del mejor amigo no podía creerlos. Las dos áreas que se destacaban claramente en el autorreconocimiento en comparación con el reconocimiento del mejor amigo –una en el lóbulo frontal del hemisferio derecho y la otra en el lóbulo parietal– coinciden con las áreas de ese hemisferio donde se alojan las neuronas espejo. Lucina había captado en imágenes de manera extraordinaria el sistema completo de neuronas espejo del hemisferio derecho (*figura 1, p. ¿?*). Pocas semanas después de ver estos maravillosos resultados, me encontraba en Dartmouth College como parte del cuerpo docente de un famoso curso de verano sobre neurociencia cognitiva conocido como Brain Camp. Giacomo Rizzolatti también asistió; de hecho, fue uno de los organizadores ese año. Un día, mientras estábamos sentados en el vestíbulo del hotel trabajando en el artículo sobre las neuronas espejo y la comprensión de las intenciones de los demás (que analizamos al final del capítulo 2), le mostré a Giacomo las imágenes del experimento de Lucina. “¿Qué crees que es?”, le pregunté. “Sin dudas es el sistema de neuronas espejo del hemisferio derecho. Pero pocas veces vi una actividad tan fuerte de las neuronas espejo en el hemisferio derecho solamente”, agregó Giacomo. Luego, preguntó: “¿Que tipo de tarea estaban haciendo los sujetos?” Cuando le expliqué el experimento de autorreconocimiento mediante la transformación incremental, asintió. Para él, los resultados tenían sentido. Me di cuenta de que yo no estaba tras una fantasía. Si para Giacomo tenían sentido y para mí también, dado que nunca habíamos hablado del autorreconocimiento y las neuronas espejo antes de ese momento, era una buena señal. Pero, ¿por qué las áreas del cerebro humano que tenían neuronas espejo se activaban poco a poco al reconocer también poco a poco el

propio rostro en una serie de transformación de fotografías? Las neuronas espejo, ¿no son las células que se activan cuando realizamos una acción o cuando vemos que alguien realiza esa misma acción, o cuando imitamos tal acción? ¿Cómo puede ser que se activen cuando vemos un rostro *que no está en movimiento*? En mi opinión, he aquí la respuesta: en primer lugar, es bien sabido que el cerebro humano responde a estímulos estáticos que implican movimiento *tal como si* dichos estímulos estuvieran moviéndose. Por ejemplo, el área principal del cerebro humano que responde al movimiento (nosotros, los científicos del cerebro, la llamamos área MT), responde también a fotos estáticas de animales en movimiento –donde corren o saltan– e inclusive a fotos estáticas de escenas naturales que implican movimiento, tales como las olas del océano. Del mismo modo, el sistema humano de neuronas espejo responde a fotos estáticas que implican acciones, por ejemplo, una mano en la mitad de un movimiento prensil.⁹⁶ Ahora bien, regresemos al experimento de Lucina. Las fotos de los rostros eran estáticas. Pero resulta ser que la percepción de un rostro casi siempre implica movimiento. Es muy difícil mirar un rostro y no concebirlo en movimiento, no imaginar expresiones. Por lo tanto, que las neuronas espejo se activen al observar un rostro no es tan sorprendente después de todo.

Ahora debemos explicar la mayor activación del sistema de las neuronas espejo que Lucina observó en el caso del rostro del yo, comparado con el rostro del otro. Hemos visto que las neuronas espejo –a través de un mecanismo de simulación– establecen una correspondencia entre las acciones del *otro* y las del *yo*. Hacen del otro un “otro yo”, tal como afirma Gallese. Cuando vemos una foto de nosotros mismos, en realidad hay dos yos que se enfrentan. El “yo percibido” es el de la foto, mientras que el “yo perceptor” es el que *observa la foto*. Las neuronas espejo del cerebro del “yo perceptor” procesan el “yo percibido” como el *otro*, y una vez más instrumentan la correspondencia entre el otro –en este caso las expresiones faciales implícitas– y el yo. Pero ahora dichas expresiones faciales del “yo percibido” ya pertenecen al repertorio motor del “yo perceptor”. Así, el proceso simulador que ponen en práctica las neuronas espejo se ve ampliamente facilitado y aumenta la actividad de este sistema.

Esta explicación me pareció muy lógica y es, por supuesto, la que incluimos en el artículo donde comunicamos los resultados de Lucina.⁹⁷ Sin embargo, yo consideraba importante probar la hipótesis de manera más directa. Después de todo, no debemos olvidar que los datos que habíamos obtenido del escáner RMNF eran sólo correlativos. No nos decían si existía un vínculo *causal* entre la activación de tales áreas cerebrales y la capacidad de autorreconocimiento. Tal como hemos analizado, la estimulación magnética transcraneal es una potente herramienta para investigar los vínculos causales entre un área cerebral y una función dada. La interrupción transitoria de la actividad cerebral de un área localizada que induce el equipo de EMT revela si esta área es necesaria para la tarea que realizan los sujetos. Después de que Lucina hubo finalizado su experimento con la RMNF, la impulsé a utilizar el equipo EMT para determinar si las áreas activadas eran en verdad necesarias para que se produjera el autorreconocimiento. Por suerte, Lucina prestó atención (lo cual no sucede con todos los alumnos).

⁹⁶ Kourtzi, J. y N. Kanwisher, “Activation in human MT/MST by static images with implied motion”, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 2000, pp. 48-55; Urgesi, C., V. Moro, M. Candidi *et al.*, “Mapping implied body actions in the human motor system”, *Journal of Neuroscience*, 26, 2006, pp. 7942-7949.

⁹⁷ Uddin, L. Q., J. T. Kaplan, I. Molnar-Szakacs *et al.*, “Self-face recognition activates a frontoparietal ‘mirror’ network in the right hemisphere: An event-related fMRI Study”, *Neuroimage*, 25, 2005, pp. 926-935.

Anulación temporal del yo

Lucina logró ubicar a sus sujetos del experimento de “transformación gradual” y la mayoría aceptó participar en un nuevo experimento con la bobina de cobre. Tal como hemos visto, su primer experimento había revelado una función muy activa en el autorreconocimiento de dos áreas del hemisferio cerebral derecho que también se encuentran en “territorio de neuronas espejo”. ¿En cuál de estas áreas se concentraría en el nuevo experimento? Para poder responder esta pregunta, revisó los muy pocos casos que existen en la literatura sobre pacientes neurológicos que muestran un déficit de reconocimiento de su propio rostro al estar frente al espejo. Lo denominamos el “signo del espejo”. Si estos pacientes no se ven en el espejo, ¿a quién o qué ven? ¡A alguien más (de alguna manera)! Una paciente describió a otra persona que era exactamente igual a ella. Una segunda describió a una joven que era igual a ella. Un tercer paciente veía a su doble, su sosias. Y un cuarto paciente sólo veía a alguien que lo seguía por doquier. De no ser por estas situaciones, tales pacientes eran capaces de identificar a otras personas en el espejo sin ninguna dificultad, y podían usarlo de manera correcta, para averse, por ejemplo. El déficit era exclusivamente el autorreconocimiento.

Las lesiones cerebrales de estos cuatro pacientes no apuntaban de forma inequívoca a una región del cerebro específica que pudiera considerarse responsable del déficit, en ninguno de los casos. Sin embargo, todos mostraban un compromiso levemente mayor del hemisferio derecho que del izquierdo; en el hemisferio derecho, se apreciaba más compromiso de las áreas del cerebro que se hallaban hacia la parte posterior, en el lóbulo parietal.⁹⁸ Denominada circunvolución supramarginal, esta área está anatómicamente muy próxima a las áreas dañadas de los pacientes del signo del espejo. Parecía ser una candidata ideal como área cerebral de importancia crítica para el reconocimiento del propio rostro.

No existen dos cerebros con el mismo tamaño, ni forma, ni estructura interna, ni la activación de la misma área cerebral en distintas personas es idéntica nunca. Lucina utilizó los datos de la captura funcional de imágenes cerebrales de cada individuo y el sistema de estereotaxia sin marco con la cámara infrarroja que describimos en el capítulo 3 para colocar la bobina y estimular el blanco con precisión. El blanco era del tamaño aproximado de un centímetro cuadrado de superficie cerebral, justo por debajo de la bobina de hilo de cobre colocada en el cráneo. Lucina optó por emplear la estimulación repetitiva de baja frecuencia, la cual, para explicarlo en términos sencillos, anula el blanco con un pulso magnético por segundo durante un lapso prolongado, por lo general veinte minutos, reduciendo de manera transitoria la actividad de las neuronas deseadas durante cerca de media hora después de finalizar la estimulación.⁹⁹ En este experimento, se trabajó con las neuronas que se mostraron muy activas en el autorreconocimiento durante el experimento de transformación de las fotografías. La predicción de Lucina era clara: si la activación de esta área es esencial para la capacidad de autorreconocerse, luego esta capacidad debe verse reducida justo después de la estimulación con EMT. Y tal es lo que observó: un desempeño significativamente menor. El porcentaje de “yo” de las fotografías debía ser mayor para que los sujetos lograran autoidentificarse.

Obviamente, Lucina también necesitó estimular otra área cerebral como control de efectos

⁹⁸ Feinberg, T. y R. Shapiro, “Misidentification-reduplication and the right hemisphere”, *Neuropsychiatry, Neuropsychology, and Behavioral Neurology*, 2, 1989, pp. 39-48; Spangenberg, K., M. Wagner y D. Bachman, “Neuropsychological analysis of a case of abrupt onset following a hypotensive crisis in a patient with vascular dementia”, *NeuroCase*, 4, 1998, pp. 149-154; Breen, N., D. Caine y M. Coltheart, “Mirrored-self misidentification: Two cases of focal onset dementia”, *NeuroCase*, 7, 2001, pp. 239-254.

⁹⁹ Resulta obvio que este tipo de estimulación cerebral es completamente seguro para los sujetos.

inespecíficos debidos a la estimulación magnética. La reducción que se observó en el desempeño podía deberse a una variedad de factores poco relacionados con la anulación del área cerebral estimulada. Para este experimento de control, Lucina utilizó el área cerebral correspondiente del hemisferio izquierdo. Dado que los primeros datos de imágenes no habían mostrado ninguna actividad durante el reconocimiento del propio rostro en esta circunvolución supramarginal izquierda, se presentaba como una buena opción. La estimulación de esta área no debería afectar la capacidad de autorreconocimiento. Si lo hiciera, la sospecha se dirigiría a algún otro factor. Pero no lo hizo. El desempeño de los sujetos de Lucina antes y después de la estimulación de la circunvolución supramarginal *izquierda* fue sustancialmente idéntico, lo que confirma que el déficit del reconocimiento del propio rostro inducido por la estimulación de la circunvolución supramarginal *derecha* en verdad fue producido por la disrupción específica. Si bien la participación de esta área cerebral en el autorreconocimiento había quedado demostrada por el estudio anterior de Lucina y también por otros, en particular el trabajo de Julian Keenan, este experimento con EMT demostró por primera vez una relación causal bastante precisa entre un área específica del cerebro humano y la capacidad de reconocerse a uno mismo.¹⁰⁰ Además, otros tipos de datos neurológicos ya habían sugerido esta asociación. Es bien sabido que los pacientes con lesiones en el hemisferio derecho pueden desarrollar un fenómeno neurológico que se denomina asomatognosia. Estos pacientes no pueden reconocer una parte corporal como propia, por lo general, una mano o un brazo izquierdo paralizado. Creen que pertenece a uno de sus familiares. Al comparar la ubicación de las lesiones de los pacientes con daño en el hemisferio derecho que padecían asomatognosia y de los que no, el neurólogo Todd Feinberg descubrió que todos los pacientes con este déficit tenían lesiones en la circunvolución supramarginal, mientras que ninguno de los pacientes sin este trastorno presentaba tal lesión.¹⁰¹

Por supuesto, ni los datos de las imágenes cerebrales y de estimulación magnética de Lucina ni ningún otro trabajo no invasivo puede demostrar con certeza que las neuronas espejo, en particular, se activan durante el reconocimiento del propio rostro y que la disrupción de *su* actividad es responsable del déficit de autorreconocimiento. Esta tecnología no tiene la resolución para analizar la actividad unicelular. Sin embargo, como vimos en el capítulo 2, el área estimulada por Lucina presenta claras propiedades de neuronas espejo. Sostuve ya en este capítulo que las interacciones entre el “yo” y el “otro” (el bebé sonríe, la madre sonríe también) modelan las neuronas espejo en una temprana etapa de la vida. Las neuronas espejo establecen un profundo vínculo entre el yo y el otro. Agregaría además que el yo y el otro se funden en las neuronas espejo así como en los rostros que Lucina transformaba. El “interés” ya confirmado de las neuronas espejo en el otro debe de algún modo despertar interés en el yo. Los datos de Lucina constituyen las pruebas empíricas más sólidas para respaldar este concepto. Los resultados que obtuvo demuestran las raíces biológicas de la intersubjetividad. Por desgracia, las posiciones individualistas filosóficas e ideológicas que son tan dominantes en la cultura occidental nos han cegado a la característica intersubjetiva fundamental de la naturaleza de nuestro propio cerebro. Considero que la labor neurocientífica sobre las neuronas espejo así lo demuestra. Exploraré las consecuencias teóricas de este aspecto esencial del cerebro en el último capítulo.

Ahora bien, ¿cuán abstracta es la relación entre las neuronas espejo y el yo? Otro integrante de mi laboratorio, Jonas Kaplan, realizó un experimento de imágenes cerebrales

¹⁰⁰ Uddin, L., I. Molnar-Szakacs, E. Zaidel *et al.*, “rTMS to the right inferior parietal area disrupts self-other discrimination”, *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 1, 2006, pp. 65-71.

¹⁰¹ Feinberg, T. E., L. D. Haber y N. E. Leeds, “Verbal asomatognosia”, *Neurology*, 40, 1990, pp. 1391-1394.

para probar si las áreas con neuronas espejo del hombre se activan durante una tarea de autorreconocimiento que involucra la voz de los sujetos. Jonas tiene una fuerte formación cognitiva y filosófica, con especial interés en la filosofía oriental. Asimismo, tiene muchos dones, incluido el de tocar la guitarra, sobre todo con música india, pero también en una banda de rock. Sorprendido (como lo estábamos todos en el laboratorio) por el experimento de Lucina, Jonas quería ver si las áreas que Lucina había identificado en la tarea de autorreconocimiento con un estímulo visual –el rostro– también distinguían entre la voz propia de la persona y otra voz. Jonas pensaba que, de ser así, estas áreas cerebrales se ocuparían de representaciones relativamente abstractas del yo. Para su estudio, Jonas siguió la línea trazada por Lucina y eligió para su comparación probar la voz del mejor amigo de cada sujeto. Pero había un gran inconveniente: no hay forma de presentarlas gradualmente. Por lo tanto, Jonas decidió utilizar fotos completas y voces completas. Los sujetos que participaban en el experimento observaban su propio rostro mientras escuchaban su propia voz, y luego miraban el rostro de sus mejores amigos y escuchaban la voz de ellos también. Un plan sólido, pero Jonas debía resolver otro problema: el bien conocido hecho de que el sonido de la voz al hablar es muy distinto del sonido de la voz grabada. La razón fisiológica es que cuando hablamos la voz se transmite al oído no sólo a través del aire sino también a través de los tejidos corporales, sobre todo el óseo. De manera tal que Jonas filtró las voces grabadas para que fueran muy similares a las voces en vivo de cada sujeto: muy inteligente.

¿Por qué Jonas estaba tan interesado en verificar si las áreas con neuronas espejo en el hombre se activaban durante el autorreconocimiento con participación del rostro *y de la voz*? Recuerden que las neuronas espejo de los monos responden a los sonidos: en los experimentos que se indicaron en el capítulo 1, se trataba de “sonidos de acciones” asociados con acciones observadas, tales como abrir un maní, rasgar una hoja de papel. En el capítulo 3, analicé los resultados análogos de los experimentos con imágenes cerebrales en humanos, así como otros experimentos que demostraban que los humanos manifiestan fenómenos especulares respecto de los sonidos del *habla*. Por lo tanto, resulta claro que estas áreas con neuronas espejo son multimodales ya que responden a estímulos tanto visuales como auditivos, y, en consecuencia, esperábamos que las áreas específicas de las neuronas espejo que se activaron durante el experimento de autorreconocimiento de Lucina con las fotografías también se activaran durante el experimento paralelo de Jonas con las voces. Si “fracasaban” en el experimento de Jonas, sería difícil sostener la hipótesis de que las neuronas espejo cumplen una función en el autorreconocimiento.

Me complace informar que no se produjo tal fracaso. Las mismas áreas que se activaron con las fotos de los sujetos también se activaron con su voz, lo cual demuestra que las neuronas espejo codifican múltiples estímulos relacionados con el yo, lo que, a la vez, confirma su importancia para el autorreconocimiento (y una representación bastante abstracta del yo, por cierto).

Ambas caras de la moneda

Ya hemos visto en estudios con animales que el desarrollo del sentido del yo se ve facilitado por un contexto social rico. Los estudios sobre desarrollo nos demuestran que la conciencia de sí mismo se corresponde, desde el punto de vista del desarrollo, con formas de comportamiento social que se basan en imitar a los otros para expresar emociones que conllevan una intención social, tales como la vergüenza. Por último, acabamos de ver que las áreas del cerebro humano que se sabe presentan propiedades especulares se activan al realizar tareas de autorreconocimiento que involucran el rostro y también la voz, y que la

interrupción transitoria de la actividad de tales áreas por medio de la EMT induce déficit de autorreconocimiento. Todos estos datos, junto con las consideraciones teóricas analizadas al comienzo de este capítulo, sugieren que las neuronas espejo son importantes para mi analogía sobre las dos caras de la moneda, en la que un lado es el yo, y el otro lado, pues bien, el otro.

El intento de separar ambas caras de la moneda tiene poco sentido. Terminaríamos no con una moneda, sino con un pedazo de metal sin valor. Por desgracia, la cultura occidental está dominada por un marco individualista, solipsista, que ha dado por válido el supuesto de que existe una completa separación entre el yo y el otro. Nos atrincheramos detrás de la idea de que cualquier sugerencia de interdependencia entre el yo y el otro puede sonar no sólo contraria a nuestra intuición, sino difícil, hasta imposible, de aceptar. Contra esta visión dominante, las neuronas espejo vuelven a reunir al yo y al otro. Su actividad neuronal nos recuerda la intersubjetividad¹⁰² *primaria*, que es, por supuesto, la temprana capacidad interactiva que poseen los bebés y que se despliega y desarrolla a través de las interacciones mamá-bebé y papá-bebé. ¿Las neuronas espejo se forman durante esta intersubjetividad primaria y se ven moldeadas por ella? Considero que sí. Aunque es probable que algunas neuronas espejo ya funcionen desde una etapa muy temprana de la vida y que faciliten las primeras interacciones, estimo que la mayor parte del sistema de las neuronas espejo se forma efectivamente en los meses y años en que tales interacciones tienen lugar. En especial, es muy probable que se moldeen en el cerebro del bebé durante la imitación recíproca, tal como vimos en la consideración de la sonrisa. Si, de hecho, las neuronas espejo cobran forma en el cerebro debido a las actividades coordinadas de la madre, el padre y el bebé, luego, estas células no sólo corporeizan al yo y al otro, sino que comienzan a hacerlo en un momento en que, en el bebé, el sentido indiferenciado de *nosotros* (mamá-bebé o papá-bebé) es mayor que cualquier otro sentido del yo independiente, antes de que el bebé esté en condiciones de pasar la prueba del reconocimiento en el espejo. No obstante, a partir de este “nosotros” primario, el bebé, sin prisa pero sin pausa, llega a percibir al otro de una manera natural y directa, y, por supuesto, sin ninguna inferencia compleja; llega a cincelar un sentido apropiado del yo y del otro. ¿Cómo? Con la ayuda de un tipo especial de neuronas espejo, al que denomino superneuronas espejo. Vamos a analizarlas en el capítulo 7. A lo largo de la vida, entonces, la actividad de las neuronas espejo continúa siendo la impronta neuronal de este sentido del nosotros al que pertenecen tanto el yo como el otro.

6

Espejos rotos

Espejos bebé

Tal como mencioné en las primeras páginas de este libro, una de las razones principales por las que Giacomo Rizzolatti y sus colegas de Parma iniciaron los experimentos sobre los mecanismos neurofisiológicos del control motor en los monos macacos era la esperanza de que la investigación permitiera enormes avances para ayudar a los seres humanos a recuperar funciones motoras en casos de daño cerebral. Ni buscaban ni esperaban

¹⁰² Trevarthen, C., “Communication and cooperation in early infancy: A description of primary intersubjectivity”, en Bullowa, M. (ed.), *Before speech*, Cambridge, Cambridge University Press, 1979.

encontrar las neuronas espejo. Pero hete aquí que allí estaban, y su descubrimiento abrió un nuevo y riquísimo abanico de esperanzas. A medida que se acumulaban pruebas sobre la función de las neuronas espejo en el aprendizaje y en el comportamiento sociales, uno de los grandes sueños que todos comenzamos a tener fue que nuestra investigación nos enseñara más acerca de los trastornos sociales, tales como el autismo, con el fin de encontrar tratamientos eficaces.

Sin ninguna duda, entender cómo se desarrolla el sistema de las neuronas espejo en los primeros años de vida es muy importante en relación con el autismo, un trastorno que afecta, en términos generales, a uno de cada mil niños. El autismo se diagnostica en el segundo año de vida, a medida que el niño comienza a demostrar serios déficit de relación social. Varios laboratorios están explorando la hipótesis de que la responsable de causar el autismo es una disfunción del sistema de las neuronas espejo, y algunos científicos ya están estudiando las consecuencias terapéuticas. Una de las estrategias más evidentes que sugiere la hipótesis de las neuronas espejo es el uso de la imitación en el tratamiento. De hecho, ya existen informes científicos que demuestran que los tratamientos basados en la imitación de niños con autismo han arrojado resultados positivos. Ello es muy estimulante, y de verdad me alienta muchísimo. En primer lugar, debería explicar qué sabemos –o al menos creemos que sabemos, dado que no hay una gran cantidad de datos empíricos aún– acerca de las neuronas espejo en el desarrollo corriente, luego analizar los datos que sugieren una disfunción de dichas neuronas en el autismo y, por último, mencionar los nuevos tratamientos, por cierto muy prometedores.

Vimos en el capítulo 2 que los niños muy pequeños pueden imitar rudimentarios movimientos faciales y de la mano. Es probable que esta capacidad de imitación se sustente en las neuronas espejo. Por supuesto, no tenemos (y creo que nunca tendremos) una observación directa de la actividad unicelular de los niños pequeños para demostrar este enunciado, pero existen datos recientes tomados de imágenes cerebrales que respaldan la existencia de un sistema de las neuronas espejo en el cerebro del niño pequeño. Las dos tecnologías principales, *RMNF* y *EMT*, que se emplean en el laboratorio de la *UCLA*, no fueron diseñadas para los niños, y es difícil obtener datos experimentales buenos cuando estas técnicas se aplican a bebés. Se ha intentado, pero no con mucho éxito. Sin embargo, existen ciertas técnicas de “imágenes ópticas” que son adecuadas para el cerebro infantil porque no exigen que el sujeto se acueste y permanezca inmóvil dentro de una gran máquina.

La idea principal es simple: cuando dirigimos luz a un objeto, parte de la luz se absorbe y, parte, se refleja. En el caso del cerebro, los procesos fisiológicos del cerebro activo cambian la cantidad de luz que se absorbe o se refleja. Al medir estos cambios, los equipos ópticos de captura de imágenes cerebrales miden la actividad cerebral mientras el sujeto –incluso un niño pequeño– realiza la tarea que exige el experimento. Una de estas técnicas es la espectroscopia de infrarrojo cercano (near infrared spectroscopy, *NIRS*), que emplea luz del tipo infrarrojo cercano para estudiar la actividad cerebral en los bebés, en entornos altamente naturalistas. En un experimento reciente, dos expertos en imágenes cerebrales japoneses utilizaron la *NIRS* para estudiar la actividad cerebral en niños muy pequeños de tan sólo seis y siete meses de vida.¹⁰³ Los sensores que emiten y detectan la luz (los óptodos) se colocaron en la cabeza del dispuesto pero involuntario sujeto mediante una vincha suave y un soporte especial específicamente diseñado para el experimento. Uno de los progenitores sostenía al niño en su falda. Cuando todo estuvo listo, los experimentadores filmaron los movimientos de los niños mientras jugaban con elementos.

¹⁰³ Shimada, S. y K. Hiraki, “Infant’s brain responses to live and televised action”, *Neuroimage*, 32, 2006, pp. 930-939.

Luego, compararon la actividad del cerebro durante períodos en los que los bebés se movían muchísimo con actividad en períodos de relativamente poco movimiento. La comparación les mostró qué áreas de los cerebros de los niños eran motoras. Con esta información, colocaron luego varios óptodos directamente sobre estas áreas motoras para determinar si se activaban o no cuando los niños miraban a otra persona que realizaba una acción. Si estas áreas motoras también estaban activas cuando los bebés sólo observaban las acciones de otra persona, lo más probable era que tal actividad cerebral fuera producida por las neuronas espejo.

En esta fase de sólo observación, los bebés debían mirar tres movimientos: una mujer que jugaba con un juguete, un juguete que se “movía solo” (el experimentador empleaba una cuerda larga para su manipulación) y una pelota que oscilaba como un péndulo (en virtud de las leyes de la física, dado que colgaba del cielorraso). Algunos bebés observaban estas condiciones experimentales en vivo; otros, a través de un monitor de televisión. El equipo de espectroscopia comenzó a funcionar, y los experimentadores seguían los movimientos de los bebés mientras observaban las escenas. En el análisis posterior, no se examinaron los períodos de excesivo movimiento de los bebés, y, al comparar las condiciones experimentales entre sí, se prestó especial atención en comparar sólo aquellos períodos en los que cada sujeto exhibía un movimiento aproximadamente equivalente realizado por sí mismo. Además, los científicos controlaron la atención seleccionando las secuencias en las que los bebés prestaban atención y observaban los estímulos durante todo el experimento. Obviamente, algunos de estos sujetos de seis o siete meses no pudieron completar todas las fases del experimento. Sin embargo, casi dos tercios sí lo hizo, y los resultados fueron muy instructivos. Las áreas motoras de los cerebros de los bebés se vieron activadas cuando observaban a la mujer que jugaba con el juguete, pero no cuando observaban al juguete que se movía de manera independiente: una clara sugerencia (una fuerte sugerencia) de que las neuronas espejo funcionan bien en los niños muy pequeños. Además, la activación de estas áreas motoras fue superior cuando los bebés observaban acciones en vivo en comparación con acciones en un monitor. Este resultado es clásico en la investigación sobre neuronas espejo. Recuerden que en los monos la descarga de las neuronas espejo es fuerte cuando observan acciones en vivo, pero casi nula al ver la misma escena en el monitor de una computadora. En los humanos, las áreas con neuronas espejo responden a las acciones que aparecen en un monitor, pero no con tanta fuerza como en el caso de las acciones en vivo. Los resultados del estudio japonés realizado con la NIRS estaban bien encaminados.

Ahora pasemos a los bebés de un año, pero con un diseño experimental diferente. Para entender este escenario, es preciso saber que cuando nosotros, los adultos, observamos que otras personas mueven objetos (por ejemplo, colocar juguetes en un balde), los ojos anticipan dónde se colocarán los juguetes. Miramos al balde *antes* de que sea alcanzado por la mano observada que sostiene el juguete. Esta capacidad de “predecir” con los ojos dónde otras personas colocarán los objetos quizás provenga del sistema especular. ¿Por qué? Cuando nosotros movemos esos objetos, nuestros ojos hacen lo mismo: miramos el balde antes de que la mano coloque los juguetes en él, con lo que anticipamos nuestras acciones.¹⁰⁴ Los niños de seis meses *no anticipan* con la mirada dónde va a colocar el juguete la mano de otra persona. En fuerte contraste con ello, los bebés de un año sí lo hacen, como si fueran adultos. Una vez más, es probable que esta capacidad se origine en las neuronas espejo. Si el juguete parece tener vida propia, gracias a un truco experimental, los bebés de un año no pueden anticipar con la mirada dónde va a ser colocado. (¡Igual que los adultos! Al mirar un juguete con movimiento propio que se dirige al balde, no

¹⁰⁴ Flanagan J. R. y R. S. Johansson, “Action plans used in action observation”, *Nature*, 424, 2003, pp. 769-771.

anticipamos con la mirada dónde va a terminar.¹⁰⁵ La comprensión de las neuronas espejo prevé esta “discrepancia”. Si la mano sostiene el juguete, las neuronas espejo pueden codificar la intención; sin la mano en el escenario, no.)

A los seis meses, no podemos predecir adónde la mano va a llevar al juguete. Al año de vida, sí. Es claro que las neuronas espejo *aprenden* a prever las acciones que realizan los demás. Esta capacidad no está presente al nacer. Y este es un ejemplo más de cómo el sistema de las neuronas espejo puede ser moldeado por la experiencia.

El cerebro adolescente

Si el sistema de las neuronas espejo es muy importante en los primeros años de desarrollo, ¡qué importante debe ser también en los niños más grandes! Dado que se trata de un sistema neuronal tan relevante para el comportamiento social, cómo podría no ser fundamental para los niños que se acercan a la adolescencia, cuando la totalidad de la vida a veces parece estar definida casi tan sólo por las redes y el comportamiento sociales. Por lo tanto, es importantísimo trazar el mapa de toda la trayectoria del desarrollo, con inclusión de los niños más grandes.

En Canadá, un grupo dirigido por Hugo Théoret, del Montreal Neurological Institute, estudia en la actualidad el sistema de las neuronas espejo en niños más grandes mediante la electroencefalografía. Se colocan electrodos en el cuero cabelludo de los sujetos para registrar la actividad eléctrica que emana de la superficie del cerebro. Mediante el empleo de esta tecnología para analizar específicamente la actividad de las neuronas espejo, Théoret y sus colegas monitorean algo que se denomina ritmo mu. En términos simples, el ritmo mu es la expresión de la actividad eléctrica oscilante que se registra en las zonas motoras centrales del cerebro. Por ejemplo, cuando movemos las manos, el ritmo mu se *reduce*, o “suprime”, en la jerga de la neurociencia. Esta correlación inversa entre el ritmo mu y la actividad cerebral motora es muy conveniente para los neurocientíficos. La supresión del ritmo mu es un claro índice de actividad motora en el cerebro. Ahora bien, ¿qué sucede con el ritmo mu cuando sólo observamos los movimientos de los demás? Si no conociéramos el sistema de las neuronas espejo, podríamos pensar que este ritmo no se vería suprimido. Después de todo, no nos estamos moviendo. Sin embargo, dado que conocemos las neuronas espejo, no nos sorprende enterarnos de que, de hecho, la simple observación de otras personas que realizan acciones también suprime el ritmo mu cerebral.

Este fenómeno había sido descubierto algunos años antes por Riitta Hari y Giacomo Rizzolatti mediante otra técnica de captura de imágenes cerebrales: la magnetoencefalografía (MEG). Mientras que la EMT induce un campo magnético artificial mediante una bobina de hilo de cobre para obrar sus milagros, la MEG utiliza un impresionante abanico de casi trescientos sensores para recoger los campos magnéticos mucho más bajos (infinitesimalmente bajos, en realidad) que se crean de manera espontánea en la superficie del cerebro por acción de la actividad eléctrica que allí tiene lugar. La mayoría de los campos magnéticos detectados son creados por la actividad de las neuronas que se encuentran en los relieves de la superficie cerebral denominados circunvoluciones. La actividad de las cisuras del cerebro (los surcos) es más difícil de medir con MEG. No obstante, es una gran técnica de captura de imágenes cerebrales, básicamente porque tiene una altísima resolución temporal que permite a los especialistas en MEG distinguir las respuestas neuronales en el orden de pocos milisegundos. Les daré un

¹⁰⁵ Falck-Ytter, T. G. Gredebäck y C. von Hofsten, “Infants predict other people’s action goals”, *Nature Neuroscience*, 9, 2006, pp. 878-879.

ejemplo. Cuando oímos que el teléfono suena y caminamos hacia él, las áreas del cerebro que responden a los sonidos se activan antes que las áreas que controlan la marcha. Al analizar la progresión temporal de la activación de diferentes áreas cerebrales mediante MEG, el especialista puede descubrir la comunicación que va y viene entre las áreas cerebrales.

El descubrimiento de Hari y Rizzolatti acerca de que el ritmo μ se suprime tanto cuando realizamos una acción como cuando vemos que otra persona la realiza nos brinda otro importante biomarcador de la actividad de las neuronas espejo del cerebro humano.¹⁰⁶ Después de su experimento, Hugo Théoret y Jean-François Lepage decidieron estudiar la supresión del ritmo μ en niños normales, sanos, de entre cuatro y once años. En estos experimentos, los niños debían tomar un objeto u observar que alguien tomaba ese mismo objeto. Con el EEG, Lepage y Théoret descubrieron que existe supresión μ durante la ejecución y asimismo durante la mera observación del movimiento prensil, con lo cual demostraron aquello de lo que nadie dudaba: la existencia de neuronas espejo funcionantes en los niños más grandes. (Shirley Fecteau, una alumna de Théoret, también tuvo la oportunidad de estudiar la actividad del EEG de las áreas motoras centrales de un niño epiléptico de tres años, y registró supresión μ tanto para la acción como para la observación, en este caso, al hacer un dibujo). Sin embargo, una pregunta clave que estos estudios no abordaron es cuán estrechamente relacionado está el sistema de las neuronas espejo con la competencia social y la empatía en los niños.

Al investigar este tema en la UCLA, optamos por analizar lo que quizás sea el período más tumultuoso del desarrollo humano: la adolescencia. (Ya mencioné que soy padre de una niña de once años. Estoy tratando de armarme la coraza para el futuro cercano.) En el laboratorio, seleccionamos a un grupo grande de niños prepúberes, y planificamos seguirlos (no en sentido literal, sino con el equipo de captura de imágenes) hasta que tengan quince años. Este estudio longitudinal está en proceso, pero la primera visita de estos niños ya tuvo lugar, de modo que pudimos observar de qué modo la actividad del sistema de las neuronas espejo de niños de diez años con desarrollo típico está relacionada con su competencia social. Este estudio particular fue dirigido por Mirella Dapretto, psicóloga especializada en desarrollo, experta en la captura de imágenes cerebrales pediátricas y autismo, quien, casualmente, es mi esposa.

En este primer estudio, Mirella utilizó la rMNF para una tarea de reflejo especular social que exigía que los niños observaran e imitaran expresiones faciales de la emoción. Recordemos que en el capítulo 4 utilizamos esta misma tarea con las expresiones faciales para investigar el enlace funcional entre el sistema de las neuronas espejo y los centros cerebrales de la emoción del sistema límbico (el enlace que posibilita la ínsula, justamente). En lugar de analizar sólo el sistema de las neuronas espejo, como ya lo habían hecho los estudios con los niños más pequeños, Mirella quería analizar estas mismas conexiones funcionales entre el sistema de las neuronas espejo y los centros cerebrales de la emoción, conexiones que se presume permiten el reflejo especular social y la comprensión de los estados emocionales de otras personas, lo que facilita la empatía.

Para probar la hipótesis, Mirella capturó imágenes cerebrales de los niños y también evaluó su capacidad empática y su competencia interpersonal. Midió la capacidad empática mediante el Índice de reactividad interpersonal, una escala muy probada compuesta de cuatro subescalas: dos miden la empatía cognitiva y las otras dos, la empatía emocional. Las escalas de empatía cognitiva evalúan la capacidad de imaginar la perspectiva de otra

¹⁰⁶ Hari, R., N. Forss, S. Avikainen *et al.*, “Activation of human primary motor cortex during action observation: A neuromagnetic study”, *Proc Natl Acad Sci USA*, 95, 1998, pp. 15061-15065.

persona y la tendencia a imaginarse en el lugar de personajes de ficción. Las escalas de empatía emocional evalúan la tendencia a preocuparse por las emociones de los otros y la respuesta emocional al observar que otra persona siente emociones fuertes. Asimismo, Mirella probó las habilidades sociales de los niños con la Escala de competencia interpersonal, un cuestionario que llenan los padres. Esta escala mide cuán “popular” es un niño, cuántos amigos e invitaciones a jugar tiene, y demás.¹⁰⁷

La primera pregunta que Mirella quería responder era si el cerebro de un niño típico de diez años muestra el mismo patrón de actividad que el cerebro del adulto, en el que la observación de otras personas que expresan emociones faciales activa tres sistemas neuronales clave: primero, las áreas de las neuronas espejo que realizan una imitación interna (o simulación) de la expresión facial observada; luego, la ínsula, que conecta las áreas de las neuronas espejo con los centros cerebrales de la emoción que se encuentran en el sistema límbico; y, por último, el sistema límbico en sí mismo. Durante la *imitación* de las expresiones faciales, se activa el mismo circuito cerebral, pero con mucha más fuerza, dado que la imitación se “suma” a la actividad neuronal de la observación y de la acción, tal como hemos visto. Los niños de Mirella demostraron exactamente el mismo patrón de actividad cerebral ya observado en los adultos. Sin sorpresas.

Su segunda pregunta, y la más importante, era si la actividad del sistema de las neuronas espejo de los niños podría decirnos algo acerca de su capacidad para tener empatía con otras personas y para tener una vida social satisfactoria. A fin de hallar las respuestas, Mirella correlacionó los puntajes obtenidos en las escalas de conducta de la empatía y de la competencia interpersonal con la actividad cerebral medida mediante la rMNF. Lo que encontró es contundente. Los puntajes de empatía emocional de los niños se correlacionaron en alto grado con la actividad de las áreas de neuronas espejo durante la *observación* de las expresiones faciales de la emoción. Cuanto más empatía emocional sentía el niño, más se activaban las áreas con neuronas espejo mientras el niño observaba a otras personas que expresaban emociones. Además, la competencia interpersonal de los niños también se correlacionó en alto grado con la actividad de las áreas con neuronas espejo durante la *imitación* de las expresiones faciales de la emoción. Los niños acerca de quienes se informó eran socialmente competentes –tenían muchísimos amigos y grupos de juego– también manifestaron una enorme activación de las áreas con neuronas espejo durante la imitación.¹⁰⁸

Al estudiar estos resultados, Mirella se dio cuenta de la importancia fundamental que tienen las neuronas espejo en el comportamiento social. Sólo analizando la actividad de estas neuronas, un investigador puede entender muy bien la capacidad social del sujeto. Es como si la actividad de las neuronas espejo fuera un tipo de biomarcador de la competencia social de los seres humanos que la manifiesta con muchos matices, ya que la empatía emocional, la capacidad de ponerse en el lugar emocional del otro, es más que nada una experiencia privada. Tiene sentido que Mirella hallara una correlación entre la empatía emocional y la actividad cerebral mientras los niños sólo observaban las emociones de otras personas. Del mismo modo, la tendencia a *imitar* abiertamente las expresiones emocionales de los otros es un componente importante de las interacciones sociales satisfactorias. Si yo demuestro intensa felicidad o profunda tristeza y los demás me

¹⁰⁷ Davis, M. H., “Measuring individual differences in empathy: Evidence for a multidimensional approach”, *Journal of Personality & Social Psychology*, 44, 1983, pp. 113-126; Cairns, R. B., M.-C. Leung, S. D. Gest et al., “A brief method for assessing social development: Structure, reliability, stability, and developmental validity of the interpersonal competence scale”, *Behaviour Research and Therapy*, 33, 1995, pp. 725-736.

¹⁰⁸ Pfeifer, J., M. Iacoboni, J. C. Mazziotta y M. Dapretto, “Mirroring others’ emotion relates to empathy and interpersonal competence in children”, *NeuroImage*, 39, 4, 2008, pp. 2076-2085.

responden con cara de piedra, me voy a sentir incomprendido. La imitación recíproca, tal como vimos en el capítulo 4, es un aspecto clave de la interacción social. Así, cobra sentido que Mirella también hallara correlación entre la actividad de las neuronas espejo durante la imitación franca de las expresiones faciales de la emoción y la competencia interpersonal.

Los resultados a los que arribó con estos niños nos demuestran cómo la biología del sistema de las neuronas espejo es una piedra angular de la conformación de las capacidades empáticas y de nuestra competencia interpersonal durante los primeros años de vida. ¿Pero qué sucede cuando el desarrollo de dicho sistema se altera o se interrumpe de algún modo?

La imitación y el autismo

Los informes científicos sobre los déficit de imitación en niños con autismo datan de, al menos, la década de 1950.¹⁰⁹ A pesar de ello, durante muchos años tales déficit no fueron considerados importantes para entender la causa fundamental del autismo, sobre todo porque reinaba la “teoría de la teoría”, primero de manera implícita, y luego en forma explícita en la década de 1980. Como expliqué en el capítulo 2, este modelo sostiene que los niños entienden las creencias y los deseos de los demás porque tienen un módulo innato en el cerebro que los ayuda a construir teorías acerca de las otras personas, como si los niños fueran pequeños científicos que ponen a prueba sus hipótesis con los demás.¹¹⁰ En el marco de la teoría de la teoría, la disfunción del módulo hipotético del cerebro provocaría el tipo de déficit que manifiestan los niños con autismo, quienes, por lo general, no pasan lo que denominamos la prueba de la falsa creencia. En ella, a los niños se les muestra una historia corta sobre Sally y Anne. Por lo general, estas niñas son representadas por títeres o por personas. Sally y Anne se encuentran en el mismo cuarto. Sally coloca un balón en una canasta y la tapa. Cuando se va del cuarto, Anne saca el balón de Sally de la canasta y lo coloca en una caja que está cerca. En este punto los niños sujeto reciben la pregunta: ¿Dónde buscará Sally el balón cuando regrese? Para responder correctamente, el niño debe darse cuenta de que Sally no vio que Anne pasó el balón y que, por lo tanto, sostiene la falsa creencia de que aún está en la canasta. El niño que dice que Sally buscará el balón en la caja sin dudas no ve la situación desde la perspectiva de Sally. Tales déficit fueron considerados el factor principal de los problemas de comportamiento social de los autistas por los “teóricos de la teoría”. Esta idea alcanzó su apogeo cerca de comienzos de la década de 1990, aunque presentaba un gran inconveniente: el autismo, en general, se diagnosticaba entre los dos y tres años de edad (ahora aun antes), mientras que no todos los niños con desarrollo típico pasan la prueba de la falsa creencia hasta incluso alrededor de los cuatro años. Si los niños de dos años con autismo y *sin autismo* no pasan la prueba de la falsa creencia, yo diría que no puede ser considerada una prueba específica para identificar este problema.

¹⁰⁹ Ritvo, S. y S. Provence, “From perception and imitation in some autistic children: Diagnostic findings and their contextual interpretation”, *The Psychoanalytic Study of the Child, Volume VIII*, Nueva York, International Universities Press, 1953, pp. 155-161. Debo agradecer a Ami Klin de la Universidad de Yale por haberme enviado este artículo.

¹¹⁰ Gopnik, A., A. N. Meltzoff y P. K. Kuhl, *The scientist in the crib*, Nueva Cork, Perennial, 2001. Meltzoff, uno de los autores de este libro, recientemente modificó su posición. Su hipótesis de cognición social denominada “como yo” guarda semejanza con la teoría de la simulación. Remítase a sus recientes artículos: Meltzoff, A. N., “Imitation and other minds: The ‘like me’ hypothesis”, en Hurley y Chater, *Perspectives on Imitation, Volume. 2*, pp. 55-77; Meltzoff, A. N., “‘Like me’: A foundation for social cognition”, *Developmental Science*, 10, pp. 126-134; Meltzoff, A. N., “The ‘like me’ framework for recognizing and becoming an intentional agent”, *Acta Psychologica*, 124, 2007, pp. 26-43.

En ese momento –comienzos de la década de 1990– los déficit de imitación no se consideraban un déficit primario y, por lo tanto, no se estudiaban en profundidad. No obstante, no todos los pasaban por alto. Nadando contra una fuerte corriente, Sally Rogers y su colega Bruce Pennington, del Centro de Ciencias de la Salud de la Universidad de Colorado, sugirieron que los déficit de imitación en los niños con autismo debían estudiarse mucho más extensamente porque podrían ser la clave para entender los déficit sociales del autismo.¹¹¹ Al día de hoy, sigo fascinado con la intuición que tuvieron en un momento en el que las explicaciones muy “mentalistas” (es decir, cognitivas) estaban en pleno auge. El interés en su idea aumentó, quizás debido a que los déficit de imitación en los autistas son muy visibles. Sin embargo, la imitación adopta muchas formas. ¿La imitación en todas sus expresiones estaba comprometida en los niños con autismo? Peter Hobson, de la Universidad College, de Londres, creía que no.

Con su colega Tony Lee, Hobson decidió probar la hipótesis de que los niños con autismo imitan poco a otras personas porque no pueden “identificarse” con ellos. Esta hipótesis estaba inspirada, a su vez, en una serie de estudios previos que Hobson había llevado a cabo, todos los cuales cuestionaban la visión dominante del momento que sostenía que los principales problemas de los pacientes con autismo son las insuficiencias de un módulo hiperracional de la teoría de la mente. Hobson sostenía que el mayor déficit era emocional. Para demostrarlo, junto con su colega Jane Weeks había diseñado un experimento muy simple a fin de probar si los niños con autismo y los niños con desarrollo típico notarían el mismo tipo de cosas acerca de las personas.¹¹² A estos efectos, mostraron a los niños fotos de mujeres o de hombres, que usaban ya fuera gorras tejidas o sombreros de ala, y con rostros felices o tristes. Weeks y Hobson solicitaban a los niños que eligieran *un sentido* en el que las fotos se diferenciaban y que las clasificaran en dos cajas de acuerdo con tal diferenciación. Como era de esperar, los niños podrían haber hecho la distinción por sexo, sombrero, o expresión facial. En la primera “ronda”, tanto los niños con desarrollo típico como quienes tenían autismo clasificaron las fotos por sexo. En este punto, Weeks y Hobson les pidieron que volvieran a clasificarlas, esta vez sin tener en cuenta si eran varones o nenas. Y aquí se manifestó la diferencia, y estoy seguro de que ustedes ya saben cuál fue: los niños con desarrollo típico eligieron la emoción facial como factor de clasificación, mientras que los niños con autismo optaron por el sombrero. En su encantador libro *The cradle of thought*, Hobson sugiere que es como si “los niños con autismo estuvieran casi cegados para reconocer los sentimientos de los demás”, como si “no fueran conmovidos por los sentimientos de las personas”.¹¹³ Tales resultados sólo alimentaron la convicción de Hobson acerca de que la cognición y los déficit de la “teoría” no son el problema de los niños autistas. El problema es que la conexión emocional no está presente.

Al probar si los déficit de imitación de los niños con autismo también se debían a la incapacidad de los niños a “sentir eco” emocional con otras personas, Hobson y Lee diseñaron un experimento en el que los niños podían imitar tanto la forma en que las personas cumplían un objetivo como el “estilo” de su conducta, es decir, si lo hacían en forma suave o brusca. Probaron niños con desarrollo típico y niños con autismo, y, al comienzo, a los niños no se les dijo ni siquiera que debían imitar lo que observaban. En

¹¹¹ Rogers, S. J. y B. F. Pennington, “A theoretical approach to the deficits of infantile autism”, *Development & Psychopathology*, 3, 1991, pp. 137-162.

¹¹² Hobson, P., *The cradle of thought*, Londres, Pan MacMillan, 2002; Weeks S. J. y R. P. Hobson, “The salience of facial expression for autistic children”, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 28, 1987, pp. 137-152.

¹¹³ Hobson, *The cradle of thought*.

una primera sesión de demostración, Lee sólo dijo a los niños: “Observen esto”. Luego, realizó acciones simples con una serie de juguetes. Por ejemplo, pasaba un palo por unos tubos unidos para producir sonido o apretaba un policía de juguete que luego se movía solo. Al utilizar el palo y los tubos, ejecutaba rasguídos suaves y agradables ante la mitad de cada grupo (los niños con autismo y los de desarrollo típico), y rasguídos fuertes para la otra mitad. Al apretar al policía con la mano, usaba la palma o dos dedos.

Después de este breve juego, sólo por hacer otra cosa, a los niños se les practicaba una prueba de lenguaje. Luego, Lee mostraba a los niños los tubos, el policía y otros juguetes, y sólo decía: “Úsenlos”. ¿Qué hacían? Resulta ser que tanto los niños con desarrollo típico como los autistas utilizaban los juguetes para lograr el mismo objetivo que Tony Lee les había mostrado cuando estuvo frente a ellos, por ejemplo, pasar el palo por los tubos para producir sonido o apretar al policía. Sin embargo, mientras que los niños con desarrollo típico también imitaban el “estilo” que Lee había adoptado frente a ellos, los niños con autismo no. Parecía que los niños con autismo imitaban la *acción* que Tony Lee había mostrado, mientras que los de desarrollo típico imitaban a la *persona*, en términos de Hobson.¹¹⁴

El punto central que surge de los experimentos de Hobson y Lee y de otros estudios sobre imitación en niños con autismo es que la facultad más seriamente comprometida es la forma social y afectiva de la imitación, más que la forma “cognitiva” de la imitación (la cual, por otra parte, también muestra cierto nivel de compromiso). La principal insuficiencia de los pacientes con autismo es el reflejo social, el cual se sustenta en las interacciones neuronales que tienen lugar entre las neuronas espejo y el sistema límbico a través de la ínsula. No obstante, hasta el momento todos los datos analizados sobre los déficit de imitación en el autismo se refieren a la conducta. ¿Hay pruebas más directas de disfunción de las neuronas espejo en los pacientes con autismo?

La hipótesis de las neuronas espejo y el autismo

Hace unos años, dos grupos de científicos que trabajaban en forma separada sugirieron que el autismo puede, en verdad, estar asociado con una disfunción del sistema de las neuronas espejo. Un grupo en Escocia estaba dirigido por Justin Williams, un especialista en autismo que se unió con Andrew Whiten, especialista en comportamiento imitativo en los primates, y con Dave Perrett, especialista en neurofisiología del mono. Los déficit de imitación observados en niños con autismo, las propiedades neurofisiológicas de las neuronas espejo en los monos y los experimentos con imágenes cerebrales sobre la imitación realizados por mi grupo de investigación de la UCLA llevaron al equipo escocés a elaborar la hipótesis de que existiría un desarrollo temprano insuficiente del sistema de las neuronas espejo que generaría una cascada de disfunciones de desarrollo que, a su vez, producirían autismo.¹¹⁵ Uno de sus argumentos era que los déficit de imitación pueden explicar posteriores déficit según la “teoría de la mente”, porque tanto la imitación como la teoría de la mente requieren que el niño con autismo realice una conversión desde la perspectiva de otro individuo hacia la propia. Ellos consideraban que, si esto es así, el principal déficit neuronal del autismo era la disfunción de las neuronas espejo.

¹¹⁴ *Ibid.*; Hobson, R. P. y A. Lee, “Imitation and identification in autism”, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 40, 1999, pp. 649-659.

¹¹⁵ Williams, J. H., A. Whiten, T. Suddendorf y D. I. Perrett, “Imitation, mirror neurons and autism”, *Neuroscience and Biobehavioral Review*, 25, 2001, pp. 287-295.

Casi al mismo tiempo, Vilayanur Ramachandran y sus colegas de la Universidad de California, San Diego, estudiaban la supresión de la onda mu en niños con autismo que observaban acciones realizadas por otras personas. Los experimentos con EEG que se describieron antes en este capítulo demostraron que la supresión de la onda mu se considera un buen indicador de actividad del sistema de las neuronas espejo. Al igual que Justin Williams en Escocia, Ramachandran decidió que la disfunción de las neuronas espejo es un déficit central del autismo y comenzó a probar esta hipótesis en forma empírica. El grupo de San Diego presentó los datos preliminares de los experimentos con EEG en el encuentro de la Sociedad de Neurociencia, el mayor encuentro de neurocientíficos de todo el mundo, en noviembre de 2000.¹¹⁶ Fue la primera presentación de pruebas de la hipótesis de una disfunción de las neuronas espejo en el autismo, y la convergencia de consideraciones teóricas y resultados empíricos iniciales inspiró mucho más trabajo sobre neuronas espejo y autismo. Al menos seis laboratorios que emplean una variedad de técnicas para estudiar el cerebro humano han confirmado hace poco que existen déficit en las áreas de las neuronas espejo en las personas con autismo.

La especularidad rota

Riitta Hari, responsable junto con Giacomo Rizzolatti de descubrir que la supresión del ritmo mu durante la acción y la observación es un importante biomarcador de la actividad de las neuronas espejo, analizó recientemente cómo la actividad cerebral de pacientes con síndrome de Asperger, una forma leve de autismo, difiere de “la norma”. Se solicitó a los pacientes que imitaran una serie de movimientos simples de la boca y del rostro, tales como la proyección de los labios, la apertura de la boca, la contracción de la mejilla. Estos movimientos no tienen ningún sentido y no expresan ningún estado emocional.

He descrito cómo el MEG recoge los diminutos campos magnéticos que rodean a la cabeza y que son creados por la actividad eléctrica de las células cerebrales. Detecta eventos en el cerebro en el orden de pocos milisegundos. Eso no es mucho tiempo, y nos permite investigar el avance de la activación en distintas áreas cerebrales *a lo largo del tiempo*. Aprovechando esta altísima resolución temporal, Hari y sus colegas analizaron el tiempo de activación del sistema de las neuronas espejo y hallaron que los pacientes con autismo activaban mayormente las mismas áreas cerebrales que los voluntarios sanos durante las imitaciones, pero con una activación *retardada* del área con neuronas espejo del lóbulo frontal (figura 1, p. 44).¹¹⁷ La comunicación neuronal entre las neuronas espejo del lóbulo parietal y las del lóbulo frontal era lenta. La conexión no funcionaba bien en estos pacientes, lo que creaba problemas de comportamiento social.

Este experimento y otros en diferentes laboratorios y distintos continentes con varias técnicas –terminados y comunicados en publicaciones científicas en los últimos años– coinciden en sugerir un déficit de las neuronas espejo en pacientes con autismo.¹¹⁸ Sin

¹¹⁶ Altschuler, E. L., A. Vankov, E. M. Hubbard *et al.*, “Mu wave blocking by observation of movement and its possible use to study the theory of other minds”, *Society for Neuroscience*, 2000. Resúmenes, 68.1.

¹¹⁷ Nishitani, N., S. Avikainen y R. Hari, “Abnormal imitation-related cortical activation sequences in Asperger’s syndrome”, *Annals of Neurology*, 55, 2004, pp. 558-562.

¹¹⁸ El artículo de Hari se publicó en 2004 (Nishitani *et al.*, “Abnormal imitation-related cortical activation sequences in Asperger’s syndrome”). En ese momento, Ramachandran y sus colegas habían terminado el estudio sobre supresión de la onda mu cuyos resultados preliminares se habían presentado en el gran encuentro neurocientífico del año 2000. Este trabajo también sugiere firmemente que las personas con

embargo, estos estudios medían la actividad del sistema de las neuronas espejo durante la realización de tareas que *no* tenían valencia emocional. Recuerden la idea de Peter Hobson de que las personas con autismo tienen problemas de imitación porque tienen dificultades para identificarse con otras personas. El mayor déficit de los pacientes con autismo parece ser el reflejo especular profundo que acerca a las personas entre sí y posibilita la conexión emocional. El otro gran problema que la enorme cantidad de estudios recientes no exploró es la importancia funcional del déficit de las neuronas espejo. Nadie había investigado si la reducción de la actividad de las neuronas espejo se correlacionaba, de algún modo, con la gravedad del compromiso de cada paciente con autismo.

Mi esposa decidió investigar estos interrogantes inexplorados sobre la base de su propio experimento de imágenes de niños con desarrollo típico que observan e imitan expresiones emocionales faciales. En tal experimento, descubrió que la actividad de las neuronas espejo durante las tareas de reflejo especular social se correlacionaba con la competencia social y la inquietud empática de los niños. Mirella creía que las mismas tareas serían ideales para probar los déficit del reflejo especular social de los niños autistas provocados por la disfunción de las neuronas espejo. Marian Sigman, psicóloga clínica de la UCLA que dedicó su vida al estudio del autismo, lideró el grupo que evaluó la gravedad del autismo en estos niños, todos los cuales tenían doce años. Esta evaluación permitió a Mirella correlacionar la actividad del cerebro medida por rMNF con el compromiso que presentaban los niños, y probar si la actividad de ciertas áreas cerebrales específicas era un marcador confiable de la enfermedad.

Los resultados coincidieron perfectamente con todas nuestras predicciones. Al observar e imitar expresiones faciales, los niños con autismo mostraron una actividad mucho menor de las áreas con neuronas espejo en comparación con los niños con desarrollo típico. Además, Mirella halló una correlación clara entre la actividad de las áreas con neuronas espejo y la gravedad de la enfermedad: a mayor gravedad del trastorno, menor actividad de las áreas con neuronas espejo.¹¹⁹ Con este estudio, Mirella demostró que, sin lugar a dudas, el déficit de las neuronas espejo es un elemento fundamental de los trastornos sociales en los individuos con autismo. Y, tal como debe hacerlo todo experimento científico que se precie, el estudio de Mirella también planteó nuevos interrogantes, en particular, dos urgentes: ¿por qué las neuronas espejo son disfuncionales en algunos niños y qué podemos hacer?

autismo se ven impedidas por la presencia de neuronas espejo que no son plenamente funcionantes (Oberman, L. M., E. M. Hubbard, J. P. McCleery *et al.*, “EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders”, *Brain Research Cognitive Brain Research*, 24, 2005, pp. 190-198). Asimismo, el grupo escocés dirigido por Justin Williams finalizó hace poco un estudio sobre adolescentes con autismo mediante rMNF. Cuando estos adolescentes imitan, la actividad de las áreas con neuronas espejo se reduce en comparación con la actividad que se observa en los adolescentes con desarrollo típico. Ésta fue la primera prueba obtenida de los experimentos de captura de imágenes cerebrales que respalda la hipótesis de que los déficit de imitación observados en los pacientes con autismo se deben, en efecto, a un menor funcionamiento de las neuronas espejo (Williams, J. H., G. D. Waiter, A. Gilchrist *et al.*, “Neuronal mechanisms of imitation and ‘mirror neuron’ functioning in autistic spectrum disorder”, *Neuropsicología*, 44, 2006, pp. 610-621). Asimismo, el grupo de Hugo Théoret en Montreal utilizó, recientemente, la EMT para comprobar la existencia de déficit en las neuronas espejo en sujetos con autismo. Este experimento midió la excitabilidad del sistema motor mientras los sujetos observaban las acciones que realizaban otras personas. Tal como se detalló anteriormente, esta excitabilidad refleja un mecanismo de “resonancia motora” que se considera otro indicio del funcionamiento de las neuronas espejo. Además, Théoret y sus colegas descubrieron, como era de esperar, que las personas con autismo tenían una resonancia mucho menor que los voluntarios sanos (Théoret, H., E. Halligan, M. Kobayashi *et al.*, “Impaired motor facilitation during action observation in individuals with autism spectrum disorder”, *Current Biology*, 15, 2005, pp. R84-R85).

¹¹⁹ Dapretto, M., M. S. Davies, J. H. Pfeifer *et al.*, “Understanding emotions in others: Mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders”, *Nature Neuroscience*, 9, 2006, pp. 28-30.

Reparar los espejos rotos

Mi hipótesis acerca de por qué el sistema de las neuronas espejo no funciona en algunos niños está inspirada en la labor de Ami Klin, un psiquiatra brasileño que trabaja en el Centro de Estudios Infantiles de Yale. Como brasileño, Ami ama el fútbol y, cuando nos encontramos, nuestro diálogo casi siempre va de la pasión por el cerebro a la pasión por el deporte. Como es de esperar, un punto de discusión interminable son los partidos que disputaron los equipos nacionales de cada uno de nuestros países en varias ediciones de la Copa del Mundo. Un día, Ami y yo estábamos de acuerdo en que el equipo brasileño que Italia logró vencer en 1982 fue el mejor equipo de fútbol de la historia de este deporte. Todavía es un misterio –para mí, para Ami, para todos– cómo los brasileños perdieron ese partido. Parecían invencibles. Pero perdieron, e Italia ganó la Copa. Uno de los aspectos fascinantes del fútbol es su carácter imprevisible, que estimo nos recuerda, a Ami y a mí, el carácter imprevisible del cerebro humano y de nuestra investigación, con sus insondables profundidades. Cuando hablo del cerebro con Ami, me encanta recordar una vez más su trabajo acerca de cómo los niños con autismo ven las escenas sociales de una manera por completo diferente de los niños con desarrollo típico. En esos experimentos, Ami y sus colegas de Yale utilizaron un aparato de seguimiento ocular para controlar los “patrones de atención visual” de los sujetos con autismo y sin autismo al mirar estímulos sociales complejos y dinámicos tales como fragmentos de videos donde aparecen personas que conversan animadamente. Los sujetos autistas no miran a los ojos tanto como el grupo de control, y a mayor patología del sujeto, mayor atención visual sobre los objetos. En cambio, a mayor adaptación social, mayor observación de la boca de las personas observadas: no de los ojos, sino de la boca.

Otro de los resultados fascinantes de Ami está relacionado con la asombrosa disimilitud del desempeño de los sujetos autistas en situaciones espontáneas en comparación con otras muy estructuradas. Mediante el invaluable equipo de seguimiento ocular, Ami estudió de qué manera estos dos grupos de sujetos, los que tenían autismo y los que no, respondían a los gestos deícticos. La escena observada era de la película *¿Quién le teme a Virginia Woolf?*, donde un personaje señala un cuadro que está colgado en la pared y pregunta: “¿Quién lo pintó?” Hay varios cuadros en la pared, de modo que la pregunta verbal por sí sola no es muy informativa. Sin embargo, el gesto deíctico que acompaña a la pregunta deja en claro de cuál están hablando. El equipo de seguimiento ocular de Ami reveló que los sujetos sin autismo de inmediato y en forma automática seguían con la mirada el gesto deíctico e identificaban el cuadro designado. En cambio, los sujetos con autismo no siguen el gesto deíctico y mueven los ojos sólo después de que se formula la pregunta verbal. No tienen idea de a qué cuadro se refiere el personaje ni cuál señala, de modo que dirigen la atención de cuadro en cuadro, al azar. Más tarde, a los sujetos se les preguntó de manera explícita acerca del gesto deíctico y su significado. En esta situación estructurada, pudieron brindar una respuesta adecuada respecto del significado del gesto deíctico en la escena que acababan de observar. No obstante, durante la observación espontánea, sus movimientos oculares demostraron que no habían entendido qué sucedía entre ambos personajes.¹²⁰

¹²⁰ Klin, A., W. Jones, R. Schultz *et al.*, “Visual fixation patterns during viewing of naturalistic social situations as predictors of social competence in individuals with autism”, *Archives of General Psychiatry*, 59, 2002, pp. 809-816; Klin, A., W. Jones, R. Schultz *et al.*, “The enactive mind, or from actions to cognition: Lessons from autism”, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B Biological Series*, 358, 2003, pp. 345-360.

Los sujetos con autismo muestran estas diferencias de atención visual a una edad muy temprana. Es difícil decir por qué. Es posible que tengan menos neuronas espejo que otros niños y que, por lo tanto, les resulte menos gratificante observar las acciones de otras personas. También es posible que su patrón diferencial de atención visual no esté inicialmente relacionado con las neuronas espejo. No obstante, aun en este caso, habría un efecto sobre dichas neuronas. Tal como describí en el capítulo 4, un escenario muy probable sobre cómo la experiencia forma y refuerza las neuronas espejo es que la imitación recíproca durante la infancia permite que el bebé establezca una asociación entre ciertos tipos de movimientos y el ver que alguien los reproduce con exactitud. Los niños que desarrollan autismo tienden a no mirar a la madre, al padre o al cuidador, y no pueden establecer asociaciones entre sus propios movimientos y los de las personas que los imitan. Por lo tanto, sus neuronas espejo no se forman o refuerzan. Considero que este es un probable escenario del desarrollo, que toma en cuenta las propiedades de las neuronas espejo, los datos del trabajo de Ami Klin sobre seguimiento ocular, y el papel que desempeña la imitación en las interacciones sociales tempranas. Ahora bien, todos nosotros queremos saber si estos datos e hipótesis podrían inspirar formas de tratamiento efectivo para “restaurar” algunas funciones de las neuronas espejo en los pacientes autistas.

Di esta respuesta durante varios años. Creo que las formas de tratamiento basadas en la imitación pueden ser muy eficaces para ayudar a los pacientes con autismo en sus problemas sociales. En este momento, al menos tres científicos están estudiando los efectos de la imitación en niños con autismo: Jacqueline Nadel en París, Sally Rogers en la Universidad de California Davis, y Brooke Ingersol en Oregon. Hace poco miré uno de los videos de Rogers, donde se demostraba el tipo de intervención que hace su grupo con niños muy pequeños que tienen autismo. Cuando el niño parece no estar conectado con los demás, Sally comienza a imitarlo y a interactuar con él lúdica y emocionalmente. *De inmediato*, el niño comienza a responder mucho más a las propuestas de Sally y se interesa en interacciones con relevancia emocional. ¿Cómo puede este tipo de interacción *no ser benéfica*?

Hablar del video de Sally me recuerda un episodio que tuvo lugar en un encuentro celebrado por Cure Autism Now [Curar el autismo ahora] (<www.cureautismnow.org>) en el año 2001. Recién terminaba de dar mi presentación sobre las neuronas espejo, la imitación y los posibles déficit de las funciones de las neuronas espejo en el autismo. Había respondido a todas las preguntas y me había ido del escenario, cuando un hombre que trabaja con pacientes con autismo se me acercó y me dijo: “¿Sabe? Lo que mencionó sobre la imitación como posible forma de tratamiento para mí tiene mucho sentido. Mis pacientes tienen discapacidad grave, y algunos días me parece realmente imposible hallar una manera de conectarme con ellos. Sin embargo, cuando todo falla, tengo una última estrategia que, en general, funciona. La mayoría de mis pacientes hace movimientos repetitivos y estereotipados. Cuando no sé qué más hacer para establecer una conexión, imito los movimientos estereotipados. Casi enseguida me ven, interactuamos, y puedo comenzar a trabajar con ellos”.

Hemos visto cómo las personas tienden a imitarse, a sincronizar movimientos mutuos, y cómo este comportamiento motor sincronizado, por lo general, estimula la conexión social. ¿Qué es esta conexión inmediata que evoca la imitación? Si bien no existen datos bien controlados sobre estas formas espontáneas de imitación, es probable que las neuronas espejo estén vinculadas. Cuando el terapeuta imita a los pacientes, puede ser que active sus neuronas espejo, lo cual, a su vez, puede ayudar a que los pacientes *vean* al terapeuta, literalmente. Esto no es más que una teoría personal, pero lo que sabemos acerca de las neuronas espejo la hace de algún modo plausible. Hace un tiempo, Jacqueline Nadel, de

París, me envió un video extraordinario de un niño de doce años con autismo, bastante retraído, con un comportamiento a menudo asociado con el autismo: hace gestos motores estereotipados con las manos (que pueden adoptar muchas formas; en este caso, aleteo). Se lo ve en una sala de hospital, solo, pero con muchísimos juguetes y objetos con los cuales puede jugar. En realidad, hay dos unidades de cada juguete y de cada objeto. Entra una niña, sin autismo pero con un coeficiente intelectual bajo, a quien el niño conoce bien. La niña comienza a jugar con algunos de los objetos que están en la sala e invita al niño a hacer lo mismo. Se pone un sombrero de vaquero, y luego le pone el segundo sombrero de vaquero al niño. Lo ayuda a ponerse un par de gafas de sol, y luego se pone ella el segundo par. Los niños se dan la mano y ríen. Los gestos estereotipados del niño con autismo van desapareciendo con rapidez. La niña ahora toma un paraguas, lo abre y desfila por la sala. El niño con autismo la imita con espontaneidad. Los gestos estereotipados desaparecieron *por completo*: ahora es un niño totalmente conectado con su compañera. Los niños juegan a varios juegos de imitación durante un rato: a veces el niño imita a la niña, y otras veces la niña lo imita a él. Cuando ella se va, en un determinado momento, el niño casi de inmediato se retrae y reinicia los movimientos de aleteo de manos. Cuando la niña regresa, los gestos desaparecen. El efecto parece casi mágico. Por supuesto, no lo es. El reflejo social conecta a los individuos en forma emocional y puede ser una manera muy eficaz de ayudar a los niños con autismo a superar algunos de sus problemas sociales.

A efectos de probar esta hipótesis en forma más rigurosa, Nadel llevó a cabo dos experimentos con niños autistas. En ambos, un grupo de niños interactuaba con un adulto que los imitaba, y el otro grupo interactuaba con un adulto que sólo jugaba con ellos. Nadel halló que los niños que habían sido imitados por el adulto demostraban un “comportamiento social” mucho mayor y participaban del juego con el adulto de una manera mucho más recíproca que los niños que no habían sido imitados. Además, los niños que habían sido imitados pasaban más tiempo cerca y al lado del adulto, y tocándolo, que los niños que no habían sido imitados.¹²¹

Estos resultados tan apasionantes cobran mucho sentido a la luz de lo que sabemos sobre las neuronas espejo. En Oregon, Brooke Ingersoll también recurrió a la imitación para tratar niños con autismo, y obtuvo resultados aun más estimulantes con tratamientos del comportamiento desde un enfoque naturalista. Durante interacciones al parecer espontáneas y lúdicas, el terapeuta comienza a imitar los gestos, las vocalizaciones y las acciones de los niños dirigidos a los juguetes. Luego, el terapeuta invita al niño a imitar su propio comportamiento. Los niños expuestos a este tipo de tratamiento en interacciones naturalistas muestran claros beneficios, los cuales van mucho más allá de la mera imitación. Esta es la novedad importante. Otros comportamientos de comunicación social, tales como el lenguaje y el juego simulado, también provocan una mejora significativa. Además, es posible enseñar las técnicas diseñadas por Ingersoll a los padres para que las apliquen en el hogar al interactuar de manera espontánea con los hijos. Lo único que pueden hacer es ayudar, y de hecho, es lo que logran.¹²²

¹²¹ Field, T., C. Sanders y J. Nadel, “Children with autism display more social behaviors after repeated imitation sessions”, *Autism*, 5, 2001, pp. 317-323; Escalona, A., T. Field, J. Nadel *et al.*, “Brief report: Imitation effects on children with autism”, *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 32, 2002, pp. 141-144.

¹²² Ingersoll, B., E. Lewis y E. Kroman, “Teaching the imitation and spontaneous use of descriptive gestures in young children with autism using a naturalistic behavioral intervention”, *Journal of Autism Developmental Disorders*, 37, 2007, pp. 1446-1456; Ingersoll, B. y L. Schreibman, “Teaching reciprocal imitation skills to young children with autism using a naturalistic behavioral approach: Effects on language, pretend play, and joint attention”, *Journal of Autism Developmental Disorder*, 36, 2006, pp. 487-505; Ingersoll, B. y S. Gergans, “The effect of a parent-implemented imitation intervention on spontaneous imitation skills in young

Estas técnicas no requieren ninguna tecnología especial y pueden enseñarse con facilidad. Pueden difundirse en la comunidad de padres de niños con autismo muy rápidamente y llegar a una gran cantidad de niños afectados. Concientizar el vínculo entre las neuronas espejo y la imitación puede prometer un beneficio potencial que cambie la vida de estos niños.

7

Superneuronas y conexiones cerebrales

Ondas sombrías en el cerebro

En la primavera de 2001, Vittorio Gallese, y yo, junto con algunos otros neurocientíficos, estábamos en Sevilla disfrutando de unas espectaculares tapas locales. Empezamos a hablar sobre cómo siempre el jardín del vecino parece más verde: Vittorio, un gran investigador de la actividad unicelular, admitió que envidia la relativa facilidad con la que quienes nos dedicamos a la captura de imágenes cerebrales realizamos los experimentos, en comparación con el prolongado entrenamiento que requieren sus monos, la cirugía para implantar los electrodos y demás. Tuve que aceptar que la logística de la captura de imágenes es más sencilla, pero ¿qué decir de los resultados de nuestros experimentos? Exigen complejos análisis estadísticos y, aun así, no suelen ser tan inequívocos como los registros de la actividad unicelular. Puede ser frustrante. Y mi amigo comprendió mi argumento. Asintió. Su mirada traicionó su entusiasmo cuando dijo: “Cuando encuentras una neurona hermosa, realmente es hermosa”. Por cierto que sí.

Nosotros, los neurocientíficos, enfrentamos barreras tremendas en nuestra línea de trabajo. En principio, el tipo de investigación que le permitió a Vittorio y a su equipo de Parma descubrir las neuronas espejo espiando el cerebro de los monos en un grado ultra exquisito y detallado –unicelular– es invasivo, y exige cirugía para implantar los electrodos. Si bien los neurofisiólogos que trabajan con monos son en extremo cuidadosos para evitar que los sujetos implantados se sientan incómodos, existen cuestiones que impiden tal investigación en simios y en humanos (con raras excepciones, como hemos visto, y con una más –la más importante– que aún no relaté). Entretanto, la increíble tecnología con la que laboratorios como el mío de la UCLA estudian el cerebro humano –en especial RMNf– mide la actividad del conjunto, es decir, la actividad de una gran cantidad de células, y no resulta adecuada para animales o incluso niños, quienes no es muy probable que permanezcan acostados sin moverse dentro de máquinas que hacen ruido.

Para expresarlo en términos sencillos, las diversas tecnologías se prestan a diferentes clases de investigaciones, y cada una se ve limitada por un grupo de factores singular: algunos de orden práctico, algunos logísticos o financieros, y algunos éticos. Con los monos, no podemos pasar con facilidad de la célula al conjunto, y con los humanos no podemos pasar con facilidad del conjunto a la célula. En este campo, nos hemos visto verdaderamente atrapados entre dos posiciones. Las dificultades insoslayables nos dejaron la inferencia como el principal medio de sortear el obstáculo y armar el rompecabezas, y la inferencia, si bien es valiosa y necesaria, no constituye una herramienta precisamente perfecta. No sería perfecta aun cuando trabajáramos con nuestros parientes más cercanos, los chimpancés; y los macacos se encuentran varios pasos evolutivos por debajo de los chimpancés y de

children with autism”, *Research and Developmental Disability*, 28, 2007, pp. 163-175.

nosotros. Desafortunadamente, poco podemos hacer para cerrar esta brecha. No podemos cambiar el proceso evolutivo, y sin duda alguna no vamos a cambiar de idea acerca de las consideraciones que nos impiden llevar adelante las investigaciones científicas más invasivas en los seres humanos y en los grandes simios. Una sociedad que cambia de idea sobre esta cuestión no es una sociedad en la cual yo elegiría vivir.

No podemos emplear las técnicas de estudio unicelular en los humanos, pero ¿podemos utilizar técnicas de estudio colectivo en los monos? Si tenemos éxito, podríamos comparar la actividad neuronal en una sola célula y en un conjunto de células en los monos, y, luego, comparar la actividad neuronal de conjunto en los monos y en los humanos. Estas dos comparaciones secuenciales por cierto aliviarían la carga deductiva y nos ayudarían a unificar los conocimientos. En los últimos años, varios investigadores y laboratorios desarrollaron técnicas para estudiar el cerebro del mono con la RMNF. Entre ellos, el principal es Nikos Logothetis, del Instituto Max Planck de Tübingen, Alemania. Con una ingeniosa serie de modificaciones realizadas al *hardware* estándar adaptado para los experimentos cerebrales con monos, Logothetis llevó a cabo *en forma simultánea* registros unicelulares con electrodos intracraneales y RMNF. Esta hazaña es imposible con la configuración convencional. Logothetis emplea electrodos modificados que no queman el tejido circundante (que los electrodos habituales sí quemarían dentro de un escáner), no recogen “interferencias” de la actividad del escáner, y no crean interferencias para la propia señal del escáner. Se trata de una proeza admirable. Con los electrodos implantados, Logothetis midió la activación neuronal de las células individuales al tiempo que medía también los cambios de la señal RMNF. Así, podía probar si la activación de las células individuales se correlaciona con la señal cerebral que mide la RMNF. Ante la presencia de estímulos visuales, la corteza visual del cerebro del mono respondió con un aumento de la descarga de las células individuales y un aumento de la señal RMNF. Esta correlación resultó convincente y significó un avance real en el intento de alinear la actividad neuronal unicelular con la actividad celular colectiva. Este avance sólo puede cobrar velocidad, pues la cantidad de laboratorios que utilizan la RMNF en los monos no puede sino aumentar.¹²³

Luego, existe una tercera forma de cerrar la brecha entre los registros unicelulares de los monos y la captura de imágenes de la actividad neuronal colectiva en los humanos. Yo la llamo *ciencia oportunista*, la cual ya está desempeñando un papel significativo en la neurociencia y, a mi entender, cobrará importancia para la investigación sobre las neuronas espejo. Antes de contarles cuál es la situación actual y hacia dónde creo que nos conducirá el futuro, les mostraré qué positivo puede ser que la ciencia oportunista se combine con la casualidad y responda uno de los interrogantes más antiguos y relevantes del campo de la neurología.

Esta anécdota nos retrotrae a la era de la tomografía por emisión de positrones (PET), de gran utilización en la década de 1980 y comienzos de la de 1990, pero que fue ampliamente reemplazada por la RMNF dado que exige el uso de material radiactivo. Tal como destaqué en el capítulo 2, uno de los primeros estudios de imágenes sobre el sistema de las neuronas espejo se realizó con un experimento prensil realizado con PET por Rizzolatti y sus colegas. En esos años, yo utilizaba PET a efectos de investigar las regiones cerebrales importantes para nuestro reconocimiento de los objetos cotidianos: mi primer experimento con esta tecnología. Según lo requiere la técnica PET, inyectamos una pequeña cantidad de material radiactivo en el torrente sanguíneo del sujeto, a quien se le solicitó

¹²³ Un buen ejemplo de ello es el artículo conjunto realizado entre el laboratorio de Giacomo Rizzolatti y el de Guy Orban, en el cual la actividad cerebral del mono durante la observación de acción se mide con RMNF en lugar de con registro unicelular: Nelissen, K., G. Luppino, W. Vanduffel *et al.*, “Observing others: Multiple action representation in the frontal lobe”, *Science*, 310, 2005, pp. 332-336.

observar una variedad de estímulos visuales en el monitor de una computadora. En pocas palabras, el compuesto radiactivo se une a ciertas moléculas de la sangre. Por lo tanto, medir estas moléculas implica medir el flujo sanguíneo general. En el cerebro sano, el flujo sanguíneo se correlaciona con la actividad neuronal, y los escáneres PET miden la actividad cerebral midiendo el flujo sanguíneo. A fin de asegurar que los sujetos recibieran sólo una pequeña cantidad de radiactividad, teníamos un límite de doce inyecciones de material radiactivo –es decir, doce barridos cerebrales– por sujeto, y debíamos esperar cerca de quince minutos entre las inyecciones a fin de permitir que la radiactividad de la inyección anterior hubiera desaparecido por completo.

Una tarde, me encontraba realizando el experimento con el cuarto o quinto sujeto que se había anotado para participar en el estudio. Esta mujer diestra, de veintinueve años de edad – participante voluntaria, por supuesto– me dijo en un momento que le dolía la cabeza. Le pregunté si deseaba detener el estudio. Respondió que no, dado que todo lo que hacía era mirar cosas en un monitor. Cuando terminamos, le formulé algunas preguntas. Afirmó que el dolor había aumentado poco a poco durante las tres horas aproximadas que se necesitan para completar las doce inyecciones y barridos. Describió la sensación de dolor como un latido o pulsación, lo que me hizo pensar en una migraña. También mencionó que justo antes de haber comenzado, notó que la visión se le había vuelto borrosa por unos instantes. Este “aura” es un signo clásico de las migrañas, las cuales afectan a más mujeres que hombres. La mujer afirmó que no era la primera vez que experimentaba este dolor. Al unir todos estos elementos, la derivamos al departamento de neurología de la UCLA, donde se le confeccionó una detallada historia clínica neurológica de sus dolores que confirmó la sospecha de que se trataba de una paciente migrañosa.

Tomé muchísimos apuntes sobre qué había sucedido y cuándo. Al analizar los datos del barrido PET en sí, lo primero que busqué, según lo dictaba el habitual protocolo estadístico que utilizábamos, fueron los cambios en el flujo sanguíneo asociados con los distintos tipos de estímulos que veía el sujeto. En todos los sujetos previos de este experimento PET, se registraba un notable incremento del flujo sanguíneo en la corteza temporal inferior cuando los sujetos observaban objetos cotidianos, en oposición a otros tipos de estímulos visuales. Sin embargo, con la paciente migrañosa, no hallé *ninguna diferencia* en el flujo sanguíneo entre las distintas condiciones del experimento, lo cual marca un contraste llamativo respecto de los claros efectos que observamos en los sujetos anteriores.

“Culpé” a la migraña, pero no sabía cómo probar mi hipótesis. Debido a que se trataba de mi primer experimento con PET y que no tenía experiencia en análisis de datos inusuales, consulté a mi colaborador y mentor en neuroimágenes, Roger Woods, neurólogo que había desarrollado una variedad de métodos analíticos de las imágenes cerebrales. Cuando le conté a Roger lo que había sucedido, me dijo: “Bien, miremos los datos sin procesar convertidos”.

Una breve explicación acerca de los datos PET: los datos sin procesar son números que corresponden a la cantidad de eventos radiactivos que detecta el escáner. Los datos sin procesar *convertidos* en general carecen de valor, son algo mejor que imágenes cerebrales borrosas en tonos de gris. Incluso un especialista en mapas cerebrales, en general, no detecta ninguna diferencia de una imagen a otra. Se necesita un análisis estadístico realizado por computadora para poder revelar cambios, aunque sean sustanciales. De modo que cuando Roger sugirió mirar los datos sin procesar convertidos, me sorprendí un poco. No había podido ver nada destacable en los análisis estadísticos, que son mucho más potentes que los ojos. ¿Qué podría ver en estos otros datos? Como es natural, me equivoqué. Roger armó una suerte de animación con los doce barridos convertidos que yo

había reunido del sujeto con migraña. Al ver la animación, cualquiera podría haber observado que, después del sexto barrido, las áreas posteriores del cerebro se oscurecían mucho, lo que indicaba una señal radiactiva mucho más débil para el escáner y un flujo sanguíneo mucho menor en esas áreas. La disminución del flujo sanguíneo debía ser extremadamente significativa para ser detectada a simple vista con tanta facilidad. De hecho, luego los análisis cuantitativos demostraron una reducción del flujo sanguíneo de cerca del 40% en las áreas oscuras: la parte posterior del cerebro de la paciente migrañosa. Desde el sexto al duodécimo y último barrido, la “oscuridad” avanzaba poco a poco desde la parte posterior hacia la zona frontal del cerebro del sujeto, y se agrandaba progresivamente. En la animación, verlo era impresionante.

De inmediato, Roger y yo nos dimos cuenta de que esta observación accidental había resuelto –literalmente de un día para el otro– el debate acerca de la fisiopatología de la migraña que había ocupado a los neurólogos y a sus pacientes durante cincuenta años. Este debate presentaba dos grandes campos. Uno sostenía que la migraña era sobre todo un problema vascular. Por motivos sumamente desconocidos (pero con una variedad de hipótesis propuestas), los vasos sanguíneos se constreñían al iniciarse un ataque de migraña (de ahí los síntomas del aura) y luego se dilataban, lo que producía dolor. El otro campo afirmaba que la causa principal de la migraña era una disfunción neuronal, específicamente un fenómeno que se observó por primera vez en conejos de laboratorio, denominado depresión propagada. Este fenómeno, que se describió por primera vez en 1944, consiste en una reducción inmensa pero por suerte transitoria de la actividad eléctrica de la corteza cerebral. Tal depresión de la actividad eléctrica se propaga, en sentido literal, a las áreas corticales contiguas.¹²⁴

Ambas teorías presentaban aciertos y desaciertos. Cuando apareció la tecnología PET, en la década de 1980, existía la creencia generalizada que era ideal para resolver este debate tan crucial. En teoría, así debería haber sido, pero hubo limitaciones prácticas que tornaron imposible examinar a pacientes al inicio de lo que es, después de todo, un evento imprevisible. Las migrañas no tienen horarios. El ataque espontáneo de nuestro sujeto mientras estaba en el escáner PET en la UCLA fue uno de esos afortunados accidentes que ningún neurólogo o neurocientífico imagina. Además, los datos que habíamos reunido eran inequívocos. El índice de avance de la “depresión propagada” que se describió en el conejo de laboratorio en 1944 era muy similar al que observamos en la “onda oscura” en 1994. Esta onda no siguió el territorio anatómico de los grandes vasos cerebrales, lo que descarta la hipótesis vascular. Nuestras observaciones sólo respaldaban la hipótesis neuronal de la migraña.

Fue un caso espléndido de ciencia médica oportunista. De hecho, uno de los revisores que evaluó nuestro artículo científico¹²⁵ utilizó exactamente esos términos. Sin embargo, hay otras formas de hacer ciencia médica oportunista, un poco más planificada y que depende menos de observaciones accidentales como fueron las nuestras en el caso de la migraña. Una de ellas se ve ejemplificada por el impresionante trabajo de Itzhak Fried y sus colaboradores en el departamento de neurocirugía de la facultad de medicina de la UCLA. Fried y sus colegas pueden medir la actividad unicelular en el cerebro humano. Este trabajo, que reviste una importancia extraordinaria, nos permite cerrar la brecha que existe en la investigación de las neuronas espejo del mono y del hombre.

¹²⁴ Leao, A. A. P., “Spreading depression of activity in the cerebral cortex”, *Journal of Neurophysiology*, 7, 1944, pp. 359-390; Leao, A. A. P. y R. S. Morrison, “Propagation of spreading cortical depression”, *Journal of Neurophysiology*, 8, 1945, pp. 33-45.

¹²⁵ Woods, R. P., M. Iacoboni y J. C. Mazziotta, “Brief report: bilateral spreading cerebral hypoperfusion during spontaneous migraine headache”, *New England and Journal of Medicine*, 331, 1994, pp. 1689-1692.

En las profundidades del cerebro humano

La epilepsia es una enfermedad neurológica que afecta a millones de personas, cerca del 1% de la población. Los síntomas son variados, pero, por supuesto, el más conocido son las convulsiones. En la mayoría de los casos, los fármacos son agentes eficaces para controlar la enfermedad. No obstante, en algunos pacientes, ello no es así. La vida de estos pacientes se ve muy afectada y una de las estrategias terapéuticas que pueden adoptarse en estos difíciles casos es la cirugía. Si es posible eliminar el foco de la actividad epiléptica, es decir, el tejido cerebral donde se origina el ataque, es posible controlar los síntomas. Por supuesto, esta decisión no debe tomarse a la ligera, y en la mayoría de los casos se intenta primero con todo tipo de terapia farmacológica. Cuando la cirugía se estima necesaria, resulta imperativo averiguar con precisión dónde reside el foco de la actividad epiléptica. Hoy en día, tenemos a disposición una variedad de herramientas no invasivas para este propósito, pero, en algunos pacientes, no son suficientes. En estos casos, el enfoque de última instancia para los cirujanos es la implantación de electrodos en varias regiones del cerebro y el monitoreo de la actividad durante varios días, quizás inclusive una o dos semanas. Naturalmente, sólo el criterio médico y no la inquietud experimental es lo que dicta la ubicación de estos electrodos intracraneales. Asimismo, la autorización del paciente es obligatoria. Casi siempre se obtiene. Luego, es posible reunir información exclusiva y extremadamente valiosa sobre la actividad neuronal humana en una variedad de condiciones, y a exquisita escala unicelular.

Posible es gracias a que Itzhak Fried y sus colegas de la UCLA tuvieron la idea de modificar los electrodos básicos que se utilizan para estos registros intracraneales. En general, la sonda intracraneal que se utiliza con los pacientes epilépticos no registra los potenciales de acción a escala unicelular. Para ayudar a localizar el origen de los ataques epilépticos, no lo necesita. De hecho, el electrodo identifica el locus de la epilepsia sólo midiendo la señal electroencefalográfica, es decir, las ondas eléctricas lentas que representan la actividad colectiva de muchísimas neuronas que funcionan al mismo tiempo. El equipo de Fried cambió la configuración básica e implantó un conjunto de ocho microalambres sostenidos de la punta de cada electrodo. La punta del microalambre es pequeña y sensible: tiene la capacidad de registrar los potenciales de acción unicelulares. Con ocho electrodos normalmente implantados en cada paciente, tenemos sesenta y cuatro microalambres desde los cuales puede registrarse actividad unicelular. Lamentablemente, no todos los microalambres logran registrar esta actividad. Todo depende de a qué parte del cerebro llega la punta del microalambre, lo cual el cirujano –incluso el más experimentado– no puede controlar. El cirujano puede controlar sólo dónde colocar la punta de los electrodos en el cerebro. Si la punta de un microalambre que pende de un electrodo termina cerca de una neurona, registra su actividad. Si termina lejos de la neurona, no. En un caso típico, de veinte a cuarenta microalambres registran actividad celular, y, a menudo, un microalambre puede registrar la actividad de más de una célula. Por lo tanto, es bastante posible registrar la actividad de cincuenta células en una sesión, y es concebible registrar el doble también (aunque nunca nadie tiene tanta suerte).

Con esta configuración singular, Fried y sus colaboradores están en posición de investigar con un detalle inusitado las respuestas del cerebro humano ante una variedad de estímulos y situaciones. Uno de los primeros investigadores que aprovechó este increíble avance fue Roy Mukamel, becario posdoctoral de mi laboratorio que condujo un muy ingenioso experimento transoceánico mediante el que explotó los electrodos de Itzhak de modo tal de poder confirmar aun más la estrecha relación existente entre la actividad unicelular y

celular colectiva en los humanos. En primer lugar, Roy mostró segmentos de *El bueno, el malo y el feo*, el famoso *spaghetti western* dirigido por Sergio Leone, a voluntarios sanos de RMNF en el Instituto Weizmann de Israel, donde Roy había cursado estudios de posgrado. Luego, voló a Los Ángeles para mostrar los mismos segmentos de la película a dos pacientes epilépticos en los que Itzhak Fried había implantado electrodos intracraneales con microalambres. Posteriormente, Roy utilizó la actividad medida en las células individuales de la corteza auditiva (como su nombre lo indica, el área del cerebro que responde a los sonidos) de los dos pacientes epilépticos para probar si existía correlación con la actividad –medida por RMNF– del cerebro de los voluntarios sanos de Israel.¹²⁶ Teniendo en cuenta que los pacientes neurológicos estaban en reposo en salas silenciosas del hospital de la UCLA y que los voluntarios sanos de Israel estaban acostados en un escáner RMNF muy ruidoso, parecía casi inevitable que el experimento de Roy, mediante el que analizaba las respuestas cerebrales de la corteza auditiva, estuviera condenado al fracaso. ¿Acaso los niveles de ruido, tan diferentes, no invalidarían las lecturas “auditivas” recogidas mientras los sujetos miraban la película? Fue asombroso, pero no. Roy halló una correlación estrecha entre la actividad unicelular de la corteza auditiva de los pacientes epilépticos de Los Ángeles y la actividad de la corteza auditiva de los voluntarios sanos que midió con el escáner RMNF en Israel. Estos datos reconfirmaban los resultados registrados por Nikos Logothetis que permitieron demostrar un vínculo directo entre la actividad unicelular y la actividad celular colectiva medida por RMNF. Sin embargo, ambos investigadores estudiaron áreas primarias *sensoriales*: la corteza visual en el caso de Logothetis, la corteza auditiva en el de Roy. ¿Es posible establecer una generalización a partir de estos resultados que se aplique a las áreas corticales más complejas del cerebro humano, como por ejemplo las áreas del lóbulo frontal que contienen neuronas espejo, o las áreas del lóbulo temporal que son depósitos de nuestra memoria? Existen datos muy recientes, que correlacionan los registros unicelulares y la señal RMNF del lóbulo temporal durante una tarea de memorización, que sugieren que en el lóbulo temporal la actividad unicelular y la actividad RMNF *no* van juntas. Cuando se solicitó a los sujetos que recordaran personas y lugares, las neuronas individuales se activaron sólo para una persona o lugar específicos, mientras que la actividad RMNF aumentó en el caso de una gran cantidad de personas o lugares recordados. ¿Cómo es posible? La respuesta proviene de un fenómeno neuronal para el cual los neurocientíficos encontraron varios términos diferentes (y algo divertidos): “neurona abuela”, “codificación aislada” [*sparse coding*] e, inclusive, la neurona “Jennifer Aniston”.

La neurona Jennifer Aniston

El término “neurona abuela”¹²⁷ es muy conocido en neurociencia. Con él, sucintamente nos referimos a la teoría de que es posible que el cerebro utilice las neuronas en forma individual para representar, reconocer e identificar objetos conocidos. En sus versiones más extremas, esta teoría sugiere una correspondencia de uno a uno entre la célula y el objeto, de modo tal que, por ejemplo, nuestra abuela materna estaría codificada por una sola neurona, y nuestra abuela paterna, por otra. Existe una gran desventaja teórica del postulado de la neurona abuela que no es difícil de entender: si, por algún motivo desafortunado, una neurona abuela muere, nuestra relación con el objeto reconocido –la abuela– se destruye por completo. Ya no podemos reconocerla ni recordarla. Por otra parte,

¹²⁶ Mukamel, R., H. Gelbard, A. Arieli *et al.*, “Coupling between neuronal firing, field potential, and fMRI in human auditory cortex”, *Science*, 309, 2005, pp. 951-954.

¹²⁷ Gross, C. G., “Genealogy of the grandmother cell”, *Neuroscientist*, 8, 2002, pp. 512-518.

la teoría también presenta ventajas. La principal tiene que ver con la memoria. Si necesitamos una sola célula para recuperar el recuerdo de nuestra abuela, podemos memorizar muchísimas cosas diferentes con la multitud de neuronas que hay en el cerebro.

En su expresión más radical, la teoría de la neurona abuela es casi la caricatura de un concepto. La versión actual de este concepto se denomina codificación aislada [*sparse coding*]. Tal como su nombre indica, esta idea sostiene que un estímulo dado, por ejemplo, nuestra abuela, activa a unas pocas neuronas de manera selectiva. Así, recordar a la abuela no depende por entero de una sola neurona, lo cual constituye una forma mucho más eficiente de codificar objetos y personas conocidos. La muerte de una neurona que pertenece a una pequeña población que codifica el mismo estímulo no sería catastrófica.

De hecho, una de las primeras descripciones de las propiedades de las neuronas espejo insinuaba la presencia de cierto nivel de codificación aislada en el sistema que acababa de descubrirse. En realidad, el artículo escrito por Vittorio Gallese y los colaboradores de Parma, que se publicó en *Brain* en 1996,¹²⁸ informa una variedad de neuronas con propiedades selectivas ante acciones específicas. Aunque la mayoría de las neuronas espejo descritas respondían a acciones prensiles observadas y realizadas, casi la mitad respondía selectivamente sólo a acciones específicas tales como colocar, manipular y sostener objetos; interacciones con las manos; y demás. No obstante, las pruebas empíricas que respaldan con más solidez la codificación aislada, y que, en verdad, parecen sustentar de manera muy convincente la idea de una neurona abuela, es la prueba comunicada no hace mucho por Itzhak Fried y sus colegas, quienes trabajan con los electrodos intracraneales implantados en el cerebro de los pacientes epilépticos. Los investigadores utilizaron una computadora portátil para presentar ante los pacientes una gran cantidad de fotos de famosos, edificios, objetos y animales conocidos. Lo que descubrieron fue asombroso. Una neurona respondía sólo a varias fotos de Bill Clinton, otra sólo a las fotos de los Beatles, otra sólo a Michael Jordan, otra sólo a los dibujos de los Simpsons. La “neurona Jennifer Aniston”, tal como se la denominó de inmediato, respondía a varias fotos diferentes de la actriz, pero de ninguna manera a una gran cantidad de otros estímulos, algunos de los cuales eran muy similares, desde el punto de vista visual, a las fotos.¹²⁹ Por ejemplo, Julia Roberts no generaba ninguna respuesta de la neurona Jennifer Aniston. Lo sorprendente era que tampoco lo hacía una foto de Jennifer y Brad Pitt. Teniendo en cuenta que esta prueba se realizó cuando los dos actores aún estaban juntos y aparecían todo el tiempo en la prensa amarilla y en la televisión, nos preguntamos si esta sabia neurona predecía su inminente *scandalo*, como lo llamamos en Italia.

Y esto no es todo. Fried y sus colegas también hallaron una neurona que respondía específicamente a Halle Berry y también a su nombre en el monitor de la computadora. Tales respuestas sugieren que estas neuronas pueden estar codificando en virtud de la memoria más que de la visión. En realidad, la neurona Jennifer Aniston respondía a las fotos de Jennifer Aniston y de Lisa Kudrow, y parecía relacionar a ambas actrices debido a su papel en la misma serie televisiva, *Friends*.¹³⁰ Esta investigación con pacientes epilépticos continúa siendo una fuente de fascinantes resultados. El grupo de la UCLA pudo documentar las descargas unicelulares durante un ejercicio de visualización de imágenes

¹²⁸ Gallese, V., L. Fadiga, L. Fogassi *et al.*, “Action recognition in the premotor cortex”, *Brain*, 119, 2, 1996, pp. 593-609.

¹²⁹ Quiroga, R. Q., L. Reddy, G. Kreiman *et al.*, “Invariant visual representation by single neurons in the human brain”, *Nature*, 435, 2005, pp. 1102-1107.

¹³⁰ Es posible que la neurona Jennifer Aniston codifique el personaje de Rachel en *Friends* en lugar de a la actriz Jennifer Aniston. Ello podría explicar por qué esta neurona no se activa ante la imagen de Aniston y Brad Pitt. Gracias a Kelsey Laird por haber sugerido esta hipótesis.

(cuando sólo se piensa en ver lugares y personas) y durante el recuerdo de lugares.¹³¹ Las células que responden a ciertos tipos de estímulos visuales, por ejemplo, al rostro, también producen una descarga cuando el paciente sólo imagina ese rostro.

Casualmente, Itzhak y yo habíamos colaborado a mediados de la década de 1990 en un estudio sobre cómo la información visual y motora se integra del cerebro izquierdo al cerebro derecho y viceversa a través del cuerpo calloso, un manojo grande y plano de cientos de millones de axones –las largas prolongaciones de las neuronas– que conectan el cerebro izquierdo y el derecho. Ello sucedió antes de que Itzhak comenzara a hacer sus registros con electrodos profundos en pacientes epilépticos y antes de que yo comenzara a interesarme en las neuronas espejo. Por supuesto, yo conocía su trabajo nuevo y él, el mío, y, en retrospectiva, parece casi inevitable que en un determinado momento volviéramos a colaborar en un intento por registrar las *neuronas espejo* individuales, pero habíamos dejado el proyecto de lado por un par de años cuando surgió. Parecía existir una terrible falta de correspondencia entre los requerimientos. Mi idea era analizar las áreas del cerebro humano que sabemos deben contener neuronas espejo, porque son las homólogas humanas de las áreas con neuronas espejo de los monos. Por desgracia para mí, Itzhak, en general, implantaba los electrodos en el conjunto limitado de lugares que tienden a ser más “epileptogénicos”, es decir, que presentan más probabilidad de ser la fuente de los ataques. Nuestras necesidades parecían estar en extremos opuestos: los lugares donde él debía implantar los electrodos no eran los que yo necesitaba, y casi nunca colocaba electrodos donde yo creía necesitarlos. La colaboración languideció, y, cuando ello sucede en la ciencia, a menudo es difícil reanimarla. Es tan frecuente que los científicos se adentren tanto en su propia investigación y colaboraciones permanentes que las nuevas que pueden parecer naturales y obvias nunca avanzan sin algún tipo de disparador o golpe de suerte.

En nuestro caso, la buena fortuna se hizo presente en la persona de Arne Ekstrom, un becario posdoctoral que trabajaba con Itzhak sobre las células del cerebro humano que resultan importantes para el recuerdo de los lugares. Arne acababa de diseñar una tarea en la que los pacientes conducen un taxi en una ciudad que desconocen –un entorno de realidad virtual, por supuesto– y notó que, mientras uno de los pacientes pulsaba una tecla para realizar algunos aspectos de la tarea, ciertas neuronas del lóbulo frontal se mostraban muy activas. Sin dudas, parecían ser neuronas motoras. Arne también conocía mi trabajo sobre las neuronas espejo y se preguntaba si podría probar las propiedades de las neuronas espejo en las neuronas frontales registradas por Itzhak en los pacientes epilépticos. Además, Arne estaba interesado en la brecha que existía entre la investigación a escala unicelular con los electrodos intracraneales y los resultados de conjunto obtenidos en los experimentos de captura de imágenes cerebrales con la RMNf. Al analizar este proyecto potencial con él, por fin me di cuenta de cómo podría utilizar los electrodos de Itzhak después de todo.

En busca de las superneuronas espejo

Si las neuronas espejo son elementos neuronales tan potentes que nos ayudan a recrear en el cerebro lo que hacen otras personas, como creo que son, el proceso evolutivo que generó este mecanismo neuronal también debe haber creado alguna forma de controlarlo. Después de todo, sería demasiado ineficiente para nosotros imitar todo el tiempo acciones observadas. Asimismo, la imitación cobra muchas formas, algunas de las cuales son harto

¹³¹ Ekstrom, A. D., M. J. Kahana, J. B. Caplan *et al.*, “Cellular networks underlying human spatial navigation”, *Nature*, 425, 2003, pp. 184-188; Kreiman, G., C. Koch y Fried, “Imagery neurons in the human brain”, *Nature*, 408, 2000, pp. 357-361.

complejas. Ap Dijksterhuis, psicólogo social holandés, distingue entre formas complejas de imitación, a las que denomina imitación “de alto rango”, y formas de imitación motora directa, a las que identifica como “de bajo rango” (tomar una taza, por ejemplo). Respecto del “alto rango”, Dijksterhuis reunió una impresionante cantidad de datos de comportamiento que confirman varias formas de imitación compleja en el ser humano. Les voy a presentar sólo uno de estos fascinantes ejemplos. En una serie de experimentos, se solicitó a un grupo de participantes que pensara en profesores universitarios, quienes por lo general se asocian con la inteligencia, y que escribieran todo lo que les venía a la mente. A un segundo grupo, se le indicó que hiciera lo mismo pero pensando en los hinchas vandálicos o *hooligans*, esos fanáticos rebeldes y destructivos que casi siempre se asocian con la insensatez (o al menos con un comportamiento muy insensato). Luego, se formuló a ambos grupos una serie de preguntas de “interés general”, una tarea ostensiblemente desvinculada de la primera. Sin embargo, resultó ser que surgió una relación: los participantes que se habían concentrado en los profesores universitarios *superaron* a quienes habían pensado en los *hooligans*. Sumado a ello, los participantes del grupo “profesor universitario” superaron a un grupo de control que llegó virgen a las preguntas de interés general, el cual, a su vez, superó a los participantes del grupo de los vándalos.

Conclusión: el sólo pensar en profesores universitarios nos vuelve más inteligentes, mientras que el pensar en *hooligans* nos estupidiza. Ap Dijksterhuis sintetiza la investigación diciendo: “Hasta ahora, las investigaciones realizadas en este campo han demostrado que la imitación nos vuelve lentos, veloces, inteligentes, estúpidos, buenos en matemáticas, malos en matemáticas, útiles, maleducados, amables, locuaces, hostiles, agresivos, colaboradores, competitivos, obedientes, desobedientes, conservadores, olvidadizos, cuidadosos, descuidados, prolijos y desprolijos”.¹³² Una lista extensa en verdad, y considero que esta constante imitación automática constituye una expresión de cierta forma de reflejo especular neuronal. Al mismo tiempo, la imitación de alto rango a menudo implica comportarse de manera bastante compleja y sutil, y cuesta creer que dicho comportamiento pueda ser realizado por las células del tipo “lo que el mono ve, el mono hace” que se descubrieron en Parma. Aunque algunas neuronas espejo de los monos muestran una forma más sofisticada de activación –recuerden las neuronas “lógicamente relacionadas” que se activan no ante la misma acción observada y ejecutada, sino ante las que están lógicamente relacionadas, tales como colocar alimentos en la mesa, tomarlos y llevarlos a la boca– tenemos la sensación de que incluso este patrón no llega a ser suficiente para imitar los aspectos complejos del comportamiento humano.

Decidí que es muy probable que la imitación sutil de comportamientos complejos que los humanos realizamos todo el tiempo requiera un concepto más amplio del sistema de las neuronas espejo, que abarque células cuya función sea controlar y modular neuronas espejo más clásicas y más simples. Este orden superior de neuronas espejo podría denominarse superneuronas espejo, no porque tengan superpoderes, sino porque pueden ser conceptualizadas como una capa neuronal funcional que se encuentre “por encima de” las neuronas espejo clásicas, que controle y module su actividad. Después de desarrollar estas ideas iniciales sobre las superneuronas espejo, pregunté, tal como lo haría cualquier especialista en mapas cerebrales obstinado, en qué parte del cerebro estarían. Pensé en tres regiones cerebrales que se encuentran en el lóbulo frontal (la parte delantera del cerebro) y que están conectadas con el área frontal que contiene neuronas espejo. Los nombres de estas regiones son: corteza orbitofrontal, corteza cingulada anterior y área motora presuplementaria. Después de hablar con Arne Ekstrom acerca de su sugerencia, me di

¹³² Dijksterhuis, A., “Why we are social animals: The high road to imitation as social glue”, en Hurley y Chater, *Perspectives on Imitation, Volume 2*, pp. 207-220.

cuenta de que todas estas regiones *están* en las áreas del lóbulo frontal donde Itzhak Fried implanta los electrodos. Tomé conciencia de que podríamos buscar no las neuronas espejo clásicas que se investigan en el mono, sino más bien estas hipotéticas superneuronas espejo. La colaboración Fried-Iacoboni volvía a la carga. Hasta el momento de escribir este capítulo en el verano de 2007, hemos obtenido registros de cerca de cuarenta células individuales con propiedades de neuronas espejo ubicadas en las áreas del lóbulo frontal donde tendrían lugar la actividad de las superneuronas espejo según nuestra hipótesis. Algunas de estas células muestran un patrón de activación neuronal muy interesante. La tasa de activación aumenta mientras el paciente realiza la acción, como en los monos. Sin embargo, en claro contraste con las neuronas espejo de los monos, estas células se cierran por completo mientras el paciente observa la acción.¹³³ Este patrón de actividad sugiere que estas neuronas pueden tener una función inhibitoria durante la observación de la acción. Al cerrarse, es posible que le indiquen a las neuronas espejo más clásicas, y también a otras motoneuronas, que la acción observada no debe imitarse. Además, esta codificación diferencial de la acción del yo (mayor índice de activación) y de la del otro (menor índice de activación) puede representar una distinción neuronal maravillosamente simple entre el yo y el otro instrumentada por este tipo especial de superneuronas espejo. Al final del capítulo 5, propuse que las neuronas espejo ayudan a esculpir el sentido apropiado del yo y del otro a partir del sentido intersubjetivo primario del *nosotros*. Es muy probable que tal proceso esté a cargo de estas superneuronas espejo especiales. De hecho, las áreas del cerebro en las cuales registramos estas células son las menos desarrolladas en la infancia temprana y muestran los mayores cambios de desarrollo más tarde en la vida.

Se sabe que el área motora presuplementaria también es importante para construir acciones simples en secuencias motoras más complejas. Los registros de las respuestas especulares de algunas de estas células me intrigan particularmente. Las neuronas espejo de esta región (o, mejor aun, las superneuronas espejo de esta región) parecerían ser las células cerebrales ideales para organizar acciones imitativas simples –el bajo rango– como formas complejas de comportamiento imitativo –el alto rango–.

Por desgracia, no todas las formas complejas de comportamiento imitativo son buenas para ustedes o para nosotros (la sociedad en su conjunto). Es hora de explorar la especularidad en tanto fenómeno social que puede inducir lo que se denomina, en términos científicos, el “comportamiento problema”.

8

El malo y el feo: violencia y abuso de drogas

El malo: la polémica acerca de la violencia en los medios¹³⁴

En la primavera de 2002, una alumna de catorce años de edad que asistía a una escuela católica privada de Francia fue torturada por dos compañeras que la consideraban “demasiado bonita”. El cuchillo que usaron se parecía al utilizado en la película *Vigila*

¹³³ Mukamel, R., A. D. Ekstrom, J. Kaplan *et al.*, “Mirror neurons of single cells in human medial frontal cortex”, Society for Neuroscience Annual Meeting, San Diego, California, 2007.

¹³⁴ Las primeras dos secciones de este capítulo se basan en la respuesta que brindé respecto de la World Question de *Edge 2006* (<www.edge.org>), también reeditada en Brockman, J., *What is your dangerous idea: Today's leading thinkers on the unthinkable*, Londres, Simon & Schuster, 2006, pp. 71-74.

quién llama (Scream). Al parecer, la mayor de las torturadoras había visto el largometraje hacía poco. Estas dos jóvenes provenían de familias estables, de clase media, estudiaban en una escuela de élite, y nunca habían estado acusadas de ningún acto violento. Luego, unas semanas más tarde y en otro continente, dos jóvenes adolescentes fueron llevados a juicio en North Haverhill, New Hampshire, por el asesinato de los profesores Half y Susan Zantop. Los Zantop fueron asesinados en su domicilio con múltiples puñaladas, al parecer en un intento de robo. En el curso de las acciones legales, surgió que los jóvenes tenían un videojuego interactivo y particularmente realista que disfrutaban mucho, en el que el jugador apuñala a las víctimas y las observa desangrar.¹³⁵

Estos dos crímenes ¿fueron casos de “violencia imitativa” inducida por la violencia en los medios? Naturalmente, nadie tiene la respuesta absoluta. Las relaciones de causa y efecto a veces son complejas, y ahora contamos con profusa literatura que presenta una amplia gama de opiniones sobre este interrogante. Estos estudios pueden dividirse en tres categorías principales. Una presenta la manipulación experimental de la exposición a la violencia. La solidez de estos estudios radica en que están muy bien controlados y evalúan qué efectos tiene la exposición a la violencia sobre manifestaciones posteriores de violencia de una manera bastante precisa. Su punto débil es que los escenarios artificiales de laboratorio no reproducen con total fidelidad la complejidad de las situaciones de la vida real. Una segunda categoría la conforman los estudios correlacionales, que miden el comportamiento violento y la exposición a la violencia en los medios en una gran cantidad de personas. Su solidez radica en que buscan relaciones entre la violencia en los medios y el comportamiento violento en la vida real. Su punto débil es que no pueden demostrar de manera fehaciente si la relación entre la exposición y el comportamiento se debe a la influencia causal de los medios o a la inclinación que tienen los individuos con una tendencia intrínseca a la violencia a mirar programas o películas violentos y a jugar videojuegos violentos. El tercer tipo de estudio intenta abordar los problemas de los otros dos midiendo de manera repetitiva durante un período prolongado el comportamiento violento y la exposición a la violencia en los medios en grupos grandes de sujetos, en general, con cientos de individuos. Por lo tanto, estos estudios pueden determinar si la exposición a la violencia en los medios es en realidad anterior al comportamiento violento.

Quizás la mejor forma de llegar a algunas conclusiones sobre este complejo e importante tema sea integrar la información que arrojan estos estudios y buscar cierta uniformidad en los resultados. Al hacerlo, me ocuparé de la pregunta más pertinente para este libro: ¿las neuronas espejo podrían ser parte del problema?

Los resultados de los experimentos controlados con niños en ámbitos de laboratorio no podrían ser más claros e inequívocos: la exposición a la violencia en los medios tiene un fuerte efecto sobre la violencia imitativa. Por lo general, estos experimentos se realizan mostrando a los niños un película corta. Algunas de estas películas son violentas; otras, no. Luego, los niños son observados mientras interactúan entre ellos o mientras juegan con objetos tales como muñecos bobos, que se incorporan solos después de que se los golpea. Por lo general, estos experimentos arrojan un resultado consistente. Los niños que observaron las películas cortas violentas despliegan un comportamiento posterior mucho más agresivo hacia las personas y los objetos que los niños que miraron películas cortas no violentas. Este efecto de la violencia en los medios sobre la violencia imitativa se observa en niños desde la edad preescolar hasta la adolescencia, tanto en mujeres como en varones, en niños naturalmente agresivos y no agresivos, y en diferentes razas. Los resultados son

¹³⁵ Brison, S., “Imitating violence”, en Hurley y Chater, *Perspectives on Imitation, Volume 2*, pp. 202-204; Eldridge, J., “What effects does the treatment of violence in the mass media have on people’s conduct? A controversy reconsidered”, en Hurley y Chater, *Perspectives on Imitation, Volume 2*, pp. 243-255.

muy convincentes.¹³⁶

Lo que estos estudios dejan sin respuesta es el impacto en la vida real de la violencia en los medios sobre la conducta concreta de las personas (incluidas las más grandes) en el mundo. Los efectos demostrados en el ámbito experimental ¿son duraderos o transitorios? ¿Artificiales o reales? Los resultados de los estudios correlacionales sugieren que la relación causal es duradera y que sucede en el mundo real. Por ejemplo, un estudio que analizó de modo retrospectivo la serie de amenazas de bomba y de otras expresiones de violencia escolar en diversos distritos escolares de Pensilvania después de la masacre del establecimiento secundario Columbine reveló más de 350 amenazas en los cincuenta días posteriores a la masacre de Columbine, en comparación con la estimación de una o dos amenazas por año con anterioridad a la masacre realizada por las autoridades escolares. Sumado a ello, los niños que miran más violencia en los medios tienden a ser más agresivos que otros. Estos resultados son altamente reproducibles en otros estudios y aun en otros países.¹³⁷ La comparación de los resultados de los estudios correlacionales con los de los experimentos de laboratorio realizados con niños nos tienta a concluir que la violencia en los medios inspira la violencia imitativa, pero los datos empíricos óptimos deben provenir de los estudios longitudinales que investigan la correlación que existe entre mirar violencia en los medios y el comportamiento violento *a lo largo del tiempo*.

Uno de los primerísimos estudios de este tipo se inició en el estado de Nueva York en la década de 1960. Incluía casi mil niños. Si bien se controló la agresividad inicial y otras variables mayores, tales como la educación y la clase social, en este estudio se demostró que mirar violencia en los medios durante la niñez temprana guarda correlación con un comportamiento agresivo y antisocial cerca de diez años más tarde, después de terminar la educación secundaria. Estos resultados ya son de por sí impactantes, pero aún hay más: se realizó un seguimiento de los mismos varones durante más de otra década, es decir, un total de veintidós años de seguimiento desde la incorporación inicial al estudio. Una vez más, los resultados fueron contundentes: tanto el mirar violencia en los medios a edad temprana como el comportamiento agresivo temprano se correlacionaron con la característica de delincuencia a los treinta años de edad...

En un estudio posterior, se analizaron las *diferencias entre naciones* en la violencia imitativa inducida por la violencia en los medios. Aun dadas las diferencias culturales y las diferencias en el estilo de los programas televisivos de los países incluidos en el estudio (Estados Unidos, Australia, Israel, Finlandia, Polonia), se observaron resultados similares entre las naciones respecto de los efectos precoces de la violencia en los medios sobre la violencia imitativa. Sin embargo, existían algunas diferencias entre las naciones, lo que sugiere que los efectos del entorno cultural puede modular el impacto de la violencia en los medios. Un resultado sorprendente se obtuvo en Israel, donde se observaron efectos producidos por mirar violencia en los medios en niños que vivían en las ciudades, pero no

¹³⁶ Bandura, A., *Social Learning Theory*, Englewoods Cliffs, Prentice Hall, 1997; Green, R. y S. Thomas, "The immediate effects of media violence on behaviour", *Journal of Social Issues*, 42, 1986, pp. 7-28; Paik, H. y G. Comstock, "The effects of television violence on antisocial behavior: A meta-analysis", *Communication Research*, 21, 1994, pp. 516-546; Bushman, B. y L. Huesmann, "Effects of television violence on aggression", en Singer, D. y J. Singer (eds.), *Handbook of Children and the Media*, Thousand Oaks, Sage, 2001, pp. 223-254.

¹³⁷ Kostinsky, S., E. O. Bixler y P. A. Kettl, "Threats of school violence in Pennsylvania after media coverage of the Columbine High School Massacre, Examining the role of imitation", *Archives of Pediatric and Adolescent Medicine*, 155, 2001, pp. 994-1001; Huesmann, L. y L. Eron (eds.), *Television and the aggressive child: A cross-national comparison*, Hillsdale, Erlbaum, 1986; Milavsky, J., R. Kessler, H. Stüpp *et al.*, *Television and aggression: A panel study*, Nueva York, Academic Press, 1982.

en niños que vivían en un kibbutz.¹³⁸

Existe un estudio longitudinal aun más reciente sobre niños estadounidenses que arrojó uno de los resultados empíricos más impactantes en respaldo de la hipótesis de que la violencia en los medios induce la violencia imitativa. Se trata de un estudio de seguimiento de quince años acerca de la exposición infantil a la violencia en los medios. Se utilizaron varios tipos de evaluaciones de la violencia y de la agresión a fin de correlacionar el comportamiento de los sujetos en un rango de edad comprendido entre los veintiuno y los veinticinco años y su exposición a la violencia en los medios cuando tenían de seis a nueve años de edad. El estudio halló correlaciones estrechas, aun después de realizar controles relativos a factores de interferencia tales como la agresión y la inteligencia de cada individuo, la escasa competencia parental y la clase social.

Tomados en conjunto, los resultados de los estudios de laboratorio, de los correlacionales y de los longitudinales respaldan en su totalidad la hipótesis de que la violencia en los medios induce la violencia imitativa. De hecho, la “dimensión del efecto” estadístico de la violencia y la agresión en los medios excede en mucho la dimensión del efecto que tiene el ser fumador pasivo sobre el cáncer de pulmón, o la ingesta de calcio sobre la masa ósea, o la exposición al asbesto sobre el cáncer.¹³⁹ *Aun así*, existe la tendencia de considerar a todos estos reveladores datos sobre el comportamiento con cierto escepticismo, cuando no abierta hostilidad, a menudo con el argumento de que la correlación, sin importar cuán estrecha sea, no es necesariamente una relación causal. Desde luego, este punto teórico es correcto, y fue también el argumento utilizado por la industria tabacalera durante gran parte del siglo xx para refutar el vínculo entre el fumar y el cáncer de pulmón. De modo que el escepticismo y la hostilidad pueden ser honestos o falaces, pero han recibido la ayuda, en cualquiera de ambos sentidos, de la falta de buenos conocimientos científicos que revelaran los mecanismos neurobiológicos subyacentes de la imitación. Ahora, tal vacío de conocimiento está desapareciendo con rapidez gracias al descubrimiento de las neuronas espejo. Las consecuencias de dicho descubrimiento son inmensas, no sólo a efectos de entender la violencia imitativa y las posibles decisiones para abordarla, sino incluso en términos filosóficos. El minucioso análisis neurocientífico de las raíces biológicas del comportamiento humano pone en juego abiertamente muchas nociones caras a la autonomía humana. Nuestra noción de “libre albedrío” es fundamental para nuestra visión del mundo; sin embargo, cuanto más sabemos acerca de las neuronas espejo, más nos damos cuenta de que no somos agentes racionales, de libre actuación en este mundo. Las neuronas espejo del cerebro producen influencias imitativas automáticas de las cuales por lo general no somos conscientes y que limitan nuestra autonomía por medio de potentes influencias sociales. Nosotros, los humanos, somos animales sociales, pero nuestro carácter social nos vuelve agentes sociales con autonomía limitada. ¿Debemos negar esta realidad biológica con el fundamento de que el explicar las influencias sociales que provocan el mal puede, en última instancia, exonerarlo? Considero que sería más lógico utilizar nuestra comprensión de las raíces biológicas de nuestra limitada autonomía social para *evitar* el mal. A estos efectos, necesitamos abandonar la tradicional creencia que se halla en la base del “argumento de la autonomía”, lo cual constituye el tema de la próxima sección de este capítulo.

¹³⁸ Huesmann, L. R., “Imitation and the effects of observing media violence on behavior”, en Hurley y Chater, *Perspectives on Imitation, Volume 2*, pp. 257-266.

¹³⁹ Comstock, G., “Media violence and aggression, properly considered”, en Hurley and Chater, *Perspectives on imitation, Volume 2*, pp. 371-380.

¿Somos seres autónomos? Las neuronas espejo y el libre albedrío

En la mayoría de los análisis sobre violencia imitativa se distingue entre los efectos de corto plazo que produce el mirar violencia en los medios y los efectos de largo plazo. Resulta claro que es verosímil que las neuronas espejo clásicas y las superneuronas espejo participen en dos de los efectos de corto plazo: la imitación inmediata del comportamiento violento y un despertar general causado por la observación de la violencia. Ya hemos visto en diversos contextos la naturaleza penetrante de la imitación humana y la función crítica que cumplen las neuronas espejo en esta imitación. Las propiedades neuronales de estas células pueden explicar con facilidad la imitación inmediata del comportamiento violento, en especial de actos simples de violencia, así como explican, y ya lo mencionamos, el reflejo especular de sonreír, agitar un pie, frotarse el rostro y demás. Si el efecto camaleón nos hace imitar lo que vemos, también necesitamos alguna forma de inhibir tal comportamiento. De otro modo, tendríamos un enorme problema. Como indicamos en el capítulo 7, una de las principales funciones de las superneuronas espejo puede ser tan sólo permitir esa inhibición de las neuronas espejo más “clásicas”, de modo tal que cuando vemos que alguien ejecuta alguna acción, no lo imitemos de manera compulsiva. Se presume que la observación de la violencia genera su despertar. A la vez, este despertar puede facilitar la violencia imitativa reduciendo la actividad inhibitoria de las superneuronas espejo, de forma que la imitación del comportamiento violento se inhiba en menor grado. Aunque nadie realizó aún un experimento para probar los mecanismos neuronales que acabo de proponer, estos resultan plausibles a la luz de lo que sabemos acerca del sistema humano de las neuronas espejo y podrían probarse mediante experimentos de imágenes cerebrales en un futuro cercano.

Consideremos ahora los efectos de largo plazo de la violencia en los medios. Es clásico que éstos se atribuyan a formas complejas de imitación en las que los individuos que observan el comportamiento agresivo no sólo adquieren complejos comportamientos motores coordinados que los tornan agresivos y violentos, sino que también se convencen durante el proceso –de manera inconsciente– de que tal comportamiento es una buena forma de resolver los problemas sociales. He planteado la hipótesis de que las superneuronas espejo podrían explicar esta imitación compleja al brindar la capacidad generalizada de construir formas más simples de acciones a fin de producir un patrón de comportamiento complejo y coordinado. Así, el comportamiento imitativo de corto y de largo plazo inducido por la observación de violencia en los medios parece correlacionarse bastante bien con las funciones de las neuronas espejo y de las superneuronas espejo. Ya vimos de qué modo las neuronas espejo nos benefician, sin ninguna duda, al habilitar sentimientos y acciones de empatía hacia los demás, pero también nos dotan de un potente mecanismo neurobiológico subyacente que nos lleva a imitar la violencia inducida por la violencia en los medios. Sin embargo, tal como ya destacué, ha resultado difícil hacer tomar carrera a las pruebas que demuestran este vínculo. Además, el argumento que se basa en la supuesta falta de causalidad demostrada protegió muy bien todo tipo de motivaciones concretas, incluidos los grandes intereses financieros de la industria de los medios de comunicación. La violencia vende, de modo que sin dudas conviene negar la existencia de un vínculo causal entre la violencia en los medios y el comportamiento violento. Existe también la preocupación de que cargar las tintas sobre la violencia en los medios dé lugar a formas de censura, un tema muy serio. Asimismo, los puristas de la Segunda enmienda temen (y quizás con razón) que este problema se filtre en el debate sobre el control de la portación de armas en Estados Unidos. Por último, tenemos una inclinación natural a considerarnos individuos autónomos que no vamos a ser influenciados de ninguna manera directa, sometida, del tipo “lo que el mono ve, el mono

hace”, por lo que *vemos*. Los datos sobre violencia imitativa cuestionan claramente esta preciada noción.

De hecho, se ha sostenido que, aun con la existencia de pruebas que demuestran un fuerte vínculo entre la violencia en los medios y la violencia imitativa, este “argumento de la autonomía” impide cualquier forma de intervención. El “discurso” nocivo –y empleo el término acá en un sentido muy amplio para referirme al cine, a la televisión y a los videojuegos– por lo general se ve protegido por el supuesto de que los efectos de cualquier clase de discurso siempre sufren la intermediación mental del oyente o del espectador. Según este razonamiento, incluso las personas que casi con certeza son “culpables” de cometer actos de violencia imitativa son consideradas por entero responsables de sus propios actos, mientras que los medios que distribuyen la violencia imitada no son responsables en absoluto. De acuerdo con los teóricos del libre discurso, todos somos racionales, autónomos y tomamos las decisiones en forma consciente. No obstante, los datos que analizamos en este libro –que abarcan desde las formas inconscientes de imitación observadas mientras las personas interactúan socialmente hasta los mecanismos neurobiológicos del reflejo especular que tienen sus principales elementos neuronales en las neuronas espejo– sugieren la existencia de un nivel de automatismo biológico no controlado que socavaría la clásica postura de la autonomía en la toma de decisiones que sustenta el libre albedrío.¹⁴⁰

Es obvio que las consecuencias de estas consideraciones son importantes para todas las sociedades. Traen a la palestra cuestiones fundamentales de ética, justicia dentro del sistema legal y política pública. Los temas planteados por el descubrimiento de las neuronas espejo nos obligan a repensar, o, al menos, a considerar bajo una nueva perspectiva, algunos de nuestros supuestos fundamentales. De hecho, toda una nueva disciplina está en ciernes, denominada neuroética.¹⁴¹ Sus encuentros profesionales se denominan, por ejemplo, “El cerebro y nosotros: neuroética, responsabilidad y el yo” (celebrado en el MIT, en Boston, en el año 2005).

En primer lugar, en el clásico conflicto entre quienes ponen el acento en el determinismo biológico del comportamiento humano y quienes insisten en que nuestras ideas y comportamiento sociales se elevan por sobre nuestra conformación neurobiológica nunca se consideró la posibilidad de que la neurobiología dictara el comportamiento social. En mi opinión, una mejor comprensión de los mecanismos neurobiológicos que moldean el comportamiento social del hombre –en particular, la investigación sobre las neuronas espejo– también debería nutrir en forma directa la gestación de los códigos sociales, y me voy a explayar sobre este tema en el último capítulo. Nuestro instinto por la empatía es parte de las buenas nuevas que nos traen las neuronas espejo. La violencia imitativa bien podrían ser las malas noticias, y puede haber más. Otra posible consecuencia negativa de las neuronas espejo sobre el comportamiento es su función en la amplia variedad de conductas adictivas y recaídas, a las cuales somos tan proclives.

El feo: la adicción y la recaída

Uno de los mayores problemas del tratamiento de la drogadicción es la recaída. En una

¹⁴⁰ Hurley, S., “Imitation, media violence, and freedom of speech”, *Philosophical Studies*, 117, 2004, pp. 165-218; Brison, S., “Imitating violence”, en Hurley y Chater, *Perspectives on imitation, Volume 2*, pp. 202-204.

¹⁴¹ Marcus, S., *Neuroethics: Mapping the Field*, Nueva York, Dana Press, 2002; Gazzaniga, M. S., *The Ethical Brain*, Nueva York, Dana Press, 2005.

variedad de estudios sobre la adicción al tabaco, al alcohol y a las drogas, la tasa de recaída después de un período de abstinencia oscila entre el 30 y hasta el 70%. Se trata de cifras enormes. ¿Qué podemos hacer para reducirlas? Desde el punto de vista lógico, el primer paso esencial sería identificar los marcadores que pueden indicarnos con antelación qué sujetos tienen más probabilidad de recaer. Tal identificación de sujetos en riesgo nos permitiría tomar medidas preventivas más individualizadas y efectivas a fin de disminuir la tasa de recaída.

Existe al menos un marcador harto evidente: *morirse de ganas por beber, fumar, drogarse*. Quizás sea sorprendente pero no todos los adictos experimentan, o al menos no lo informan, las ganas con la misma intensidad. Por el contrario, no es sorprendente que cuanto mayor sea el deseo residual que quede durante el tratamiento de la adicción, mayor sea la probabilidad de sufrir una recaída. En la vida cotidiana, este deseo intenso puede verse inducido por una variedad de estímulos sociales, tales como los que recoge el fumador adicto de otros fumadores. Entre los fumadores que intentan dejar de fumar o que en efecto han dejado durante un tiempo, la interacción con otros fumadores, en especial del mismo grupo social, es uno de los principales factores de predicción de las recaídas.¹⁴²

En colaboración con Edythe London, famoso en todo el mundo en la neurobiología de la drogadicción, y John Monterosso, otro especialista en el campo, mi laboratorio de la UCLA está explorando en la actualidad la hipótesis de que las neuronas espejo pueden ser responsables de las recaídas de los fumadores que ya abandonaron el hábito. Nuestro análisis es el siguiente, y creemos probable que se aplique a todo tipo de adicción. Cuando los ex fumadores ven a otros fumar, sus neuronas espejo se activan automáticamente ya que facilitar una clase de imitación interna de las acciones de los demás es *lo que hacen las neuronas espejo*, como hemos visto ya en numerosos ejemplos. El ex fumador usó las manos para encender un cigarrillo un millón de veces toda vez que deseaba fumar. Por ende, la activación de las neuronas espejo también activa la asociación de los planes motores necesarios para encender el cigarrillo y llevarlo a la boca. Es en verdad poco frecuente el fumador que acaba de abandonar y que no se ve afectado al ver que otro fumador enciende un cigarrillo e inhala esa deliciosa primera pitada. De acuerdo con nuestra teoría de las neuronas espejo, tal capacidad de olvido sería casi imposible de lograr.

Este análisis nos condujo sin pausa a dos hipótesis acerca de los vínculos entre las neuronas espejo y el fumar. La primera indica que las áreas con neuronas espejo de los fumadores se ven activadas con mucha más fuerza ante otros fumadores, en comparación con las áreas con neuronas espejo de los no fumadores. La segunda sostiene que cuanto mayor es la actividad de las áreas con neuronas espejo de los fumadores, más intenso es el deseo de fumar. Ninguna de estas dos hipótesis sorprenderá al lector. Son consecuencias necesarias de todo lo que hemos aprendido. En el capítulo 1, presenté las pruebas experimentales que sugieren que las neuronas espejo de los monos están moldeadas por la experiencia y que pueden aprender nuevas propiedades. Al comienzo, estas células *no* respondían a la observación de las acciones que *no* pertenecían al repertorio motor del mono, tales como el empleo de una herramienta para recoger comida. Pero luego sí, y esta nueva respuesta de algunas células especulares probablemente se deba al hecho de que este mono en particular vio en repetidas ocasiones a seres humanos que utilizaban herramientas

¹⁴² Maisto, S. A. y G. J. Connors, "Relapse in the addictive behaviors: Integration and future directions", *Clinical Psychology Review*, 26, 2006, pp. 229-231; Gordon, S. M., R. Sterling, C. Siatkowski *et al.*, "Inpatient desire to drink as a predictor of relapse to alcohol use following treatment", *American Journal of Addiction*, 15, 2006, pp. 242-245; Shiffman, S., J. A. Paty, M. Gnys *et al.*, "First lapses to smoking: Within-subjects analysis of real-time reports", *Journal of Consulting in Clinical Psychology*, 64, 1996, pp. 366-379; Harakeh, Z., R. C. Engels, R. B. Van Baaren *et al.*, "Imitation of cigarette smoking: An experimental study on smoking in a naturalistic setting", *Drug and Alcohol Dependence*, 86, 2007, pp. 199-206.

en el laboratorio (aunque sólo fueran los persistentes intentos de los experimentadores para provocar una descarga de las neuronas espejo del animal).

Existen pruebas de que el sistema de las neuronas espejo del hombre también está moldeado por la experiencia. En un par de famosos experimentos de captura de imágenes que se realizaron en Londres, se utilizó la técnica RMNF para medir la actividad cerebral de dos grupos de bailarines que observaban videos. En el primer experimento, los científicos compararon la actividad cerebral de bailarines clásicos y de expertos en capoeira a medida que miraban representaciones de cada una de estas expresiones artísticas. La capoeira es una arte marcial brasileño que despliega movimientos increíblemente acrobáticos al compás de una música muy rítmica. Los movimientos de capoeira y de la danza clásica son muy diferentes, y los científicos de Londres tuvieron la brillante idea de aprovechar este hecho en su estudio sobre neuronas espejo. Hallaron que la actividad de las neuronas espejo de los bailarines clásicos era mayor que la de los expertos en capoeira al mirar los videos de danza clásica, mientras que la actividad de dichas neuronas en el caso de los expertos en capoeira era mayor al observar los videos de esta disciplina. Sin embargo, estas diferencias, ¿se debían genuinamente a la identificación de los sujetos con los movimientos observados, o podrían haber sido simples respuestas a diferencias culturales? Un segundo estudio que abarcó sólo a bailarines clásicos abordó este interrogante utilizando el hecho de que los bailarines y las bailarinas de este estilo realizan ciertos movimientos específicos a su sexo. (Lo que es más obvio es que sólo los hombres alzan a sus *partenaires*, y que sólo las mujeres bailan en punta.) En el experimento, bailarines y bailarinas clásicos miraron videos sólo de los movimientos de danza que realizaba uno u otro sexo. Los resultados reflejaron aquellos del primer estudio. Las bailarinas presentaron una mayor actividad de sus neuronas espejo que los hombres al mirar los movimientos que sólo realizan las mujeres, y los hombres desplegaron la mayor actividad de estas neuronas al mirar sus propios movimientos.

Un reciente experimento de captura de imágenes con enfermeros y enfermeras expertos y novatos que observaban actividades de enfermería también halló que el grado de experiencia modulaba la actividad cerebral de los observadores. Claramente, todos estos datos que ofrecen las imágenes cerebrales muestran que la experiencia moldea la actividad de las neuronas espejo al observar las acciones que otros realizan.¹⁴³ Sólo sobre esta base, tiene sentido proponer como predicción que las neuronas espejo de los fumadores presentan una mayor actividad en comparación con los no fumadores al observar a otros fumar o encender un cigarrillo, y nuestros datos preliminares respaldan tal propuesta. Para el experimento, les mostramos a los sujetos (todos quienes fuman al menos quince cigarrillos por día) una serie de videoclips de diez segundos. En la mitad de ellos, el individuo observado está o bien abriendo un atado de cigarrillos o fumando un cigarrillo (en distintos entornos, al aire libre o puertas adentro). En la otra mitad, el individuo observado está abriendo una lata de gaseosa o una botella de agua, o bebiendo la gaseosa o el agua. Por supuesto, las neuronas espejo se activaron ante la observación de ambos tipos de acciones, fumar y beber, pero las áreas con neuronas espejo presentaron una actividad mucho mayor al observar las acciones relacionadas con el fumar.

Sólo el tiempo dirá si nuestra segunda predicción (es decir, a mayor actividad de las áreas

¹⁴³ Calvo-Merino, B., D. E. Glaser, J. Grezes *et al.*, "Action observation and acquired motor skills: An fMRI study with expert dancers", *Cerebral Cortex*, 15, 2005, pp. 1243-1249; Calvo-Merino, B., J. Grézes, D. E. Glaser *et al.*, "Seeing or doing? Influence of visual and motor familiarity in action observation", *Current Biology*, 16, 2006, pp. 1905-1910; Shiraishi, T., H. Saito, H. Ito *et al.*, "Observation and imitation of nursing actions: A NIRS study with experts and novices", *Student Health and Technology Information*, 122, 2006, pp. 820-821.

con neuronas espejo al observar fumar a los demás, mayor intensidad del deseo de fumar) se verá respaldada por los datos empíricos. Si la predicción es correcta, estaríamos ante la posibilidad de obtener un biomarcador potencialmente importante del deseo y, quizás, de la probabilidad de recaída después de dejar. Si obtenemos un biomarcador así, podremos ayudar a los profesionales que trabajan con adictos a identificar a los individuos que necesitan una forma de tratamiento algo diferente, más adaptada a sus necesidades particulares. Como alternativa, se puede realizar una intervención activa en el entorno de estas personas a fin de eliminar los principales estímulos sociales que pueden inducirlos a recaer y, así, ayudarlos a que ello no suceda. Dado el alto índice de recaídas que se produce en casi todas las formas conocidas de adicción, entender mejor el papel que cumplen las neuronas espejo en estos casos sería sumamente importante para tratar los comportamientos adictivos. Y, si las neuronas espejo pueden llegar a decirnos si una persona es más o menos proclive a dejarse vencer una vez más por la adicción, cabe preguntarse si podrían decirnos aun más acerca de cómo todos nosotros tomamos las decisiones.

9

El reflejo especular de lo que deseamos y de lo que nos gusta

La neurociencia aplicada al acto de comprar

¿Alguna vez participaron de un grupo motivacional? Yo tampoco, pero sé cómo funcionan, y sé que no son confiables, por varias razones. En primer lugar, la gente tiende a decir lo que cree que el entrevistador o moderador quiere oír, más que lo que piensa de verdad. La presión social para decir lo correcto a menudo es más fuerte que las opiniones sinceras. En segundo término, la dinámica de los grupos motivacionales es de por sí “ruidosa”, y ahora conocemos el poder de la imitación en las interacciones sociales humanas. Cuando un participante tipo alfa de un grupo motivacional es particularmente insistente en expresar sus opiniones, los otros tienden a inclinarse en esa dirección. Es así la naturaleza humana, y no soy yo solo quien destaca el grado en que esta naturaleza afecta a estos grupos. Los profesionales de la mercadotecnia conocen bien las trampas de las herramientas clásicas de esta disciplina que requieren que una persona formule preguntas a otra persona, pero ¿qué otra cosa tienen como elemento de trabajo? Hasta ahora, muy poco.

Casualmente, creo que el problema para los profesionales es aun mayor de lo que imaginan. Hay otro aspecto fuerte del comportamiento humano que complica la idea de confiar en lo que la gente dice al intentar entender sus procesos de toma de decisiones. Algunos lectores pueden no reconocer en este momento hacia dónde apunta lo que estoy afirmando, porque, por supuesto, queremos pensar que somos autónomos, que controlamos nuestras propias vidas y que podemos tomar decisiones de una manera racional y consciente. Sin embargo, existen muchísimas pruebas que sugieren que este no es necesariamente el caso. Hay una cantidad enorme de estudios psicológicos que demuestran que la capacidad de representar nuestras propias y originales experiencias y procesos de toma de decisiones puede ser limitada.¹⁴⁴ Jonathan Schooler –sobre la base de las pruebas empíricas tomadas de diversos laboratorios– propone dos niveles de disociación entre los

¹⁴⁴ Podrá encontrar un buen análisis de estos estudios en Schooler, J. W., “Re-presenting consciousness: Dissociations between experience and meta-consciousness”, *Trends in Cognitive Science*, 6, 2002, pp. 339-344.

procesos mentales que se experimentan a nivel de la conciencia y aquellos que son metaconscientes (es decir, procesos mentales representados, tal como cuando los sujetos explican por qué creen que una publicidad es mejor que otra). Denomina al primer tipo “disociación temporal”. Un ejemplo característico sucede cuando nos distraemos de la lectura y luego descubrimos que la mente está vagando sin prestar atención a la página escrita. El hecho de darnos cuenta de repente de que la mente no está concentrada revela una falta temporaria de conciencia explícita de la distracción.

Schooler rotula al segundo tipo **disociación traslacional**. Este tipo de disociación es más pertinente para mi argumento. Su idea principal es que la información se pierde o se distorsiona cuando los sujetos explican su propia experiencia en palabras. Estas **disociaciones traslacionales** se tornan en especial evidentes cuando los sujetos relatan experiencias que presentan una dificultad inherente para ser puestas en palabras, tales como rostros, colores, autos, voces, vinos y demás. Existen estudios que demostraron que las descripciones verbales detalladas de diversas experiencias perjudican la memoria. Este fenómeno se denomina “oscurecimiento verbal”. En estos experimentos, los participantes primero miran la foto de un rostro. Luego, se les solicita que describan el rostro en detalle o que realicen una tarea verbal que no tenga nada que ver con la anterior. En una prueba posterior de reconocimiento de una foto diferente del mismo rostro, el desempeño de los sujetos que lo habían descrito en detalle fue peor que el de los otros sujetos.

Existen varias clases de **disociación traslacional**. Mencionaré sólo dos ejemplos experimentales: se ha demostrado que pensar en voz alta al resolver un problema perturba el desempeño; se ha verificado que estar subliminalmente cargado con los términos “sed” y “seco” aumenta la cantidad que se bebe, pero, al mismo tiempo, no afecta a la sed que el sujeto manifiesta sentir.

Un estudio reciente demostró en modo contundente la tremenda disociación que existe entre los informes verbales y la percepción. Se solicitó a sujetos del sexo masculino que evaluaran el grado de atracción de dos rostros femeninos, para lo cual debían seleccionar el más atractivo de las fotos que se le presentaban en tarjetas. Inmediatamente después de que el sujeto hacía su elección, el experimentador retiraba las tarjetas. Unos segundos después, el experimentador mostraba al sujeto una de las dos tarjetas y le pedía que explicara por qué este rostro era el más atractivo. La trampa del experimento era que en algunos casos, el experimentador le mostraba al sujeto la foto *que no había seleccionado*, es decir, la foto de la mujer considerada menos atractiva. Uno pensaría que los sujetos a quienes se les mostraba la foto no seleccionada enseguida se darían cuenta del engaño. Pues bien, sólo se detectó cerca del 10% de los ensayos manipulados. ¡Uno de cada diez! Ahora denominamos a este fenómeno **ceguera de selección**. Pareciera que los humanos somos ciegos a nuestras propias elecciones. Resulta claro que esta demostración es difícil de conciliar con la idea de que tomamos las decisiones de modo racional con total control de ellas. Casi con vergüenza, cuando los sujetos no descubrían la trampa, pasaban a ofrecer buenas razones por las cuales el rostro que en primer lugar no habían seleccionado era el más atractivo. De hecho, prácticamente no había diferencia entre las explicaciones que justificaban los rostros elegidos y los conmutados.¹⁴⁵ ¿Es posible que los sujetos fueran conscientes de sus errores y que sólo decidieran guardar silencio porque se sentían avergonzados? No es probable. En realidad, en cuanto los participantes se daban cuenta de que se los estaba engañando, desconfiaban mucho de todo el experimento y fue necesario suspender pruebas posteriores.

¹⁴⁵ Johansson, P., L. Hall, S. Sikstrom *et al.*, “Failure to detect mismatches between intention and outcome in a simple decision task”, *Science*, 310, 2005, pp. 116-119.

Dadas estas comprobaciones, ¿cómo podemos confiar de lleno en los informes verbales que brindamos acerca del modo como tomamos las decisiones? Consideremos a los especialistas en neuromarketing, quienes abogan por el uso de la neurociencia para entender mejor y predecir el comportamiento humano. Es hora ya de aplicar la captura de imágenes cerebrales a diversos planos de la sociedad. Lo que sabemos acerca de los mecanismos neuronales asociados con el comportamiento aumenta a pasos agigantados. Los escáneres cerebrales están cada vez más a nuestro alcance. Si los usamos para analizar la actividad del cerebro, podremos entender mucho mejor qué sucede en realidad cuando tomamos decisiones y decidimos qué vamos a comprar.

Por algún motivo, quienes oyen hablar de neuromarketing a veces lo equiparan con una forma sofisticada de controlar la mente. No estoy seguro de la lógica que respalda esta postura, pero sí sé que se basa en un malentendido. El “control de la mente” requiere de alguna forma de manipulación. El neuromarketing hace exactamente lo contrario. Revela a los consumidores y a los especialistas en mercadotecnia qué le gusta a la gente. Inclusive, hace a los consumidores más conscientes de sus propias motivaciones profundas, las cuales, tal como hemos visto en los casos de las **disociaciones traslacionales**, los consumidores no pueden verbalizar de manera explícita.

El sistema neuronal específico en el que, por lo general, se han concentrado los especialistas en neuromarketing hasta ahora es el denominado sistema de gratificación. Con este término, los neurocientíficos hacen referencia a una serie de áreas del cerebro que están asociadas con un comportamiento relacionado con gratificaciones. Por supuesto, se trata de un comportamiento complejo subdividido en varios componentes, que comprenden el valor de incentivo que tienen los estímulos gratificantes, el comportamiento de acercamiento y consumación destinado a adquirir las gratificaciones, las emociones asociadas con las gratificaciones, la “expectativa” de las gratificaciones, y demás.¹⁴⁶ No se ha confeccionado un mapa completo de todos los aspectos de este complejo sistema, pero sí se realizó una enorme cantidad de trabajos que nos permite aplicar, al menos, parte de los principales conceptos que surgen de ellos a otros campos, tales como la mercadotecnia.

En términos evolutivos, es probable que el sistema de gratificación haya evolucionado a partir de un sistema que evaluaba metas primarias, tales como la alimentación y el sexo, hasta llegar a uno que evalúa estímulos orientados mucho más culturalmente y que contienen una calidad gratificante para el hombre moderno. Dada esta plausible hipótesis, observar el sistema de gratificación en el cerebro de sujetos que están dentro del escáner *fMRI* mirando productos y publicidades debería ser valioso tanto para los investigadores académicos como para los vendedores y promotores. Es probable que el primero de estos estudios de imágenes cerebrales que adoptó esta estrategia haya sido el que se realizó con sujetos masculinos que miraban distintas clases de automóviles. En este estudio realizado en Alemania, a doce sujetos que se habían autocalificado como “altamente interesados” en los automóviles se les presentaron fotos de tres categorías: deportivos, limusinas y pequeños. Con un control tan exhaustivo como fue posible de la variedad de aspectos visuales de “bajo nivel” de los estímulos, quienes tomaban las imágenes cerebrales utilizaron fotografías en blanco y negro, todas con la misma orientación del vehículo. Inclusive eliminaron toda referencia a las marcas. De hecho, a juzgar por las fotos de muestra que se exhiben en el artículo donde se informaron los resultados, este proceso de control de las fotografías tornó a los autos bastante poco atractivos (al menos para mí, que no soy para nada fanático de los automóviles). De todas formas, cada una de las fotos se

¹⁴⁶ Schultz, W., P. Dayan y P. R. Montague, “A neuronal substrate of prediction and reward”, *Science*, 275, 1997, pp. 1593-1599; Montague, P. R., B. King-Casas y J. D. Cohen, “Imaging valuation models in human choice”, *Annual Review of Neuroscience*, 29, 2006, pp. 417-448.

presentaba durante seis segundos, y se solicitaba a los sujetos que calificaran el grado de atractivo de cada auto en una escala del uno al cinco. Supongo que no resulta sorprendente que las evaluaciones de la “atracción del comportamiento” realizadas por los sujetos –es decir, cómo calificaron los autos– le otorgaran el premio a los autos deportivos por un gran margen. Al analizar los datos cerebrales, los investigadores hallaron que, cuando los sujetos miraban los autos deportivos, el estriado ventral y la corteza orbitofrontal –ambos ya identificados en este libro como “sospechosos habituales” del sistema de gratificación del cerebro– estaban más activos que cuando los sujetos miraban los autos pequeños. Espero que a nadie asombre que estas áreas de gratificación también se activan cuando los sujetos masculinos ven fotografías de rostros femeninos. Dos conclusiones: los autos más gratificantes para los fanáticos “tuerca” son en verdad los deportivos, y los fanáticos “tuerca” de sexo masculino miran a los autos deportivos con respuestas similares a las que se producen cuando miran a mujeres atractivas.

Estos datos de imágenes refuerzan la noción de que la actividad del sistema de gratificación del cerebro podría utilizarse para medir el atractivo que tienen ciertos productos para los potenciales consumidores. Sin embargo, a menudo las decisiones de la vida real son más complejas que lo que nos indica la actividad de las áreas del sistema de gratificación. Por ejemplo, aunque a mí me guste un auto deportivo caro, sigue siendo caro. Si no me alcanza el dinero, debo encontrar una forma de suprimir el impulso para comprarlo, o me endeudaré (o me endeudaré demasiado). En general, estos mecanismos de control son ejecutados por las áreas corticales del lóbulo frontal. El deseo de comprar el auto que sé que es demasiado caro me crea un conflicto interno, es decir, en mi cerebro. Algo tiene que ceder. El medir la actividad de estas áreas cerebrales puede indicar a los especialistas en neuromarketing qué puede ser.

Al parecer, hay otras áreas del lóbulo frontal que también desempeñan funciones clave respecto de nuestras preferencias y comportamiento como consumidores. En un famoso estudio de imágenes cerebrales, Read Montague y sus colaboradores del Baylor College of Medicine, de Houston, utilizaron la *fMRI* para analizar la actividad neuronal de los sujetos que probaban y comparaban las dos gaseosas dulces más populares. Ya saben cuáles: Coca Cola y Pepsi. En primer lugar, se registraron las preferencias de los sujetos mediante una degustación a ciegas fuera del escáner. Luego, cada uno de los sujetos ingresaba en el escáner, y, para esta parte del experimento, Montague y su equipo diseñaron un dispositivo especial que permitiría dar la bebida cola a los sujetos con buen control. Por cierto, ¿no podían hacer aparecer una lata de gaseosa y pedir a los sujetos que bebieran! La solución fue inteligente. Utilizaron una bomba con jeringa controlada por computadora que inyectaba las colas en tubos plásticos refrigerados que, a la vez, estaban sostenidos en la boca de los sujetos con una boquilla plástica. La cantidad de gaseosa era lo bastante pequeña como para que los sujetos tragaran con comodidad aun cuando estaban acostados en el escáner. Un último truco consistió en que la bebida fuera *sin gas*, para asegurar que la cantidad de cola pura que entregaba la bomba era la misma en cada ensayo. (Ya sé, podría argüirse que el efecto efervescente es, de algún modo, importante para el sabor general de las bebidas, pero dejemos ese detalle de lado.)

El dispositivo funcionó y los resultados fueron claros. Cuando los sujetos desconocían qué marca estaban probando, la actividad de la corteza orbitofrontal media se correlacionó con su decisión. Esta es la región que parecía llevar la voz cantante en la prueba de degustación a ciegas. Y ahora la prueba se pone realmente interesante, quizás porque Montague entendió las consecuencias de las famosas pruebas de degustación con Coca Cola y Pepsi que se habían realizado varios años antes. En aquellas degustaciones *a ciegas*, ganaba Pepsi. Cuando se sabía la marca, ganaba Coca. Este “efecto marca” que hace que Coca de

pronto se convierta en la mejor gaseosa es, sin dudas, uno de los muchos efectos culturales que dominan las preferencias de alimentos y bebidas. Los resultados iniciales fueron replicados en numerosas pruebas independientes y, casi inevitablemente, utilizados por Pepsi en su serie de avisos publicitarios conocidos como El desafío Pepsi. El resultado de estas pruebas a ciegas también fue siempre favorable a Pepsi.

Montague debe haber estado muy interesado en la idea de resolver, de una vez por todas, el misterio de los orígenes neuronales de los efectos marca. Por lo tanto, en una segunda parte del experimento de captura de imágenes cerebrales, su equipo de Baylor entregó las bebidas cola en el escáner identificando cada selección como Coca o Pepsi en el monitor de una computadora. Luego, compararon la actividad del cerebro en esta configuración, cuando *los sujetos conocían la marca*, con la actividad en la configuración anterior, cuando la ignoraban. La idea era simple: si había más actividad en una o más áreas cerebrales mientras los sujetos probaban la bebida cola conociendo la marca, tales áreas se señalarían como responsables del efecto marca cultural. ¿Y serían las mismas áreas identificadas durante la prueba de degustación a ciegas?

El experimento sí señaló un área más activa cuando los sujetos conocían la marca: la corteza prefrontal dorsolateral. En realidad el resultado no es sorprendente, porque esta área es muy conocida por su papel en el “control ejecutivo” sobre otros sistemas neuronales. No obstante, no es la misma área señalada durante la prueba a ciegas. Concluimos, al igual que Montague y sus colegas, que cuando los nombres de las marcas se incluyen en el panorama, la corteza prefrontal dorsolateral domina la actividad de la corteza orbitofrontal media, la cual parece ser el centro de evaluación del gusto no contaminado por el conocimiento del nombre de la marca.¹⁴⁷

El estudio Coca contra Pepsi, junto con el de los fanáticos de los autos, nos dice que la neurociencia puede, en verdad, utilizarse con eficacia para investigar nuestra evaluación de los productos y de los nombres de las marcas. Asimismo, sugieren que la actividad de las áreas cerebrales que pertenecen al sistema de gratificación, así como de las regiones que se sabe ejercen un control ejecutivo sobre la actividad cerebral, parecen ser biomarcadores efectivos de la evaluación de los productos que realizan los sujetos. Por otra parte, estos estudios me dejan con ganas de más, porque no abordan el hecho de que la mayoría de los anuncios publicitarios emplean a personas reales, ya sea celebridades o actores, que nos hablan y hacen cosas en pantalla. Yo quería saber qué sucedía cuando los espectadores observaban a estas personas en acción. ¿Qué sucede con sus *neuronas espejo*? Nadie se había ocupado de este interrogante hasta hace poco, cuando hallamos la respuesta.

Amor de un día: la “ciencia instantánea” y el Super Bowl

Mi hipótesis sobre las neuronas espejo y la publicidad es relativamente simple. Si miramos la actividad cerebral de los sujetos que observan los avisos, necesariamente encontramos algo de actividad en las áreas con neuronas espejo, al menos en el caso de los avisos en los que la gente hace cosas. Propongo que una actividad *alta* de las áreas con neuronas espejo durante esos experimentos representa cierta forma de identificación y afinidad. Digo esto porque, como hemos visto, una de mis hipótesis respecto de las neuronas espejo y el comportamiento social es que la actividad del sistema de las neuronas espejo es un índice de nuestro sentido de afinidad con otras personas. Vimos el modo como estas neuronas nos ayudan a entender las acciones de los otros simulando en el cerebro las mismísimas

¹⁴⁷ McClure, S. M., J. Li, D. Tomlin *et al.*, “Neuronal correlates of behavioral preference for culturally familiar drinks”, *Neuron*, 44, 2004, pp. 379-387.

acciones con la activación de nuestros propios planes motores. Al hacerlo, las neuronas espejo también nos ayudan a sentir lo que sienten otras personas. Además, vimos en el capítulo 5 que las neuronas espejo intervienen en nuestro propio proceso de autorreconocimiento. En síntesis, estas células parecen crear cierto tipo de “intimidad” entre el yo y el otro, y tiene sentido postular que la actividad del sistema de las neuronas espejo también puede estar vinculado con el sentido de pertenencia o de afinidad respecto de un grupo social específico cuyos miembros, sentimos, son más similares a nosotros que otras personas.

En la vida moderna, la afinidad adopta muchas formas. Nos viene a la mente la idea de raza, por supuesto, y también la de nacionalidad. Después de vivir en Los Ángeles durante quince años, mi sentido de mí mismo en tanto italiano es más fuerte que nunca. Sin embargo, también existen formas de afinidad más culturales. Siento que pertenezco a la comunidad mundial de neurocientíficos, y también puedo tener un sentimiento similar (aunque quizás un poco más débil) de pertenecer a grupos sociales definidos en una variedad de maneras, desde usuarios de Macintosh a usuarios de iPod, desde fanáticos del tenis a aficionados a la ópera, desde *connoisseurs* de vino hasta amantes del sushi. Respecto de algunos de estos grupos sociales de formación espontánea, el sentimiento de pertenencia –o, al menos, el de compartir una experiencia– es quizás más profundo y cobra más sentido que respecto de otros. Por ejemplo, es probable que el sentimiento de ser “el padre de una adolescente” tenga mucho más sentido para la mayoría de quienes pertenecemos a este grupo que la sensación de pertenecer a la comunidad de amantes del sushi. Creo que este fenómeno se destaca aun más cuando se trata de temas sociales importantes: ser liberal en oposición a conservador, estar a favor o en contra del aborto. Para muchas personas, tales identificaciones son muy sentidas. Esto último me entusiasma sobremanera: vamos a analizar las afinidades políticas y su relación con las neuronas espejo en el próximo capítulo. Por ahora, quiero concentrarme en las cuestiones de identificación y afinidad pertinentes al neuromarketing, y, reitero, la hipótesis básica es simple: la identificación con un producto, según lo revela la actividad del sistema de las neuronas espejo, debería ser un muy buen factor de predicción del comportamiento futuro, es decir, de las futuras decisiones y compras.

Reflexionaba sobre estas ideas cuando Joshua Freedman, psiquiatra y copropietario de FKF Applied Research, una consultora que explora nuevas herramientas de la investigación publicitaria, me propuso un experimento en el otoño del año 2005. Se trataba del Super Bowl. “¿Cuál es la experiencia del Super Bowl?”, Joshua preguntaba retóricamente. Es el partido de fútbol americano y *también* los avisos que se transmiten en los entretiempos (entre *cada* tiempo, a veces parece). Lo miran ciento cuarenta millones de fanáticos, sólo en Estados Unidos, y muchos millones más en el exterior (aunque las cifras no se acercan a la final de la Copa del Mundo). Los anunciantes gastan millones de dólares en avisos especiales, los más caros y, por lo tanto, los más importantes del año. Algunos avisos salen al aire sólo una vez. Ahora, todos forman parte integral del espectáculo. Muchos de esos 140 millones de espectadores del Super Bowl están tan interesados en los avisos como en los partidos. (Respondan ya: ¿quién ganó en 2006? O tómense su tiempo, quizás no importe. Muchos espectadores no pueden responder la pregunta un mes después del evento, mucho menos un año más tarde.) Los anuncios son uno de los temas más comentados en el país el día después del partido. Los expertos en mercadotecnia y sus grupos motivacionales califican los más efectivos, los más entretenidos, los más sorprendentes... y los peores, por supuesto. Se pasan muchísimo en YouTube el día siguiente. Los espectadores pueden votar en cualquiera de los varios sitios de internet donde aparecen.

Los anuncios que se ven en el Super Bowl son *grandes*, y Joshua propuso un experimento de captura de imágenes que se realizaría prácticamente durante el partido. Los sujetos mirarían los anuncios mientras nosotros les miramos el cerebro. A fin de analizar los datos con rapidez, necesitaríamos todo el poder informático disponible porque los juegos de datos de las imágenes cerebrales son muy grandes y su análisis requiere muchos cálculos. Si pudiéramos obtenerlo, se regodeaba Joshua, tendríamos un tipo distinto de clasificación de los anuncios, basado en una actividad cerebral cuantificable y no sólo en *opiniones* expresadas. La idea me resultaba entretenida, pero le recordé a mi amigo que ese era un gran “sí”. Por lo general, necesitamos varios meses, y no con poca frecuencia *años*, para terminar un experimento de imágenes complejo, desde el primer resplandor de la idea hasta el último análisis de los datos, y Joshua quería tener todo organizado en unos pocos meses. Luego –por lejos el mayor problema– quería terminar la adquisición de los datos de las imágenes y los cálculos para procesar los datos de un día para el otro. Sin embargo, al final, acepté. Cuando más tarde escribí un informe sobre el experimento para *Edge—The Third Culture*, el espacio en línea de John Brockman (<www.edge.org>), apodé a esto “ciencia instantánea”, de la cual existen algunos ejemplos.

¿Cómo diablos íbamos a lograrlo? Bien, para empezar, utilizaríamos una pequeña cantidad de sujetos: sólo cinco. Como especialista en captura de imágenes cerebrales, me hubiera encantado tener muchos más, pero teníamos muy escaso tiempo. (Repetimos el experimento del Super Bowl en 2007 y logramos duplicar la cantidad.) Necesitaríamos sujetos voluntarios que estuvieran en el final de sus veinte años y comienzos de los treinta, porque esa es la franja etárea a la que a menudo apuntan los avisos del Super Bowl, y necesitaríamos aislarlos de la transmisión en vivo. Deberían ver los anuncios por primera vez cuando estuvieran en el escáner. Y, lo principal, necesitaríamos obtener una copia de los anuncios prácticamente al instante. No estaban disponibles antes del partido, y no podíamos esperar hasta después del partido para seleccionar los que queríamos usar. Habría sido demasiado tarde. Al final, decidimos grabar y digitalizar los anuncios que se transmitían durante el primer tiempo del partido, y comenzar a pasárselos a nuestros sujetos durante el segundo tiempo. Esta decisión trajo aparejada una nueva complicación: no todos los anuncios de la transmisión son “anuncios del Super Bowl” nuevos, y no tendríamos idea de cuándo irían al aire los nuevos. Joshua resolvió el problema asignando a un grupo grande de empleados de FKF Applied Research a seguir el partido, controlar los anuncios a medida que se transmitían y consultarnos en línea. Luz, cámara, acción, por así decirlo, y se grabó cada segmento publicitario y los anuncios genuinos del Super Bowl así como algunos comunes, “de control”, se digitalizaron de inmediato y se prepararon para ser cargados en nuestras computadoras del laboratorio de imágenes cerebrales y de allí al escáner, donde nuestros sujetos los verían a través de los anteojos habituales de alta definición. (La idea de contar con anuncios comunes “de control” era asegurarnos de que no había nada “mágico” sobre los anuncios del Super Bowl, y de que no activan las áreas de gratificación del cerebro cuando los anuncios de control no lo hacen. En realidad, no pensamos que lo hicieran, pero también consideramos que era una buena idea tener algunos datos para confirmar o desestimar nuestra intuición.)

Otro problema: los archivos que contenían los anuncios digitalizados serían demasiado grandes para transferir por internet, de modo que Joshua llegaría al Centro de mapas cerebrales [Brain Mapping Center] poco después del final del primer tiempo con el disco rígido, listo para cargar los archivos en nuestra computadora. Nunca habíamos realizado experimentos sobre la marcha como este. Si hay algo para comentar, es que la práctica científica es exactamente lo opuesto. Cerca de ocho de nosotros trabajaba en el experimento con una u otra función, comparado con una dotación normal de dos o tres

personas. Excepto los sujetos, todos nosotros estábamos agotados. (Los sujetos no tenían nada especial que hacer mientras esperaban su turno, o cuando estaban dentro del escáner, donde todo lo que se les pedía que hicieran era mirar los anuncios “transmitidos” en sus anteojos.) Hubo muchísimas pequeñas cosas que salieron mal en la tarde y la noche y ello nos demoró, y la presencia de un grupo de *Good Morning America* de ABC y de un periodista de *Los Angeles Times* no representaban precisamente una ayuda. Seguían cada uno de nuestros movimientos y tomaban nota de cada uno de nuestros problemas. El primer tiempo del partido terminó cerca de las 17:00 horas en la Costa Oeste. Nos las arreglamos para terminar el estudio cerebral del primer sujeto con el escáner a eso de las 18:30 horas. El plan era comenzar a analizar los datos del primer sujeto casi al instante, mientras apurábamos a la segunda persona en el escáner. Con estos procedimientos en paralelo, esperábamos terminar el análisis de los datos a la noche tarde. Y así fue, unos pocos minutos antes de la medianoche. Estábamos absolutamente exhaustos. Si alguna vez había tenido dudas, esa noche las despejé por completo: es mucho mejor, al menos para los científicos, hacer los experimentos a su propio ritmo en vez de al ritmo que dictan las consideraciones externas. La ciencia instantánea no es el camino. Pero también tenía mucha esperanza de que todo el esfuerzo, esta vez, valiera la pena.

El reflejo especular de la publicidad

En primer lugar, establecimos los valores basales de los sujetos mientras permanecían en el escáner, midiendo su actividad cerebral mientras “no hacían nada” (es decir, miraban una pantalla en blanco o mantenían los ojos fijos en una cruz que estaba en el centro del monitor). Este “valor basal de reposo” nos permite comparar la actividad en reposo con la actividad cerebral que se mide mientras los sujetos realizan las tareas asignadas. (Este valor basal no era pertinente en los experimentos que ya describí.) Cuando proyectamos los avisos en los anteojos especiales que usaban los sujetos, medimos la actividad de todo el cerebro, con especial atención en cuatro sistemas neuronales clave: el sistema de las neuronas espejo, el sistema de gratificación, los centros cerebrales del control ejecutivo y los centros cerebrales de la emoción. En el análisis posterior, primero nos detuvimos en la actividad general de estos sistemas durante la observación de todos los avisos, y la comparamos con el valor basal de reposo. Asimismo, analizamos las áreas sensoriales del cerebro en cuanto a visión y sonidos, porque mirar los avisos requería *mirar* los avisos y *escuchar* los sonidos, palabras y música. En realidad, no consideramos que estas áreas revestían interés teórico para este experimento, pero decidimos que sería útil comparar su actividad con la de los sistemas neuronales de interés. De hecho, eso es lo que hallamos: nada especial en las áreas cerebrales de la visión y del sonido. Fueron activadas de manera uniforme por cada aviso en cada sujeto. Ello no era sorprendente, pero sí tranquilizador. Después de todo, nunca habíamos hecho un experimento tan intrépido, y era bueno ver en los datos las características que por lo general observamos en experimentos más convencionales.

Cuando nos concentramos en la actividad de los cuatro sistemas neuronales de interés, hallamos que, en el caso de varios avisos, el sistema de gratificación, el sistema de control ejecutivo y los centros cerebrales de la emoción *no mostraban* ningún cambio al ser comparados con los valores basales, ni tampoco actividad reducida. Ello fue así en todos los sujetos, y era un tanto sorprendente dado que los avisos presentaban objetos o servicios muy deseables en formas supuestamente atractivas. Para eso los auspiciantes estaban pagando fortunas. Sólo un sistema se activó todo el tiempo en comparación con los valores basales de reposo en cada sujeto y por cada aviso: el sistema de las neuronas espejo. En

ningún caso dejó de activarse. Claramente, la presencia de personas (actores) en los avisos era la principal razón. Sin embargo, me intrigaba la variación de activación del sistema de las neuronas espejo. La actividad en el caso de algunos avisos *no parecía* relacionada con aspectos físicos obvios de ese anuncio en particular (gestos de las manos, por ejemplo, o gran cantidad de personas que realizan acciones varias). Mi hipótesis es que la mayor actividad de las neuronas espejo que se observa en ciertos avisos es consecuencia de mayores niveles de identificación con esos avisos por parte de los espectadores. Los datos del Super Bowl no dicen mucho acerca de esta hipótesis, pero otros datos de imágenes recabados en mi laboratorio sí parecen respaldarla. En un experimento totalmente independiente, tomamos imágenes de la actividad cerebral de gente que es y no es titular de una determinada tarjeta de crédito. A todos los sujetos se les mostraron diversas fotos de personas haciendo muchas compras. Algunos, usuarios y no usuarios de tarjetas de crédito, vieron estas fotos con el logo de la tarjeta de crédito superimpuesto en la esquina inferior derecha. Otros vieron las fotos sin este logo. Los resultados fueron asombrosos: entre los *no* usuarios de tarjetas de crédito, la actividad de las neuronas espejo *no* reflejó la presencia del logo en absoluto. A tales *no* usuarios de tarjetas no les importaba en absoluto el logo; no se identificaban con él. Sin embargo, entre quienes sí utilizaban tarjetas de crédito, las áreas con neuronas espejo mostraron mayor actividad mientras los sujetos observaban las fotos con el logo de su tarjeta de crédito, en comparación con la observación de las fotos sin el logo. ¿Podría ser que la actividad de las áreas con neuronas espejo sólo reflejara la simulación de sostener la tarjeta, como si los sujetos pensarán “Yo sostengo la tarjeta de la misma manera”? En realidad no, porque las fotos que utilizamos no mostraban personas que sostenían la tarjeta. En estos sujetos, es probable que hayamos capturado las imágenes del correlato neuronal de un fenómeno de “identificación” que se ve mediado por las neuronas espejo. Es como si estos sujetos usuarios de tarjetas de crédito, al mirar las fotos con “su” logo, pensarán “Esas personas son como yo”.

La otra característica sorprendente de los datos del experimento del Super Bowl fue la disociación entre los datos de comportamiento (cada sujeto fue entrevistado de inmediato después de salir del escáner) y los datos cerebrales. Cuando se les pedía que mencionaran en forma explícita los anuncios que más les habían gustado y disgustado, los sujetos efectuaban elecciones muy específicas, pero el cerebro nos decía otra cosa. Los anuncios que identificaron como los mejores a menudo no producían ninguna respuesta, o producían una respuesta débil, en función de los sistemas neuronales que considerábamos más significativos para el comportamiento humano. Otros anuncios que generaban respuestas robustas en el sistema de las neuronas espejo y en el sistema de gratificación no eran mencionados por los sujetos. Aunque podría interpretarse que tal disociación entre los datos cerebrales y los informes verbales sugieren que las respuestas cerebrales pueden no ser indicadores confiables de las elecciones futuras de los sujetos, me inclino por otra interpretación. Tal como hemos visto en el experimento con los rostros bonitos y en el caso de la **disociación traslacional** que mencioné antes, la gente tiende a estar bastante desconectada de sus propias elecciones, y sus informes verbales sobre cómo toman las decisiones no son confiables. Las respuestas cerebrales de los sistemas neuronales clave indicados por la investigación como altamente pertinentes para comportamientos humanos tales como la motivación (sistema de gratificación) y la empatía y la identificación (sistema de las neuronas espejo) son, en mi opinión, factores de predicción de las futuras elecciones de los sujetos muy superiores.

Por supuesto, no puedo demostrar mi hipótesis. La única forma de ponerla a prueba con seriedad es a través de un experimento que, si bien es factible, no presenta probabilidades concretas de ser realizado ya que exigiría que se formara una asociación seria y

comprometida entre los neurocientíficos y el mundo de los negocios, lo cual es improbable que suceda en un futuro muy cercano. Pero sólo por placer, les voy a contar de qué modo probaría mi hipótesis de que los marcadores cerebrales son indicadores mucho más confiables de las futuras compras de los consumidores que sus informes verbales. En primer lugar, necesitaríamos identificar dos estados de Estados Unidos que estuvieran relativamente aislados entre sí y que, de todos modos, tuvieran al menos un sector de la población similar respecto de los principales factores demográficos. Acto seguido, identificaríamos *un* producto que se pudiera vender a este particular sector de la población en ambos estados, y, luego, prepararíamos una serie de anuncios publicitarios muy diferentes sobre el producto. Por último, haríamos grupos motivacionales y *también* experimentos de captura de imágenes cerebrales con un grupo grande de sujetos de cada estado para analizar las reacciones ante cada publicidad. Tal como hicimos con los anuncios del Super Bowl, con posterioridad identificaríamos los anuncios que mostraran una disociación considerable entre los informes verbales y los datos de las imágenes cerebrales: informes verbales positivos sin mucha actividad de los sistemas de gratificación y de las neuronas espejo, e informes verbales negativos con una potente actividad cerebral. En un estado pasaríamos *sólo* los anuncios que recibieron una buena calificación verbal y “malas” respuestas cerebrales, mientras que en el otro estado pasaríamos *sólo* los anuncios que recibieron malas respuestas verbales y “buenas” respuestas cerebrales. Si mi hipótesis es correcta –es decir, si los indicadores cerebrales son más confiables para prever las elecciones futuras que lo que las personas manifiestan a los entrevistadores– el producto publicitado debería venderse más en el estado cuyos residentes fueran inundados con los anuncios que recibieron las “buenas” respuestas cerebrales.

¿Fácil, no es cierto? Pienso que las configuraciones realmente deberían ser así, y no creo que sea un experimento difícil de realizar una vez que se hubieran identificado con mucho cuidado los datos demográficos compartidos de los estados que, salvo por ello, estarían aislados. El otro verdadero y único inconveniente que veo es el de hallar una gran empresa cuyos directivos entiendan el poder de lo que sucede en la neurociencia hoy y que, por lo tanto, estén dispuestos a realizar la inversión, la cual, para una empresa de tal envergadura, igual serían centavos. Conozco a algunos neurocientíficos a quienes les encantaría participar. Y hay muchos otros.

Otro interrogante que este elaborado experimento respondería en primer lugar es si los anuncios publicitarios en efecto funcionan. A pesar de la gran cantidad de dinero que se gasta en publicidad, considero que nadie puede arrogarse hoy la respuesta... a excepción de un campo en el que las personas están convencidas de que los anuncios funcionan, o, al menos, un tipo especial de anuncio. Me refiero a la consultoría política, donde los profesionales consideran que los avisos negativos funcionan y tienen a mano algunos ejemplos clásicos que respaldan esta idea. Uno es el famoso aviso a favor de Lyndon Johnson durante la campaña presidencial de 1964 contra Barry Goldwater, donde se ve que una niña recoge los pétalos de una hermosa margarita mientras explota un hongo atómico en el fondo. Mensaje implícito: Goldwater es un belicista de gatillo fácil. Resultado: victoria aplastante de Lyndon. Otro es el igualmente famoso aviso de la “puerta giratoria” que utilizó George W. Bush durante la campaña electoral para la presidencia de 1988 contra el demócrata Michael Dukakis, gobernador de Massachusetts. En un momento de ese verano, las encuestas le otorgaban a Dukakis la delantera por 17 puntos. Luego, la campaña de Bush sacó el aviso donde mostraba a Willie Horton, un hombre de color que había sido encarcelado en Massachusetts y luego había sido liberado. El aviso jugaba de manera explícita con el temor racial y el temor al delito. Resultado: el primer George Bush gana con facilidad. Existen muchísimos ejemplos que alimentan la tradicional conducta en

política de que “hablar mal” gana, de que, sin importar lo que la gente responda a los encuestadores y a las encuestas a boca de urna acerca de los motivos por los que votó, lo que determina el voto es su enfado y su temor.

¿Existen datos cerebrales que respalden esta idea? Creo que los hallamos en mi laboratorio, aunque en verdad no estábamos buscándolos. Sobre todo, creo que este resultado sobre el cerebro debería hacer pensar a la gente dos veces sobre el valor perdurable de la publicidad negativa.

Los efectos de la publicidad negativa

En la primavera de 2004, comenzamos un nuevo experimento en el que medíamos la actividad cerebral del “cerebro partidista” mientras demócratas y republicanos afiliados miraban una serie de fotos de los tres candidatos presidenciales de ese año: quien era el presidente republicano en ese momento, George W. Bush; el demócrata John Kerry; y el independiente Ralph Nader. Estudiamos con el escáner a cerca de la mitad de los veinte sujetos en la primavera, después de que la victoria de Kerry en las elecciones primarias convirtiera su candidatura en un final anunciado. Enterado del estudio, el periodista John Tierney, del *New York Times*, me entrevistó. El artículo de primera plana que publicó sobre el experimento el 19 de abril se titulaba “¿La política en el cerebro?” De repente, nuestro experimento de captura de imágenes se había convertido, quizás, en el estudio cerebral con mayor cobertura en los medios de la historia. Estaba presente en los principales canales de televisión. Era todo muy asombroso porque ni siquiera habíamos terminado el experimento. ¡Destellos de “ciencia instantánea”!

Por lo general, la cobertura mediática es algo bueno para un científico. Significa que los experimentos que hacemos son interesantes para la población en general, y que entender qué hacemos no exige tener un doctorado en neurociencias. En el laboratorio de la UCLA, estábamos muy complacidos por la atención que nos prestaban en este caso. Sin embargo, no nos dimos cuenta de que una historia muy difundida puede ser un arma de doble filo. (Ingenuo, ya sé.) De hecho, la cobertura tornó casi imposible reunir nuevos sujetos que no estuvieran enterados del experimento y, sobre todo, que no conocieran los resultados de nuestros análisis preliminares, los cuales fueron publicados en el artículo de Tierney del *New York Times*. Ello generó un gran problema relacionado con lo que denominamos procesos metacognitivos. Es decir: el conocimiento previo que tenían los sujetos arruinaría el experimento. ¿Qué podíamos hacer? Esperar. Dejar de incorporar sujetos durante un tiempo. La gente no tiene memoria de largo plazo para este tipo de cosas, y los medios le darían una serie interminable de artículos y temas nuevos para debatir. De eso no falta. El abastecimiento parece infinito. Creíamos que, al dejar de seleccionar sujetos durante cerca de tres meses, podríamos resolver con eficacia este problema de metacognición. De hecho, cuando retomamos el experimento en el verano, casi todos habían olvidado ya la información. En el mejor de los casos, tenían un vago recuerdo de un tipo de experimento cerebral en la UCLA.

En el verano, con la elección cercana, el interés de los medios reapareció. Pero, ahora yo sabía qué hacer. Esta vez estipulé un acuerdo con todos los medios que querían entrevistarme. No darían a conocer nada hasta que hubiéramos terminado de recabar los datos, lo que sucedió a comienzos de septiembre. En ese momento el experimento tal como se había planificado originalmente estaba terminado, con la peculiaridad de que cerca de la mitad de los sujetos habían sido estudiados a comienzos de la primavera y la otra mitad, a fines del verano. En este estudio, los sujetos no sólo eran demócratas o republicanos

afiliados; al mismo tiempo, ya habían tomado una decisión en cuanto a las elecciones, lo cual no debe sorprendernos pues se trató de una de las elecciones presidenciales más polarizadas de la historia estadounidense. Estos partidistas pueden analizar los mismos datos y llegar a conclusiones totalmente opuestas. Esto lo sabemos todos. Pero, ¿cómo lo hacen? Esto no lo sabemos (o no lo sabíamos, durante el experimento). Esperábamos ayudar a responder la pregunta mediante estímulos muy simples –los rostros de los tres candidatos– con la esperanza de reducir al mínimo los complejos factores que pueden entrar en juego durante un debate político y que llegan al *centro* del sentimiento de afinidad con un partido y un candidato. Mi hipótesis principal era que los sentimientos de empatía y de identificación hacia el propio candidato pueden estar respaldados por la actividad de las áreas con neuronas espejo, o por superneuronas espejo.

En los sujetos estudiados en la primavera, la actividad cerebral que observamos coincidía a las mil maravillas con nuestra hipótesis principal. Al mirar a su propio candidato, tanto los demócratas como los republicanos activaban la corteza orbitofrontal media. Como sabemos, esta área cerebral se activa, por lo general, ante estímulos gratificantes, por ejemplo, nuestra comida preferida. Nuestros candidatos eran personas, no alimentos inanimados, pero esta área cerebral también está asociada con emociones positivas como la alegría. Observar a los propios candidatos se asocia, por supuesto, con sentimientos positivos. En especial, los registros de los electrodos profundos que tenían los pacientes epilépticos descritos en el capítulo 7 sugieren que en esta área hay superneuronas espejo. Por lo tanto, la actividad neuronal observada en esta región era coherente con la hipótesis de que el observar al propio candidato despertaría sentimientos de empatía y de identificación a través del sistema de las neuronas espejo.

Hasta ahí, todo bien. Sin embargo, para nuestra gran sorpresa, los sujetos que estudiamos a fines del verano *no mostraban* la actividad orbitofrontal media al observar a sus propios candidatos. ¿Cómo era posible? Analizamos los datos con gran detenimiento, pero los números no cambiaban. La única diferencia confiable entre las respuestas cerebrales de comienzos de la primavera y de fines del verano se presentaba justamente en esta región: la corteza orbitofrontal media. Se activó en la primavera y se aquietó a fines del verano. Tal desactivación sugería no sólo que no se activaba, sino, más bien, que tenía lugar un proceso activo de cierre de esta región a fines del verano cuando los sujetos miraban las fotos de los candidatos que iban a votar.

En mi opinión, este enorme cambio en la corteza orbitofrontal media que se presenta en los sujetos a fines del verano se debió al cambio del clima político y al intenso uso de publicidad negativa y de ataques personales con el que ambos lados había atosigado al oponente a lo largo del verano. En un clima tan tóxico, ¿cómo podía uno identificarse con el propio candidato y sentir empatía, aunque igualmente recibiera nuestro voto? Era casi imposible. La campaña había amancillado a todos los candidatos, incluso ante los ojos de los miembros de su propio partido.

Obviamente, esta interpretación es por entero *post hoc*. No obstante, si consideramos qué sucedía en la campaña y lo que sabemos acerca de la corteza orbitofrontal media, mi explicación es razonable. Y, si es correcta, creo que se trata de malas noticias para la sociedad. Ello demuestra a las claras que la publicidad negativa funciona (lo cual no es ninguna novedad para los consultores políticos), y también demuestra que la publicidad negativa puede crear una peligrosa desconexión emocional entre los votantes y los líderes que deberían representarlos. En mi opinión, una democracia saludable precisa mecanismos de empatía y de identificación entre la gente y sus representantes políticos. Sin estas emociones unificadoras, corremos el riesgo de enfrentarnos con un desencanto cada vez

mayor respecto del sistema político, que puede determinar que la gente vea con más agrado otras formas de gobierno. Y, por ahora, las alternativas a las democracias modernas han demostrado ser mucho peores que lo que tenemos hasta el momento.

10

Neuropolítica

Las teorías de las actitudes políticas

A fines de la década de 1990, Darren Schreiber, entonces estudiante de posgrado de ciencias políticas en la UCLA, ahora profesor de ciencias políticas de la Universidad de California, San Diego, se acercó al cuerpo docente de nuestro Centro de mapas cerebrales [Brain Mapping Center] con la idea de poner a prueba ciertas teorías sobre el modo en que se forman las actitudes políticas. En ese momento, la utilización de la captura de imágenes cerebrales para tal propósito era casi desconocida. Ahora, si bien no es de uso corriente, no es tan inusual. Algunos laboratorios realizan tal investigación, incluido el nuestro. Por supuesto, como era inevitable, en cuanto Darren ejecutó su idea y luego otros experimentos (incluido el de las elecciones de 2004 que acabo de relatar), comencé a preguntarme si el reflejo especular y, por lo tanto, las neuronas espejo, juegan un papel en todo esto. Por lo general, a los estudiantes serios de política les gusta creer que el pensamiento político es un proceso altamente racional en el que el reflejo especular automático no debería desempeñar ninguna función importante. Sin embargo, hemos visto cómo dicho reflejo constituye una forma penetrante de comunicación y de interacción social entre los seres humanos. Dado que uno de los principales componentes de la política es la afinidad con los otros con quienes compartimos valores e ideas acerca de la forma en que debería organizarse la sociedad, creo que hay formas del reflejo especular que casi con certeza participan en ciertos aspectos del pensamiento político.

Y, para empezar, ¿cuán exactamente racional es el pensamiento político? Eso es lo que Darren deseaba averiguar, porque los datos de las encuestas nacionales habían originado un debate de larga data en la literatura de las ciencias políticas. Cuando se formuló a los ciudadanos una variedad de preguntas sobre cuestiones políticas, surgió un patrón claro. En los sujetos que respondieron con rapidez, las respuestas eran uniformes en términos de actitudes políticas. “Tenían sentido”. Por ejemplo, si uno de los sujetos que respondía con rapidez expresaba una actitud “liberal” sobre el aborto, el mismo sujeto probablemente respondiera con una actitud “liberal” sobre la educación o los derechos de las personas homosexuales. No obstante, en promedio, otro grupo de sujetos requería bastante tiempo para responder a las preguntas, y las respuestas no eran parejas. Respecto de algunas preguntas tenían una actitud “liberal”, mientras que, respecto de otras, mostraban un enfoque “conservador”. Tampoco había uniformidad dentro del grupo: la misma pregunta generaba una respuesta liberal en algunos de los encuestados lentos y una respuesta conservadora en otros.

En términos generales, los resultados de estas encuestas parecían identificar dos clases de ciudadanos. ¿Existía alguna variable importante que permitiera diferenciarlos con facilidad? La respuesta podía ser sí. Los sujetos que sabían mucho sobre política eran los que respondían con rapidez y con actitudes coherentes. Los sujetos que no sabían tanto necesitaban mucho tiempo para responder y lo hacían de manera “inconsecuente”. En la

década de 1960, el especialista en ciencias políticas Philip Converse redondeó su análisis de este fenómeno sugiriendo que los expertos de la política tenían opiniones políticas bien informadas, aunque un poco cristalizadas, mientras que los novatos de la política directamente no tenían opiniones y, cuando respondían las preguntas de las encuestas políticas, lo que hacían era decidir al azar. Quizás esta síntesis suene un tanto prosaica hoy en día, pero dio inicio a una controversia bastante grande en la literatura de las ciencias políticas. Cerca de diez años después de la propuesta de Converse, otro especialista en ciencias políticas, Chris Achen, sostuvo que los novatos políticos no podían establecer una correspondencia entre sus verdaderas actitudes en estas encuestas. Sus respuestas, en apariencia contradictorias, no eran consecuencia de la falta de actitudes políticas, sino de que las encuestas eran imperfectas e inadecuadas. Y existe una tercera hipótesis que John Zaller (casualmente, el mentor de Darren Schreiber durante sus estudios de posgrado) y Stanley Feldman propusieron hace poco. Ambos sugirieron que las respuestas contradictorias de los novatos no se debían a una carencia absoluta de actitud política, o a la interferencia provocada por la imperfección de las encuestas. Sostenían que, por el contrario, mientras que las opiniones cristalizadas de los expertos de la política se basaban en información casi automática sobre los hechos y sobre consideraciones previas, los novatos tomaban la información que era pertinente a las preguntas políticas a medida que avanzaba la encuesta. Sólo la información más sobresaliente –en términos generales, las últimas noticias– determinaban sus respuestas. ¡Los novatos *no necesitan* el informe meteorológico para saber en qué dirección sopla el viento! Ésta es la razón por la cual parecían arrojar la moneda al aire para responder a las preguntas de las encuestas.¹⁴⁸

Si la hipótesis de Zaller y Feldman es correcta, la diferencia entre los expertos y los novatos de la política se debe, más que nada, a diferencias cognitivas que surgen de distintos niveles de habilidad; serían las mismas diferencias que se notarían entre los así llamados expertos y novatos en cualquier campo. Los expertos llevan a la práctica una tarea que conocen a la perfección; los novatos, una nueva. De hecho, han circulado durante años datos sobre las imágenes cerebrales que muestran patrones asombrosamente diferentes de activación entre una tarea muy practicada y una tarea nueva.¹⁴⁹

Darren Schreiber se dispuso a utilizar la captura de imágenes cerebrales para analizar todas estas cuestiones sobre el pensamiento político. En mi opinión, tuvo una idea muy inteligente, pero debo admitir que mi interés también se veía estimulado por mi investigación sobre los reflejos especulares. Con la política, los expertos están enganchados casi como si fueran adictos, en gran parte gracias a las infinitas oportunidades que les da internet. Yo quería averiguar si el cerebro de un adicto político produciría más respuestas de reflejos especulares al observar a los políticos que al observar a otros famosos. Creía que sí. Darren, su mentor John Zaller y yo nos reunimos en varias oportunidades a lo largo del año para pensar cómo configurar una serie de experimentos que abordaran los diversos temas que despertaban nuestro interés. Nos adentrábamos en lo desconocido. Nunca se había llevado a cabo un experimento de captura de imágenes cerebrales sobre temas de ciencias políticas. Nos llevó un tiempo moldear nuestros intereses e ideas para llegar a un diseño experimental viable. Cuando por fin lo logramos, debimos enfrentar el eterno problema de la neurociencia (y de casi cualquier otro campo).

¹⁴⁸ Converse, P., “The nature of belief systems in mass publics”, en Apter, D. (ed.), *Ideology and Discontent*, Nueva York, Free Press, 1964, pp. 206-261; Achen, C., “Mass political attitudes and the survey response”, *American Political Science Review*, 69, 1975, pp. 1281-931; Zaller, J. R. y S. Feldman, “A simple theory of the survey response: Answering questions versus revealing preferences”, *American Journal of Political Science*, 36, 1992, pp. 579-616.

¹⁴⁹ Raichle, M. E., J. A. Fiez, T. O. Videen *et al.*, “Practice-related changes in human brain functional anatomy during nonmotor learning”, *Cerebral Cortex*, 4, 1994, pp. 8-26.

¿Cómo financiarlo? La captura de imágenes es una empresa científica cara. El uso de la resonancia magnética sola, sin tener en cuenta gastos fijos, sueldos, incentivos para los voluntarios, y demás, cuesta, por lo general, US\$600 la hora. El costo total de nuestros experimentos de imágenes varía de decenas de miles a cientos de miles de dólares. Diseñamos el estudio de Darren de manera tal de mantener los costos al mínimo, pero, aun así, era mucho dinero, y los proyectos interdisciplinarios como el nuestro son casi siempre los más difíciles de financiar porque cuesta encontrar los organismos de financiación que, al mismo tiempo, estén interesados en derribar barreras. La mayoría gasta su dinero en función de parámetros muy estrechos. Por fortuna, en la UCLA contamos con un centro que financia investigaciones denominado Chancellor's Fund for Academic Border Crossing, específicamente diseñado para proyectos interdisciplinarios donde participan dos profesores de diferentes disciplinas como orientadores de un estudiante de posgrado que desea realizar un trabajo interdisciplinario. En el verano de 2000 solicitamos esta financiación. Casualmente o no, recibimos la grata noticia el día de las elecciones de ese otoño. Lo consideramos una buena señal. Luego, el caos electoral de la Florida parecía no tener fin y sólo podíamos esperar que el experimento avanzara con más celeridad.

El reflejo especular y el cerebro de los adictos a la política

A fin de explotar al máximo las posibilidades que Darren tenía de lograr un efecto experimental, pensamos que resultaría útil seleccionar sujetos de ambos extremos del espectro. Entre los expertos, queríamos elegir a quienes más sabían de temas de política. Entre los novatos, nos interesaban aquellos que no tenían la más mínima idea de nada y que estaban muy satisfechos de su ignorancia. Darren puso manos a la obra y comenzó a seleccionar individuos en los primeros meses de 2001. Para ello, había preparado una serie de preguntas en extremo detalladas. La entrevista demandaría algunas horas por candidato. Para hallar a los expertos ideales, entrevistó a fieles miembros de agrupaciones demócratas y republicanas de la ciudad universitaria y pronto encontró a los “adictos a la política” que buscábamos. Se trataba de hombres y mujeres jóvenes bien informados con actitudes políticas radicales y cristalizadas. Parecían ideólogos.

La incorporación de los novatos tampoco resultó una tarea muy ardua. Darren publicitó el estudio a través de los canales habituales, y creo que a nadie sorprenderá saber que muchísimos estudiantes de la UCLA no tenían (ni tienen) muchos conocimientos sobre política. Darren contaba con una gran cantidad de novatos para realizar su selección. Los sujetos que eligió carecían por completo de actitudes políticas bien formadas o de nociones políticas. Sabían que Bush era el nuevo presidente, que había existido algún tipo de problema el día de las elecciones, incluso algunos conocían la frase *hanging chad*,* pero no mucho más. (Hoy en día, también sabrían que Schwarzenegger es el gobernador de California.)

Un objetivo secundario de las entrevistas con los novatos era recabar la información necesaria para diseñar uno de los experimentos de captura de imágenes. Un elemento clave del diseño de Darren era que los novatos debían reconocer al menos los rostros de los políticos, aun cuando no supieran casi nada de ellos, de modo que les preguntó de manera explícita a los sujetos potenciales si reconocían ciertos rostros. Así descubrió la profundidad de la ignorancia en la ciudad universitaria de la UCLA acerca de estos temas. El rostro de Joe Lieberman, quien había sido el compañero de fórmula de Al Gore en la famosa elección controvertida que había tenido lugar menos de un año antes, era casi

* *Chad*: círculo/ confeti de descarte de las perforadoras. *Hanging*: colgante. Frase que hace referencia a la contienda electoral del año 2000. [N. de la T.]

desconocido para la masa de estudiantes. Incorporamos también otra variable, el constante tema urticante de la política estadounidense: la raza. Por lo tanto, el diseño experimental en su totalidad comprendió tres clases de rostros: políticos o no políticos, famosos o no famosos, y blancos o afro-americanos.

El día del examen por escáner, a los sujetos sólo se les solicitó que miraran los rostros mientras medíamos la actividad cerebral con RMNF. Hallamos lo que yo había previsto en mi teoría acerca de que el reflejo especular indica, entre otras cosas, un sentido de afinidad, o de pertenencia a una comunidad específica dentro de la comunidad mayor que es la sociedad. La actividad de las áreas con neuronas espejo de los sujetos que eran expertos en temas de política fue mayor cuando miraban los rostros de políticos famosos, en comparación con lo que sucedía cuando observaban el rostro de otras personas famosas y rostros desconocidos. Las áreas con neuronas espejo de los novatos en política no registraron tal diferencia al mirar rostros de políticos y de no políticos. Al comparar los resultados obtenidos de los expertos en política con los que habíamos obtenido en nuestro estudio previo sobre la imitación y observación de las expresiones faciales de la emoción que presenté en el capítulo 4,¹⁵⁰ encontramos sitios de activación llamativamente similares. Tal correspondencia anatómica sugiere que, incluso en el caso de los tipos de reflejo especular más abstractos que yo había planteado en mi hipótesis como subyacentes a estas activaciones –el sentido de pertenecer a una comunidad específica–, el sistema de las neuronas espejo sigue utilizando el mecanismo neuronal básico que también se activa durante tareas de relejo especular más profanas.¹⁵¹

El experimento en el que se usaron fotografías para buscar la actividad de las neuronas espejo de los expertos en política fue uno de los dos experimentos que Darren llevó a cabo con los mismos sujetos. En el otro, puso a prueba si los expertos y los novatos utilizan distintas áreas del cerebro al pensar en temas de política. Su hipótesis de “conocimientos especializados” planteaba que sí porque, según datos anteriores obtenidos en este tipo de experimento de imágenes –analizar tareas nuevas en comparación con tareas muy conocidas–, las áreas del cerebro que se activan están muy separadas. Las activaciones que generaban las tareas nuevas sugerían que se realizan (porque es así) con un alto nivel de esfuerzo cognitivo, específicamente con una mayor activación de la corteza prefrontal dorsolateral, un área conocida por su función en las denominadas funciones ejecutivas. Por otra parte, las tareas muy conocidas parecen realizarse sobre todo con información proveniente de la memoria mediante áreas del lóbulo temporal, una importante estructura cerebral de la memoria. Por lo tanto, de acuerdo con la hipótesis de Darren, los novatos y los expertos en temas políticos deberían mostrar patrones de activación análogos a los ya identificados; las áreas cognitivas de estos novatos, para quienes pensar en política sería trabajo cognitivo, y las áreas de la memoria para los expertos, quienes ya conocen las respuestas a las frases sobre temas de política y sólo tienen que recuperarlas de la memoria.

En esta configuración, los sujetos escuchaban una serie de frases grabadas en formato digital, la mitad de carácter político y la otra mitad, no. Las frases políticas hacían referencia a temas candentes y habituales de la política estadounidense, y a los sujetos se les preguntaba si estaban de acuerdo o no. Las frases se redactaban con mucho cuidado de modo tal que siempre empezaran de la misma manera, por ejemplo: “El gobierno de Washington...”. La última parte presentaba la parte nueva, por ejemplo, “debería alentar la

¹⁵⁰ Carr, L., M. Iacoboni, M. C. Dubeau *et al.*, “Neuronal mechanisms of empathy in humans: A relay from neuronal systems for imitation to limbic areas”, *Proc Natl Acad Sci USA*, 100, 2003, pp. 5497-5502.

¹⁵¹ Schreiber, D. y M. Iacoboni, “Monkey see, monkey do: Mirror neurons, functional brain imaging, and looking at political faces”, artículo presentado en el American Political Science Association Meeting, 2005, Washington, D.C.

adopción prohibiendo el aborto”. La estructura de estas frases cargadas de contenido era relativamente similar a las preguntas que Darren había utilizado para revelar los distintos patrones de comportamiento de los expertos y los novatos en temas de política. La forma específica y cuidadosa de presentación nos permitía hacer llegar la parte crítica de la frase durante una “ventana temporal” relativamente bien definida, que nos ayudaba a analizar los cambios que ocurrían en el cerebro desde la presentación del material importante hasta la respuesta del sujeto de un modo bastante preciso. Los sujetos respondían pulsando uno de dos botones.

La respuesta que Darren buscaba se reveló fuerte y clara. Los expertos y los novatos en temas de política presentaban un patrón de activación cerebral muy diferente... pero no en el sentido en el que lo esperábamos. Para sorpresa de todos, los resultados *no mostraron* la diferencia cognición/memoria esperada. Las dos áreas que evidenciaron la inesperada disociación entre los expertos y los novatos fueron el precuneus y la corteza prefrontal dorsomedial. Ambas pertenecen a un sistema neuronal recién descubierto por Marcus Raichle y colaboradores de la Universidad de Washington en St. Louis, al que denominaron “sistema del estado predeterminado” [*default state network*].¹⁵² Se trata de un conjunto peculiar de áreas corticales que presentan una gran actividad cuando el sujeto está en reposo sin hacer básicamente nada, y una menor actividad cuando el sujeto realiza tareas cognitivas. La reducción de actividad es en gran medida independiente de la clase de tareas cognitivas que realizaban los sujetos. Después de todo, estábamos frente a una respuesta neuronal extraña que era difícil de interpretar. Al analizar ciertos parámetros fisiológicos medidos por PET (la técnica que hoy en día cayó algo en desgracia y que emplea material radiactivo, tal como se mencionó), Raichle y sus colaboradores demostraron que estas regiones en realidad *se cerraban* durante una variedad de tareas cognitivas. Después de reflexionar con sumo detalle, plantearon la posibilidad de que estas áreas representaran algún tipo de estado predeterminado del cerebro que fuera dominante ante la ausencia de metas o tareas específicas a cumplir, cuando los sujetos (es decir, nosotros, los seres humanos) soñamos despiertos con “no hacer nada”. Cuando hay tareas que exigen atención, este “estado predeterminado” queda anulado y su sistema se cierra.

Tal análisis encuadra a la perfección con los resultados de la prueba de Darren. Durante las preguntas políticas, estas áreas cerebrales del “estado predeterminado” se vieron activadas en los expertos, quienes piensan en la política todo el tiempo (su propio “estado predeterminado”) y no necesitan prestar especial atención a las frases políticas. Sólo necesitan sus bancos de memoria. Sin embargo, los novatos debían pensar en las frases políticas, de modo que se preparaban para la cognición y cerraban el sistema predeterminado.¹⁵³

A juzgar por la literatura sobre captura de imágenes cerebrales, es muy poco frecuente que estas áreas del estado predeterminado aumenten la actividad durante algún tipo de tarea. Casualmente, ya habíamos observado uno de los mayores aumentos, si no el mayor, en mi laboratorio.¹⁵⁴ Resultó muy provocativo que esta mayor actividad del sistema del estado

¹⁵² Gusnard, D. A. y M. E. Raichle, “Searching for a baseline: Functional imaging and the resting human brain”, *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 2001, pp. 685-694; Raichle, M. E., A. M. MacLeod, A. Z. Snyder *et al.*, “A default mode of brain function”, *Proc Natl Acad Sci USA*, 98, 2001, pp. 676-682.

¹⁵³ Schreiber, D. y M. Iacoboni, “Thinking about politics: Results from three experiments studying sophistication”, artículo presentado en la 61ª Conferencia Nacional Anual de la Midwest Political Science Association, 2003.

¹⁵⁴ Iacoboni, M., M. D. Lieberman, B. J. Knowlton *et al.*, “Watching social interactions produces dorsomedial prefrontal and medial parietal BOLD fMRI signal increases compared to a resting baseline”, *Neuroimage*, 21, 2004, pp. 1167-1173.

predeterminado se registrara en paralelo con una mayor actividad de las áreas con neuronas espejo. Y ahora el experimento de Darren había recogido un aumento de actividad de las áreas predeterminadas en el caso de los expertos en política. ¿Existe un vínculo entre los resultados de ambos experimentos? O, en términos más generales, ¿cuál es la relación entre las áreas con neuronas espejo y las áreas del estado predeterminado? Antes de considerar estos interrogantes, analicemos dicho estudio anterior, que fue singular, incluso más allá de sus resultados, en parte debido a que quien lo impulsó fue un antropólogo, es decir, no el tipo de estudioso que habitualmente participa en un estudio de captura de imágenes cerebrales.

La política en el cerebro

Alan Fiske es profesor de antropología de la UCLA. Desarrolló un detallado análisis etnográfico de los Mossi, de Burkina Faso, una sociedad que habita en el oeste de África. Sobre la base de este trabajo de campo y del trabajo académico acerca de una variedad de disciplinas que estudian distintas culturas, Alan propuso un modelo de relaciones sociales humanas, de acuerdo con el cual nos vinculamos entre nosotros mediante cuatro formas elementales de relaciones sociales: reparto comunal, donde las personas tienen un sentido de identidad común; autoridad superior, donde las personas se relacionan siguiendo una jerarquía; ajuste a la igualdad, donde existe una relación igualitaria entre los pares; y precio de mercado, donde la relación se ve mediada por valores que siguen un sistema de mercado. Alan sostiene que estas cuatro estructuras vinculares elementales y sus variaciones justifican todas las relaciones sociales entre todos los seres humanos de todas las culturas.¹⁵⁵

Alan publicó este trabajo en 1991. Hace ocho años (cerca de un año antes del momento en que Darren Schreiber entró en mi despacho), Alan me contactó para formar un equipo a fin de realizar un experimento de captura de imágenes sobre su conocido modelo de relaciones sociales. La idea me fascinó porque Alan me hizo dar cuenta de que en mi laboratorio estábamos estudiando las respuestas de las áreas con neuronas espejo mientras los sujetos sólo miraban o imitaban acciones individuales. Estas acciones rara vez se veían rodeadas de un contexto social. En los pocos casos en los que usamos un contexto social, como en el experimento de “intención” con las tazas de té que describí en el capítulo 2, el contexto estaba compuesto sólo por objetos, no personas. Dado que afirmamos que las neuronas espejo son elementos neuronales importantes para el comportamiento social, sabía que era valioso medir las respuestas cerebrales de las áreas con neuronas espejo en un experimento donde las acciones observadas fueran altamente pertinentes para las relaciones sociales humanas. Hablando con Alan sobre su idea, vislumbré un diseño experimental para un estudio que se adecuara a los propósitos de ambos: la única tarea que deberían realizar los sujetos que se hallaran en el escáner sería observar relaciones sociales ente las personas. Naturalmente, no podríamos traer a un grupo de personas a la sala del escáner y poner en escena diversas interacciones mientras los sujetos miraban, de modo que preparamos un juego de videoclips que describían interacciones sociales cotidianas. A fin de simplificar el diseño del experimento, también decidimos concentrarnos en sólo dos de los cuatro modelos vinculares de la teoría de Alan. Una vez más, nos movíamos por territorio desconocido. En estos casos, se aconseja el empleo de un diseño relativamente simple.

Tal como en el experimento de captura de imágenes cerebrales sobre política que llevó a cabo Darren Schreiber, en el que elegimos sujetos en ambos extremos del continuo

¹⁵⁵ Fiske, A. P., *Structures of Social Life: The Four Elementary Forms of Human Relations*, Nueva York, The Free Press, 1991.

político, escogimos en este caso los dos modelos sociales vinculares que parecían estar también en los extremos de un continuo. Uno era el modelo de reparto comunal, en su mayor parte basado en la amabilidad y el compartir, y el otro era el de autoridad superior, basado en la desigualdad jerárquica. La trampa radicaba en que las relaciones de reparto comunal se perciben como intrínsecamente positivas, mientras que las relaciones que se asientan en una autoridad superior se perciben, por lo general, como negativas, en especial por el público estadounidense. Se trataba éste de un “factor de confusión” que debíamos controlar, si pretendíamos lograr un patrón de activación cerebral que reflejara con fidelidad las diferencias en la forma en que procesamos las relaciones sociales, y no las diferencias sobre qué sienten los estadounidenses acerca de las figuras autoritarias. Terminamos con treinta y seis videoclips, un juego bastante grande para este tipo de experimento, la mitad de los cuales describía las relaciones sociales de reparto comunal y la otra mitad, las relaciones sociales basadas en la autoridad superior. Algunos provocaban emociones netamente positivas, mientras que otros despertaban emociones negativas, lo que permitía controlar la “valencia emocional” de estos cortos.

Para realizar los videoclips, utilizamos escritores, actores y un director. No fue muy complicado hallar a estos profesionales, dado que vivimos en la meca del entretenimiento mundial. Uno de los muchos aspectos cautivantes de este experimento fue explicar a los escritores el modelo antropológico que lo inspiraba y trabajar con ellos en la creación de guiones realistas que reflejaran las relaciones sociales en una variedad de situaciones cotidianas. El proceso de “desarrollo”, como dicen en su ambiente, fue bastante intrincado, pero después de cerca de seis meses estábamos satisfechos con los guiones. Incorporamos al director y a los intérpretes, y filmamos una serie de cortos muy breves. Cada situación tenía una estructura idéntica, donde se presentaba un personaje a efectos de obtener un “valor basal” y luego se incorporaba un segundo personaje para la interacción: el segmento “vincular”. Las situaciones que se dramatizaban eran muy amplias, y los escenarios abarcaban desde oficinas hasta canchas de básquet, desde amantes que interactuaban amorosamente hasta jueces que dictaban sentencia.

Al analizar los datos cerebrales de los sujetos que miraron estas escenas, hallamos una sólida actividad de las neuronas espejo, tal como era de esperar, porque los personajes observados efectuaban todo tipo de acciones en el transcurso de la escena. De hecho, la actividad de las neuronas espejo en este estudio parecía ser mayor que en cualquier otro de los que habíamos realizado. Esta robustez fue particular en el segmento vincular de los cortos. Tal correlación confirmó que las neuronas espejo se interesan más que nada en las acciones que se despliegan durante las relaciones sociales, quizás debido a que resultan cruciales para nuestra comprensión de la relación. En otras áreas del cerebro también se vio una actividad bastante importante mientras los sujetos miraban los cortos de interacción social: en particular, del sistema del estado predeterminado, que Darren incorporó en su experimento con los adictos a la política que respondían preguntas sobre política. Mi interpretación de estos datos es que, mientras que los adictos a la política piensan en la política todo el tiempo (ese es su “estado predeterminado”), la mayoría de la gente piensa en las relaciones sociales todo el tiempo (ese es nuestro “estado predeterminado”). ¿Quién soy? Soy el esposo de mi mujer, el padre de mi hija, el hijo de mis padres, el orientador de mis alumnos, el colega de mis pares, y así sucesivamente. Nos definimos en relación con otras personas de manera constante. Pareciera existir, además del sistema de las neuronas espejo, otro sistema neuronal en el cerebro –el sistema del estado predeterminado– que se ocupa tanto del yo como del otro, y en el cual el yo y el otro son interdependientes.¹⁵⁶ Si las neuronas espejo abordan los aspectos físicos del yo y

¹⁵⁶ Iacoboni, M., “Failure to deactivate in autism: The co-constitution of self and other”, *Trends Cogn Sci*, 10,

de los otros, considero que el sistema del estado predeterminado se consagra a aspectos más abstractos de la relación entre el yo y el otro: los papeles que desempeñan en la sociedad/comunidad a la que pertenecen.

Estoy convencido de que entender las conexiones fundamentales que existen entre el yo y el otro es esencial para entender cómo somos: mi argumento de “ambas caras de la moneda”. Las neuronas espejo son las células del cerebro que cierran la brecha entre el yo y el otro permitiendo cierto tipo de simulación o de imitación interna de las acciones de los demás. Nos resta tan sólo una pregunta básica: ¿y por qué extraña razón necesitamos simular?

11

La neurociencia existencialista y la sociedad

Las neuronas espejo entre nosotros

Dediqué la mayor parte de este libro a describir los detalles de las investigaciones empíricas sobre las neuronas espejo y las consecuencias que surgen de ellas. Hemos visto que las neuronas espejo del cerebro del mono se ocupan del control de ciertas acciones fundamentales para el “repertorio motor” del animal, tales como asir objetos, morder alimentos y realizar gestos faciales comunicativos. Asimismo, tienen la sorprendente propiedad de activarse cuando el mono está completamente quieto y sólo observa tales movimientos realizados por otra persona. Del mismo modo, las neuronas espejo responden a los sonidos asociados con acciones tales como partir un maní, aun cuando la acción no se vea. Las células espejo se activan aun cuando la acción está parcialmente oculta y pueden diferenciar entre dos movimientos prensiles idénticos que se realizan con distintas intenciones. En conjunto, estas células parecen “imitar”, en el cerebro del mono observador, las acciones y las intenciones de otros individuos.

Sobre la base de la investigación con los monos y en forma paralela, los datos de los seres humanos tomados de las imágenes cerebrales y de la estimulación magnética revelaron la existencia de un sistema de neuronas espejo que cumple las mismas funciones que el de los monos. Sin embargo, en los seres humanos, su papel en la imitación es aun más crítico porque la imitación es por completo fundamental para nuestra capacidad exponencialmente mayor de aprender y para transmitir la cultura. Asimismo, las áreas del cerebro humano que contienen neuronas espejo parecen importantes para la empatía, la conciencia de sí mismo y el lenguaje. Hemos trabajado con las neuronas espejo durante apenas quince años, pero ya hemos aprendido que es muy probable que estas células revistan una importancia vital para nuestra comprensión global del cerebro y de la mente humanos y, así, de nosotros mismos.

Todas estas repercusiones emanan del mecanismo “simple” por el que las neuronas espejo se activan no sólo durante nuestras propias acciones sino también al observar las mismas acciones realizadas por otros. El sistema de las neuronas espejo parece proyectar de manera interna (los psicoanalistas dirían “introyectar”) a aquellas otras personas en nuestro

2006, pp. 431-433; Uddin, L. Q., M. Iacoboni, C. Lange *et al.*, “The self and social cognition: The role of cortical midline structures and mirror neurons”, *Trends in Cognitive Science*, 11, 2007, pp. 153-157; Lieberman, M. D., “Social cognitive neuroscience: A review of core processes”, *Annual Review of Psychology*, 58, 2007, pp. 259-289.

propio cerebro. ¿Cuán asombrosos deberíamos considerar estos resultados? Uno de mis colaboradores, el neurocirujano Itzhak Fried, quien llevó a cabo el trabajo innovador con los electrodos profundos implantados en el cerebro de pacientes epilépticos que debían ser operados, me contó una anécdota en un encuentro al que ambos asistimos. Itzhak opera pacientes tanto en Los Ángeles como en Israel. Hace algunos veranos, cuando estaba en Israel, vio en televisión la presentación de un premio a un famoso actor israelí. Al recibirlo, el actor mencionó las neuronas espejo. Tal como Itzhak me contó la anécdota, el actor dijo que los neurocientíficos habían descubierto estas células en el cerebro que se activan cuando uno realiza una acción o hace una expresión facial, y también cuando uno observa que otra persona está realizando esa misma acción o haciendo esa misma expresión facial, con lo que describió lo básico, en otras palabras. Luego, destacó que, si bien para los neurocientíficos esta propiedad es extraordinaria, deberían habernos preguntado “¿a nosotros, los actores”, quienes hemos conocido – o, mejor dicho, “sentido”– todo el tiempo que debe haber algo como estas células en el cerebro. El actor continuó diciendo que cuando veía que alguien tenía una expresión de dolor, sentía el dolor de esa persona dentro de él.¹⁵⁷

Pensándolo bien, el actor israelí tiene toda la razón. En muchos casos, esta verdad parece casi obvia. Cuando nos miramos por dentro de modo introspectivo, hallamos esta percepción inmediata acerca de las acciones y emociones de los otros. Entonces, ¿por qué, para los neurocientíficos, las neuronas espejo fueron (y son) unas células tan extraordinarias? Creo que ello se retrotrae a los supuestos que analicé al comienzo del libro, supuestos que todos tendemos a tomar y que dictan la forma en la que vemos los fenómenos que observamos. La visión más dominante al pensar en la mente –al menos en la cultura occidental– se origina en una posición que proviene del filósofo francés Descartes y que considera que el punto de partida de la mente y del yo es el acto de pensar, solitario, privado e individual, el famoso *cogito* de la expresión *cogito ergo sum*. Algunos filósofos han sostenido que aceptar estas premisas genera todo tipo de conflictos, incluido el famoso problema de las otras mentes, que surgió en varios contextos aquí. No obstante, algunos otros filósofos, entre ellos Wittgenstein, algunos fenomenólogos existencialistas y ciertos filósofos japoneses, han cuestionado la idea de que el de las otras mentes es un problema difícil poniendo el énfasis en la inmediatez de nuestra percepción de los estados mentales de las otras personas. Recuerden el apotegma de Merleau-Ponty: “Vivo en la expresión facial del otro, como lo siento a él vivir en la mía”. Y ahora escuchemos a Wittgenstein: “Las emociones *se ven* [...]. No vemos contorsiones faciales y *luego inferimos* de ellas la alegría, la pena, el aburrimiento. Describimos de inmediato una cara como triste, radiante, aburrída, inclusive cuando no se es capaz de ofrecer ninguna otra descripción de los rasgos”.¹⁵⁸ Las neuronas espejo parecen explicar por qué y cómo Wittgenstein y los fenomenólogos existencialistas tenían razón.

En este capítulo final, me referiré a estas consecuencias teóricas más directas del descubrimiento de las neuronas espejo, de las cuales considero que dos son las principales. La primera tiene que ver con la intersubjetividad, que ya generó profusa literatura. La segunda consecuencia fue mucho menos analizada, pero estimo que puede ser incluso más importante. Tiene que ver con el papel de la neurociencia en la conformación y el cambio de nuestra sociedad para mejor.

¹⁵⁷ Un día le conté esta anécdota a Giacomo Rizzolatti, quien me dijo que había leído comentarios similares en el diario, en una entrevista a Peter Brook, el director de teatro mundialmente famoso. ¿Es esta anécdota otro meme con alta replicabilidad?

¹⁵⁸ Wittgenstein, L., *Remarks on the philosophy of psychology*, Oxford, Blackwell, 1980, vol. 2; Hobson, P. y M. Merleau-Ponty, *The primacy of perception*, Evanston, Northwestern University Press, 1964.

El problema de la intersubjetividad

La intersubjetividad, la capacidad de compartir significado entre las personas, siempre ha sido percibida como un problema por el cognitivismo clásico. En términos simples (muy simples, ya que se han dedicado extensos libros al tema): si tengo acceso sólo a mi propia mente, la cual constituye una entidad muy privada a la cual sólo yo puedo acceder de manera directa, ¿cómo es posible que entienda la mente de otras personas? ¿Cómo es posible que comparta el mundo con los demás, y cómo es posible que ellos compartan sus propios estados mentales conmigo?

Una solución clásica a este problema es un argumento tomado de la analogía, que reza lo siguiente: si yo analizo mi propia mente y su actividad en relación con mi propio cuerpo y sus acciones, me doy cuenta de que existen vínculos entre mi mente y mi cuerpo. Si estoy nervioso, quizás transpire, aunque no haga calor. Si algo me duele, es posible que grite. Muy bien. Ahora, tomo esta comprensión y miro a otra persona y encuentro una analogía entre *ese* cuerpo y el mío. Y, si tal analogía existe, puede haber una analogía con el cuerpo de la otra persona y con la mente de la otra persona. Así, si veo que la otra persona transpira cuando no hace calor, puedo llegar a la conclusión de que esa persona está nerviosa. Si veo que la otra persona grita, puedo llegar a la conclusión de que siente dolor. Por analogía, llego a la conclusión de que su comportamiento debe, de algún modo, ser la clave para entender sus emociones y qué sucede en su mente.

Si bien esta clase de analogía no me permite tener una certeza absoluta acerca de los estados mentales de los demás, y no me permite compartir sus sentimientos y experiencias, por cierto sí me permite llegar a la conclusión con una certeza razonable de que la mente de los otros es similar a la mía.

O al menos eso parece. El argumento ha sido muy criticado por algunos pensadores sobre la base de que esta forma de razonar acerca de los estados mentales de los demás es demasiado compleja para algo que, al parecer, logramos de modo tan natural, sin esfuerzo y con rapidez, todo el tiempo. De hecho, nos recuerda el enfoque deductivo sobre la comprensión de los estados mentales de los otros que propone la teoría de la teoría, tal como mencionamos en el capítulo 2.

Existe otra clase de crítica al argumento de la analogía que se menciona con menos frecuencia –pero que para mí es muy convincente– y que se refiere a la sobrestimación del autoconocimiento que implica el argumento. Tal como vimos en el capítulo 9, estamos en mucho menos contacto con nuestros propios procesos mentales que lo que creemos. Recuerden el fenómeno de la disociación traslacional que se analizó en el capítulo 9, o el experimento de la **ceguera de selección**, en el que los sujetos literalmente inventaban razones para explicar que habían elegido el rostro de una tarjeta porque les resultaba más atractivo que otro, aunque en rigor habían elegido uno diferente. ¿Cómo podemos utilizar nuestro entendimiento del yo como modelo para entender a los demás si tenemos un conocimiento tan limitado de nosotros mismos? Por lógica, no podríamos. Sin embargo, es claro que sí podemos, dado que predecimos y explicamos el comportamiento de los otros ininidad de veces, con éxito, todos los días. Debemos hacerlo a través de algún proceso que no sea el hacer inferencias sobre la base de una analogía abstracta entre nosotros y ellos.

Una última crítica al argumento de la analogía, que tampoco se menciona con gran frecuencia pero que sin dudas es convincente a la luz de lo que sabemos sobre las neuronas espejo, es la subestimación de la capacidad de acceder a la mente de los demás. Tal como

hemos visto, sin recurrir a ningún truco de magia, el cerebro es capaz de acceder a otra mente mediante los mecanismos neuronales del reflejo especular y la simulación.

“Simulación”: utilicé el término muchas veces para describir lo que sucede en el cerebro del observador de las acciones que realiza el otro, y se emplea con gran asiduidad en este campo, pero en el fondo no me gusta mucho. Para mí, la simulación implica cierto nivel de esfuerzo *consciente*, mientras que es muy probable que una gran cantidad de la actividad de las neuronas espejo refleje una forma de entender la mente de los demás que se asienta en la experiencia, y es prerreflexiva y automática. El padre de la fenomenología, Edmund Husserl, describió el fenómeno (sin hacer referencia a las neuronas espejo, claro está) como “acoplamiento”. Me gusta el término, si bien puede resultar demasiado fuerte porque implica que hay dos individuos que se transforman en una única entidad. Recuerden que en el capítulo 5 los datos que teníamos de la captura de imágenes cerebrales mostraban cómo el sentido de ser el agente de las propias acciones persistía –a “pesar” de las neuronas espejo– al incrementarse la respuesta que recibíamos de nuestro propio cuerpo. Recuerden asimismo que en el capítulo 7 los registros unitarios de los pacientes neurológicos revelaron una clase especial de neuronas espejo –las superneuronas espejo– que aumentan su tasa de activación durante las acciones del yo, pero que la disminuyen durante las acciones de los demás. Ambos mecanismos neuronales nos permiten representar de manera interna al yo y al otro con cierto nivel de independencia, aun cuando se estén reflejando de modo especular.

Por lo tanto, el papel de las neuronas espejo en la intersubjetividad puede describirse con más precisión al decir que permiten la interdependencia más que el puro “acoplamiento”. Hemos visto que, a través de las neuronas espejo, podemos entender las intenciones de los demás, y, así, predecir, aun de un modo prerreflexivo, su comportamiento futuro. La interdependencia entre el yo y el otro, que hacen posible las neuronas espejo, moldea las interacciones sociales entre las personas, donde el encuentro concreto entre el yo y el otro se vuelve el significado existencialista compartido que los conecta en profundidad.

Un nuevo existencialismo

A menudo termino mis conferencias sobre las neuronas espejo diciendo que nuestra investigación debería denominarse neurociencia existencialista. Y afirmo esto porque los temas que plantea la investigación sobre las neuronas espejo guardan relación con los temas recurrentes de la fenomenología existencialista. Los comentarios que recibo de los estudiantes y de mis pares tienden a ser muy positivos respecto de la parte fenomenológica de la ecuación, pero mucho menos de la parte existencialista. En mi opinión, el existencialismo tuvo mala prensa en su apogeo, en las décadas de 1940 y 1950, y aún la tiene hoy, quizás debido a su asociación con las ideas de terror y desesperanza. Los temas existencialistas en los que pienso en relación con la investigación sobre las neuronas espejo no tienen nada que ver con el terror y la desesperanza. Son optimistas y podrían ponerse al servicio de la construcción de una sociedad más empática y solidaria.¹⁵⁹

Por supuesto, la fenomenología guarda relación con la investigación sobre las neuronas espejo porque el único modo en que mis amigos de Parma pudieron hallar estas células fue sólo al “retrotraerse a las cosas mismas”. Incluso los teóricos que con más convicción sostenían la cercanía o la intimidad entre el yo y el otro nunca propusieron un fenómeno

¹⁵⁹ Benner, P., “The quest for control and the possibilities of care”, en Wrathall, M. y J. Malpas (eds.), *Heidegger, coping, and cognitive science: Essays in honor of Hubert L. Dreyfus*, Cambridge, MIT Press, 2000, vol. 2, pp. 293-309.

natural como el de las neuronas espejo. Resulta interesante notar que los científicos que habían tenido al menos una débil percepción del sistema de las neuronas espejo antes de que fuera descubierto son aquellos que, en general, no teorizan ni observan con pasividad, sino que construyen. La roboticista Maja Matarić de la University of Southern California (USC) me contó que, al intentar muy laboriosamente construir robots que aprendieran de la experiencia y que imitaran, había pensado en algo similar a las neuronas espejo. Otros roboticistas también tuvieron tales “fantasías” ingenieriles, que ahora parecen dar justo en el blanco.

Por otra parte, el existencialismo nos invita a abrazar el significado de este mundo, el mundo de nuestra experiencia, en vez de identificar el significado con un plano metafísico, fuera de nosotros mismos.¹⁶⁰ Las neuronas espejo son las células del cerebro que dotan a nuestra experiencia, mayormente constituida por interacciones con los demás, de profundo significado. Esta es la razón por la que denomino a la investigación sobre neuronas espejo una neurociencia existencialista especial. Tal definición puede parecer un oxímoron, dado que, desde el punto de vista tradicional, la dicotomía entre la filosofía analítica y continental (que incluye el existencialismo) asigna el pensamiento objetivo, hiperracional y científico a la escuela analítica, y la “cultura” poética, literaria o más generalmente artística, a la escuela continental y existencialista. Sin embargo, hay una lección que a esta altura deberíamos haber aprendido de las neuronas espejo: sospechar de las dicotomías rígidas (¿recuerdan la percepción y la acción?).¹⁶¹ Los existencialistas nos recordaron en forma constante que lo que vale la pena entender y conocer es nuestra existencia, la condición humana, y que el compromiso y la participación son superiores a una postura distante. Las neuronas espejo son células cerebrales que parecen especializarse en entender la condición existencialista y el compromiso con los demás. Muestran que no estamos solos, sino que estamos conectados desde el punto de vista biológico, y diseñados desde la perspectiva de la evolución para interconectarnos de modo profundo y mutuo.

Existe asimismo otro tema existencialista que se relaciona con las propiedades de las neuronas espejo. Se retrotrae a la persona que se considera el primerísimo pensador existencialista, Sören Kierkegaard. En *Temor y temblor*, Kierkegaard propuso que la existencia cobra sentido sólo a través del compromiso auténtico con lo finito y lo temporal, un compromiso que nos define. El eco neuronal entre el yo y el otro que posibilitan las neuronas espejo es, en mi opinión, la corporeización de tal compromiso. Nuestra neurobiología –nuestras neuronas espejo– nos comprometen con el otro. Las neuronas espejo muestran la forma más profunda que nos relaciona y nos permite entendernos entre nosotros: demuestran que estamos conectados desde el punto de vista de la empatía, lo que debería inspirarnos para moldear la sociedad y transformarla en un mejor sitio donde vivir.

La neurociencia y la sociedad¹⁶²

Cada vez que una persona se encuentra con otra, entre ellas comparten emociones e

¹⁶⁰ Heidegger, M., *Being and time*, Nueva York, Harper & Row, 1962; Sartre, J. P., *Being and nothingness: A phenomenological essay on ontology*, Nueva York, Citadel Press, 1943/1956.

¹⁶¹ En efecto, el filósofo Hubert Dreyfus, en el discurso que pronunció al asumir la presidencia de la división del Pacífico de la American Philosophical Society, destacó lo que considera incorrecto de la dicotomía analítica/continental y nos obligó a recordar por qué ambos “lados” de la filosofía son importantes. Dreyfus, H. L., “Overcoming the myth of the mental: How philosophers can profit from the phenomenology of everyday expertise”, APA Pacific Division Presidential Address, 2005.

¹⁶² La última sección del libro se basa, en parte, en la respuesta que brindé en el 2007 a la sección World Question, “¿Acerca de qué se siente optimista? ¿Por qué?”, de *Edge* (<www.edge.org>).

intenciones. Estamos unidos por una profunda interconexión en un nivel básico y prerreflexivo. Esto es algo que ahora sabemos y considero que este *hecho* es un punto de partida fundamental del comportamiento social que ha sido muy desatendido por una tradición analítica que hace hincapié en el comportamiento reflexivo y en las diferencias entre las personas. Por otra parte, hay otro hecho que nos mira directo a los ojos: un mundo atroz, literalmente –lleno de atrocidad todos los días– y ello, a pesar de una neurobiología con las conexiones armadas para la empatía y preparada para el reflejo especular y la capacidad de compartir significado. ¿Por qué?

En mi opinión, ello se debe a tres factores principales. En primer lugar, hemos visto en el fenómeno de la violencia imitativa que los mismos mecanismos neurobiológicos que facilitan la empatía pueden producir, en circunstancias y contextos específicos, un comportamiento opuesto al empático. En estos momentos esto es más que nada una hipótesis, pero muy potente. Si se confirma, este hecho neurocientífico debería sustentar la elaboración de políticas. ¿Lo hará? Lo dudo, por dos razones. La primera es que nuestra sociedad dista mucho de estar preparada para que los datos científicos guíen las políticas, en especial en casos tales como los de la violencia imitativa, que implica una relación intrincada entre los intereses financieros y la libertad de expresión. Es un arduo tema político sin respuestas sencillas, y no creo que ayude limitar a la ciencia en general, ni a la neurociencia en particular, a la torre de marfil y al mercado: los descubrimientos se aplican sólo a los tratamientos farmacológicos en desarrollo destinados a las enfermedades neurológicas, rara vez para mejorar el bienestar de la sociedad en su conjunto. Me gustaría ver al menos un debate abierto acerca de la postura de que los descubrimientos neurocientíficos podrían y deberían en realidad ser fuente de información para la elaboración de políticas. Este tipo de ideas no está muy difundido en la actualidad, y creo que lo necesitamos.

La segunda razón por la que existe resistencia a la idea de que la neurociencia afecte la política tiene que ver con la amenaza percibida hacia nuestra noción de libre albedrío que sin dudas está vinculada con el argumento de la violencia imitativa. La investigación sobre las neuronas espejo implica que nuestro carácter gregario –quizás el mayor logro de los seres humanos– es también un factor que limita nuestra autonomía en tanto individuos. Se trata de una modificación enorme de creencias de larga data. Desde el punto de vista tradicional, el determinismo biológico del comportamiento individual se confronta con la visión de que los humanos son capaces de ir más allá de su propio carácter biológico para definirse a través de sus ideas y códigos sociales. No obstante, la investigación sobre las neuronas espejo sugiere que los códigos sociales están dictados, en gran medida, por nuestra biología. ¿Qué deberíamos hacer con este nuevo conocimiento? ¿Negarlo porque es difícil de aceptar? ¿O utilizarlo para nutrir las políticas y mejorar la sociedad? Sin ninguna duda, yo voto por lo segundo.

El segundo factor que redujo el efecto benéfico de nuestra fuerza neurobiológica fundamental para entender y tener empatía con el otro es el “nivel” en el que tal fuerza neurobiológica exhibe su mejor desempeño. No debemos olvidar que las neuronas espejo son neuronas premotoras y, por lo tanto, células que en realidad no se ocupan del comportamiento reflexivo. De hecho, los comportamientos especulares tales como el efecto camaleón parecen ser implícitos, automáticos y prerreflexivos. Mientras tanto, la sociedad, de manera indiscutible, está construida sobre la base de un discurso explícito, deliberado, reflexivo. Los procesos mentales implícitos y explícitos rara vez interactúan; en realidad, hasta pueden disociarse. Sin embargo, el descubrimiento neurocientífico de las neuronas espejo ha puesto al descubierto los mecanismos neurobiológicos prerreflexivos del reflejo especular ante nuestro nivel reflexivo de comprensión de los otros. Espero que

este libro sea bienvenido a la palestra. Al parecer, la gente tiene de por sí una comprensión intuitiva del modo como funcionan los mecanismos neuronales del reflejo especular. Cuando toman conocimiento de esta investigación, toman conciencia, al menos en mi experiencia. Por fin pueden articular lo que ya “sabían” desde una perspectiva prerreflexiva. De hecho, el empleo en el lenguaje corriente de la expresión “ser movido” a un estado revela este nivel prerreflexivo de comprensión de las raíces de la empatía. La gente dice que es movida a la tristeza cuando mira una película lacrimógena; es movida a la alegría cuando un hijo patea un penal y hace un gol, y lo festeja. En cierto sentido literal, estas personas son verdaderamente movidas. Existe una especie de contacto físico cuando orquestan movimientos en la mente al observar a otro. Las personas parecen tener la *intuición* de que “ser movido” es la base de la empatía y, luego, de la moralidad. Albergó la esperanza de que el discurso deliberado y reflexivo que moldea la sociedad, en algún momento, tenga en cuenta un nivel más explícito de comprensión de nuestra naturaleza empática.

El tercer factor que inhibe lo que debería ser un impacto positivo del sistema especular se relaciona con los potentes efectos *locales* del reflejo especular y de la imitación en la conformación de una variedad de culturas humanas que, a menudo, no están interconectadas entre sí y que, por lo tanto, terminan chocando, tal como vemos con tanta frecuencia estos días, en todo el mundo. Dentro de la tradición de la fenomenología existencialista, se hace mucho énfasis en la imitación de las tradiciones locales en tanto poderoso elemento para dar forma al individuo.¹⁶³ Nos volvemos herederos de tradiciones comunitarias. ¿Quién podría dudarlo? Sin embargo, los fuertes mecanismos neurobiológicos del reflejo especular que posibilitan esta asimilación de tradiciones locales también podrían *revelar* otras culturas en la medida en que tales encuentros sean de verdad posibles. En su lugar, vemos exactamente lo contrario. Se hace imposible generar un verdadero encuentro intercultural debido a la influencia de masivos sistemas de creencias – religiosas y políticas– que niegan de manera continua la neurobiología fundamental que nos interrelaciona.¹⁶⁴

En mi opinión, estamos en un punto en el que los resultados de la neurociencia pueden ejercer una influencia significativa en la sociedad y en nuestra comprensión de nosotros mismos, y cambiarlas. Ya es tiempo de considerar esta opción con seriedad. Lo que sabemos acerca de los potentes mecanismos neurobiológicos que subyacen el carácter gregario del ser humano nos brinda un invaluable recurso para ayudarnos a determinar de qué modo disminuir el comportamiento violento, aumentar la empatía, y abrirnos a otras culturas sin olvidar la propia. Hemos evolucionado para conectarnos en un nivel profundo con otros seres humanos. Nuestra conciencia de esta realidad puede y debe acercarnos aun más.

Libros Tauro

<http://www.LibrosTauro.com.ar>

¹⁶³ Heidegger, M., *Being and time*; Zahavi, D., “Beyond empathy”, *Journal of Consciousness Studies*, 8, 2001, pp. 151-167.

¹⁶⁴ Olson, G., “Hard-wired for moral politics: Neuroscience and empathy”, *ZNet* (<www.zmag.org>), 20 de mayo de 2007; Amin, A., “From ethnicity to empathy: A new idea of Europe”, *openDemocracy* (<www.opendemocracy.net>), 23 de julio de 2003, p. 292.