

# Dinámica de la semántica corporeizada

# 6

A. M. García, A. Birba, B. Kogan y M. Díaz Rivera



## RESUMEN

Desde la óptica de la cognición corporeizada, el procesamiento semántico implica reactivar redes cerebrales especializadas (no primariamente lingüísticas) que sustentan nuestras experiencias en el entorno. Dicha perspectiva, ya incorporada en múltiples modelos neurolingüísticos, motiva nuevas preguntas sobre la dinámica de los mecanismos involucrados, focalizadas en su temporalidad, perdurabilidad, adaptabilidad y vulnerabilidad. Este capítulo describe los principales hallazgos al respecto, con base en métodos comportamentales, neuropsicológicos, neuroanatómicos, hemodinámicos, magnetoencefalográficos, electroencefalográficos e intracraneales. La evidencia sugiere que las reactivaciones sensoriomotrices inducidas por el lenguaje son: (a) primarias y extendidas durante el fluir temporal del significado; (b) perdurables, es decir, que sirven de anclaje para el aprendizaje verbal a lo largo de la vida; (c) susceptibles de reconfiguración según nuestras vivencias individuales; y (d) vulnerables de modo selectivo ante diversas alteraciones cerebrales. De tales conclusiones se desprenden implicaciones teóricas (para el refinamiento de modelos neurolingüísticos actuales), educativas (en tanto promueven innovaciones para la enseñanza de idiomas) y clínicas (de cara a la búsqueda de marcadores tempranos de enfermedades neurodegenerativas). Estas precisiones constituyen un faro no solo para guiar el desarrollo del área, sino también para comprender los vínculos lingüístico-biológicos que nos identifican como especie.

## INTRODUCCIÓN

Diversos modelos neurolingüísticos proponen que el procesamiento semántico implica interacciones entre dos tipos de sistemas cerebrales. Por un lado, los sistemas multimodales, asociados principalmente al lóbulo temporal anterior<sup>1</sup> y la circunvolución angular,<sup>2</sup> participan de procesos conceptuales generales independientemente del significado de las palabras y la tarea realizada. Por otro lado, los sistemas corporeizados (SC), enraizados en circuitos de modalidad específica a lo largo del cerebro, se activan de modo diferencial según las expe-

riencias dominantes evocadas por las palabras.<sup>3</sup> Así, por ejemplo, los verbos que denotan movimientos corporales y los sustantivos que se refieren a partes del rostro suponen reactivaciones específicas de circuitos clave para la realización de acciones<sup>4</sup> y el reconocimiento facial,<sup>5</sup> respectivamente.

El estudio de los SC ha sido fundamental para el desarrollo contemporáneo de la neurosemántica (a saber, el estudio de las bases cerebrales del significado). En particular, su caracterización puso en jaque a varias concepciones dominantes que reducían el procesamiento conceptual a la manipulación de símbolos abs-

tractos, amodales e independientes de la organización y el quehacer del organismo humano.<sup>6</sup> A pesar de alguna resistencia por parte de corrientes modularistas, la existencia y relevancia de los SC ya no es materia de debate. En efecto, diversos modelos de peso, centrados en aspectos neurocognitivos y comportamentales de pacientes con daño cerebral<sup>7</sup> y sujetos sanos,<sup>3,8</sup> reconocen que la comprensión del lenguaje, más allá del rol de los sistemas multimodales, depende fundamentalmente de los SC. Sin embargo, el estudio de estos últimos se enfrenta a una nueva agenda signada por preguntas en torno a la *temporalidad*, la *perdurabilidad*, la *adaptabilidad* y la *vulnerabilidad* de los mecanismos involucrados.

La primera pregunta, sobre la temporalidad, supone un acercamiento cronométrico al fluir del significado. *¿Será que la reactivación de experiencias corporales, en virtud de los SC, constituye un fenómeno germinal durante el procesamiento semántico, o se tratará de un efecto secundario y epifenoménico?* El segundo interrogante implica una visión ontogenética. *¿Los SC solo cumplen un papel importante para incorporar palabras durante la infancia o su rol como andamiaje semántico de nuevas palabras perdura a lo largo de la vida?* Un tercer campo apunta a la adaptabilidad experiencial de estos mecanismos. Si los SC dependen de nuestra interacción situada en el entorno, *¿cómo se moldean en función de la competencia lingüística, la formación atlética o el entrenamiento en tareas particulares?* Finalmente, han surgido nuevos planteamientos sobre la alteración de los SC en pacientes con cuadros neurológicos. *¿Puede que la disrupción de regiones cerebrales particulares (por ejemplo, circuitos motores) genere déficits selectivos en dominios semánticos de modalidad específica (por ejemplo, verbos de acción)?* Y si así fuera, *¿qué avenidas traslacionales podrían delinearse?*

El presente capítulo responde a estas preguntas para propiciar una visión dinámica de los SC en el procesamiento semántico. En las secciones siguientes se abordarán cada uno de los puntos, integrando evidencia comportamental, neuropsicológica, neuroanatómica, hemodinámica, electrofisiológica, electromagnética

y neuromodulatoria (**Tabla 6-1**), asociada al desempeño en diversas tareas (**Cuadro 6-1**). En la sección *Consecuencias y desafíos* se consignan las implicaciones teóricas y aplicadas de tales resultados, a la vez que se delinean los principales desafíos del campo. En la sección final, *Conclusiones*, se sintetizan las principales argumentaciones, destacando su contribución al conocimiento de la neurocognición humana. En suma, este texto brinda una mirada actualizada sobre diversas aristas dinámicas de los SC como pilares centrales de nuestro acervo lingüístico y comunicativo.

## UBICUIDAD TEMPORAL DE LOS SISTEMAS CORPOREIZADOS

El primer tópico para considerar versa sobre la dinámica temporal de las reactivaciones corporeizadas. Esta agenda de investigación busca entender en qué microescalas temporales participan los SC del procesamiento semántico. El debate central<sup>4,5</sup> apunta a dilucidar si los fenómenos corporeizados son rápidos y primarios (constitutivos del acceso semántico) o tardíos y secundarios (epifenómenos de otras operaciones, posiblemente, multimodales, que tendrían la potestad sobre el acceso semántico).

El punto de corte propuesto para determinar si una reactivación corporeizada es primaria o epifenoménica es  $\sim 200$  ms.<sup>9</sup> Este umbral responde a principios de la propagación eléctrica entre grupos neuronales. Desde la aparición de una palabra, el acceso a la información subléxica en las cortezas auditiva o visual primarias se da en un intervalo de  $\sim 20$  a  $\sim 90$  ms, con activación parcialmente paralela de procesos lexicales ( $\sim 100$  ms), limitada por el retraso de conducción axonal entre áreas corticales distantes ( $\sim 10$ - $50$  ms). Los efectos semánticos más tempranos suelen producirse poco después, en una ventana de  $\sim 120$ - $200$  ms.<sup>9</sup> Por ende, se ha propuesto que los efectos semánticos observados después de los  $200$ - $250$  ms serían postconceptuales, secundarios a la inceptión misma del significado. En cambio, un efecto semántico dentro de los  $\sim 200$  ms (a saber, apenas unos  $\sim 30$ - $50$  ms después del acceso léxico), difícil-

**Tabla 6-1. Principales tipos de evidencia en el estudio de los sistemas corporeizados**

Tipo de evidencia	Principales técnicas	Medidas clave	Hallazgos destacados*
Comportamental	Pruebas conductuales	Aciertos, precisión y tiempos de respuesta	Los movimientos corporales se ven afectados por el procesamiento de verbos de acción
Neuropsicológica	Pruebas clínicas y conductuales	MBV, MBS, trazado manual de la lesión	Los pacientes con trastornos del movimiento presentan déficits distintivos en el procesamiento de verbos de acción
Neuroanatómica	Resonancia magnética	Concentración de oxígeno en sangre	La atrofia de circuitos motores se correlaciona con alteraciones durante el procesamiento de verbos de acción
Hemodinámica	Resonancia magnética funcional	Cambios en la actividad eléctrica cerebral	Diversas regiones motoras presentan aumentos de actividad durante el procesamiento de verbos de acción
Electrofisiológica	Electroencefalografía, registros intracraneales	Campos magnéticos generados por la actividad eléctrica cerebral	El procesamiento de verbos de acción implica más conectividad funcional entre electrodos sensibles a la actividad motora
Electromagnética	Magnetoencefalografía	Precisión y tiempo de respuesta al estimularse una región cerebral	Durante el procesamiento de verbos de acción, la corteza motora primaria modula su actividad antes que las regiones multimodales
Neuromodulatoria	Estimulación magnética transcraneal, estimulación transcraneal por corriente directa		La estimulación de regiones motoras influye selectivamente en el procesamiento de verbos de acción

\*Los resultados se refieren exclusivamente al estudio de verbos de acción, a saber, unidades lingüísticas que denotan movimientos corporales. Este es el dominio más estudiado en el campo. MBS: morfometría basada en superficies; MBV: morfometría basada en vóxeles.

### Cuadro 6-1. Algunos paradigmas experimentales en el estudio de sistemas corporeizados

**Tareas de decisión léxica.** Los participantes deben decidir si los estímulos que ven en una pantalla son palabras reales (por ejemplo, *agarrar*) o pseudopalabras (por ejemplo, *tomur*) mediante un movimiento manual (por ejemplo, la presión de una tecla). La clave radica en los tipos de palabras reales que se presentan. Por ejemplo, puede haber verbos de acción y verbos abstractos para explorar si los primeros activan circuitos motores de modo diferencial o afectan al movimiento físico cuando se ejecuta la respuesta. También pueden emplearse distintos tipos de verbos de acción, como verbos manuales y no manuales, lo cual permite ver si los efectos anteriores se dan de modo somatotópico o con especificidad de efector (Fig. C6-1). Las tareas de decisión léxica son ejemplos de tareas semánticas implícitas, dado que si bien la manipulación clave de la tarea es de naturaleza semántica, el participante puede responder focalizando su atención en aspectos léxicos (no estrictamente semánticos) de los estímulos.

**Tareas de decisión semántica.** Los participantes deben emitir un juicio asociado al significado de las palabras (por ejemplo, decidir, mediante la presión de una tecla, si los verbos presentados implican movimiento físico o no). Algunas variantes de estas tareas manipulan la congruencia entre la direccionalidad de una acción y un concepto (por ejemplo, responder realizando un movimiento *hacia delante* o *hacia atrás* frente a la palabra *empujar*).

**Tareas de denominación de imágenes.** Los sujetos deben nombrar los dibujos presentados lo más rápido que puedan. Dichas imágenes pueden representar acciones (por ejemplo, una pareja que baila) u objetos (por ejemplo, un iglú). Esto permite evaluar, por ejemplo, si el acceso a conceptos de acción se ve afectado selectivamente en personas con trastornos motores.

**Tareas con textos naturalistas.** Los participantes escuchan o leen narrativas de acción (con énfasis en movimientos corporales) y neutras (con foco en procesos no físicos de los personajes). En algunos estudios se compara la modulación de mecanismos cerebrales motores entre ambas condiciones. En otros, se evalúa si los textos de acción arrojan déficits selectivos en personas con trastornos motores. En otros, se compara la comprensión de cada texto antes y después de un entrenamiento corporal. En otros, se evalúa si la estimulación de circuitos motores afecta selectivamente la comprensión de los textos de acción.

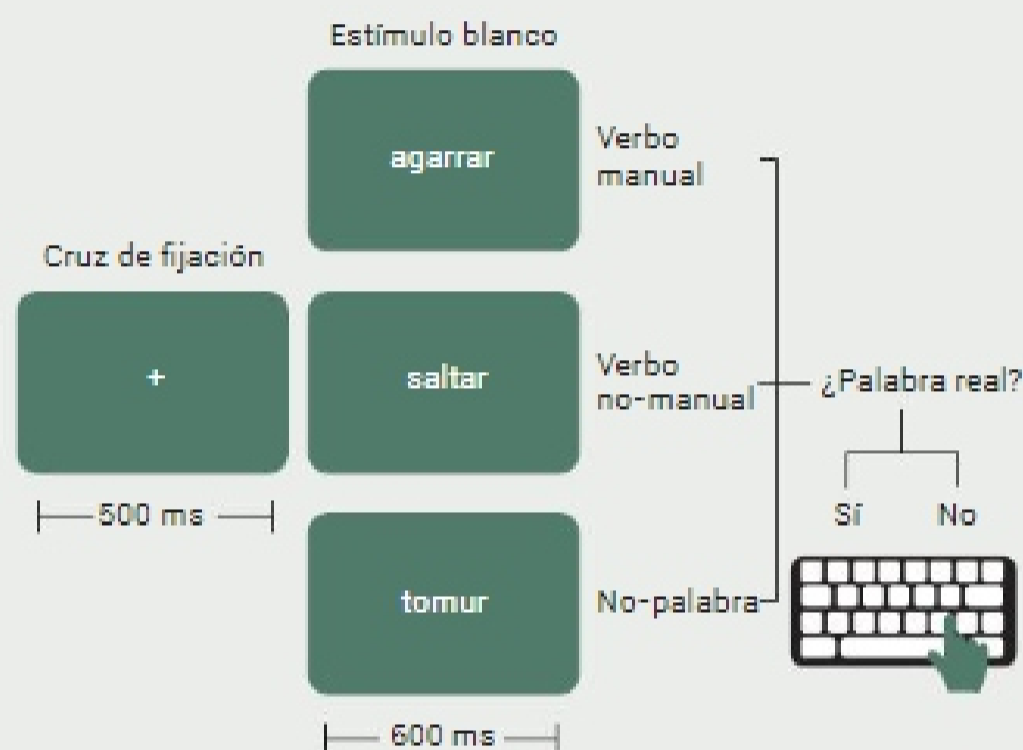


Figura C6-1. Estructura de una tarea de decisión léxica.

mente pueda considerarse postconceptual. Si, además, dicha modulación se produce en un área de modalidad específica (por ejemplo, la corteza motora primaria) para palabras que aluden la misma modalidad (por ejemplo, verbos de acción), podrá sostenerse que los SC cumplen un papel seminal en la comprensión lingüística.

Diversos estudios han demostrado que los efectos corporeizados pueden surgir tardíamente. Por ejemplo, durante tareas semánticas implícitas,<sup>10</sup> la actividad de la corteza motora

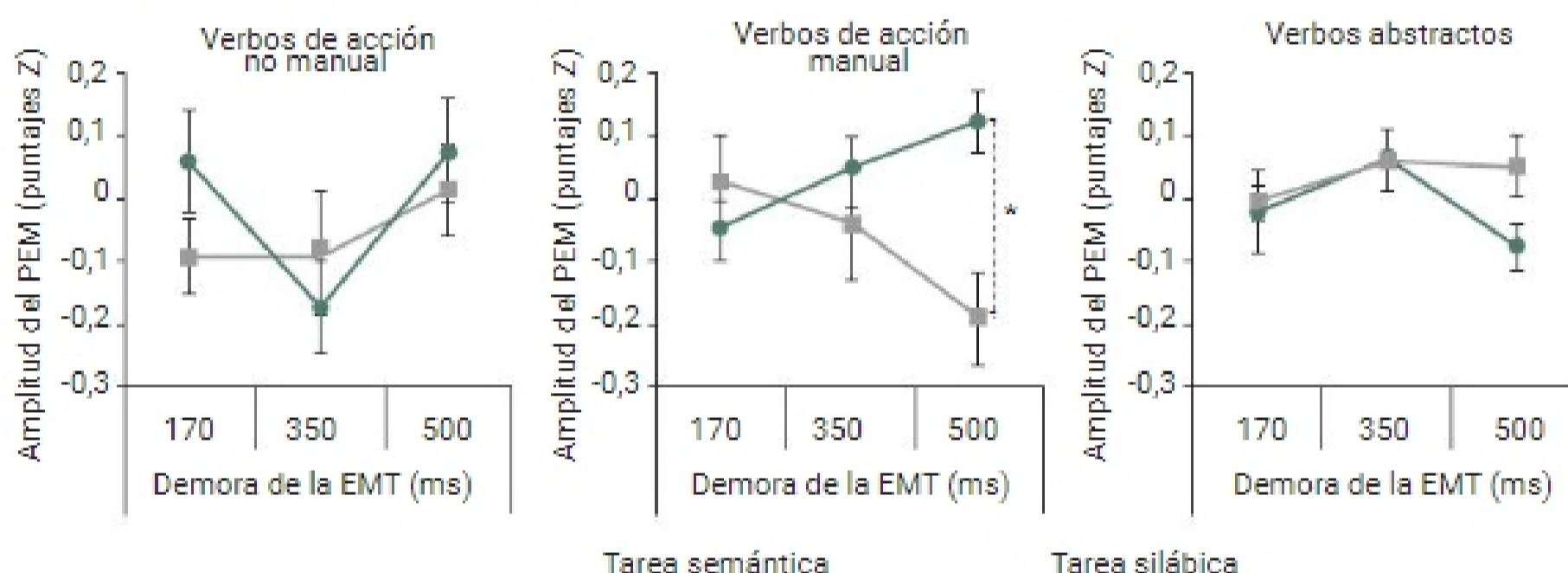
aumenta diferencialmente cuando se aplica estimulación magnética transcraneal sobre dicha región 500 ms después de presentarse un verbo de acción (Fig. 6-1 A). Asimismo, los sustantivos y verbos que evocan acciones (por ejemplo, *giro* o *sacudir*), en comparación con aquellos que evocan experiencias sensoriales (por ejemplo, *rayo* o *brillar*), entrañan mayores modulaciones tardías (~500 ms) de PRE sobre topografías frontales asociadas a actividad motora.<sup>5,11</sup> Este tipo de evidencia ha llevado a diversos autores a afirmar que los procesos corporeizados

no pueden ser primarios. En este sentido, Papeo *et al.* (2010: 1; trad. nuestra) sostienen que “el procesamiento léxico-semántico de los verbos de acción no activa automáticamente la corteza motora primaria. Esta área, por el contrario, parece participar de procesos postconceptuales”.<sup>10</sup> Aun más contundente es la posición de Bedny y Caramazza (2011: 92; trad. y énfasis nuestros), quienes consideran que “la comprensión de la

palabra “correr” *se produce* en sistemas neurales multimodales”.<sup>6</sup>

Sin embargo, estos juicios pueden parecer apresurados o, al menos, parciales. Sucede que la detección de efectos corporeizados tardíos no excluye la presencia de efectos similares en ventanas más tempranas. De hecho, existe sobrada evidencia de efectos corporeizados por debajo de los -200 ms después de la presen-

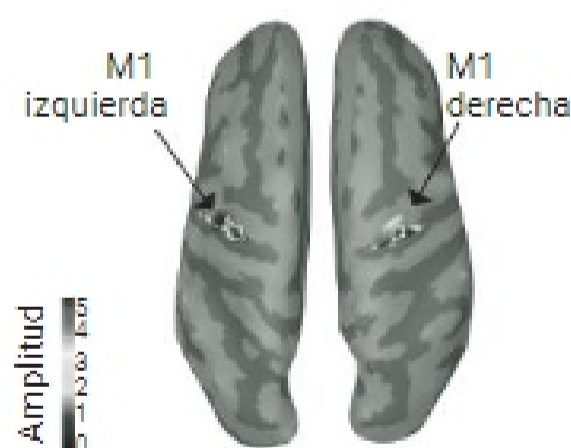
### A. Reactivación corporeizada tardía



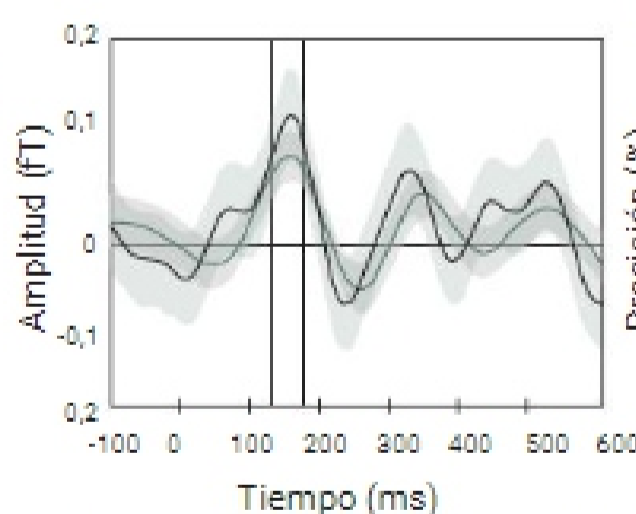
### B. Reactivación corporeizada temprana

#### Nivel de fuente en M1

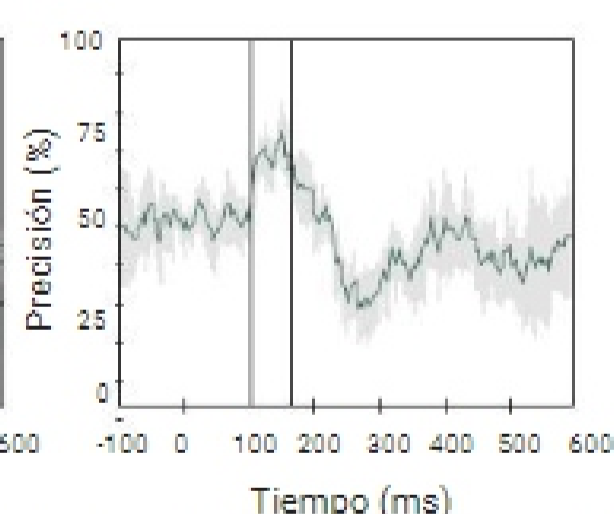
##### 1. Región de interés



##### 2. Diferencias de amplitud



##### 3. Clasificación mediante MVS



**Figura 6-1.** Ubicuidad temporal de los sistemas corporeizados. **A.** Modulación de la amplitud del potencial evocado motor (PEM), según la demora de la estimulación de la corteza motora primaria tras la presentación de verbos. Se observa una modulación negativa del PEM solo para una tarea semántica implícita (recuento de sílabas) en verbos de acción manual 500 ms después de la estimulación. **B.** Picos de modulación y clasificación tempranos ( $\approx 130$ -190 ms) en la corteza motora primaria durante el procesamiento implícito de verbos de acción en comparación con verbos abstractos. EMT: estimulación magnética transcraneana; LTA: lóbulo temporal anterior; M1: corteza motora primaria; MVS: máquinas de vector soporte; PEM: potencial evocado motor; RDI: región de interés. El panel A se ha extraído del estudio Papeo L, Vallesi A, Isaja A, Rumiati RI. Effects of TMS on different stages of motor and non-motor verb processing in the primary motor cortex. *PloS one*. 2009;4(2):e4508. Reproducción autorizada por la licencia *Creative Commons Attribution*. El panel B se ha extraído del estudio García *et al.*<sup>6</sup> Reproducción autorizada según los términos de la licencia *Creative Commons CC-BY*.

tación de determinados estímulos verbales. Varios estudios con MEG demostraron activación temprana diferencial para verbos de acción en regiones motoras entre  $-80$  y  $-200$  ms<sup>4</sup> (Fig. 6-1 B). En algunos casos, tales patrones incluso presentan una distribución de activación parcialmente somatotópica –por ejemplo, mayor modulación del área manual de la corteza motora para verbos manuales.<sup>9</sup> Asimismo, las palabras que evocan sonidos (por ejemplo, *campana*) modulan la actividad en la corteza auditiva primaria entre los  $-150$  y  $200$  ms,<sup>12</sup> y los marcadores de negación (por ejemplo, *no*) modulan marcadores tempranos ( $-150$  ms) de inhibición motora.<sup>13</sup> Además, mediante registros electroencefalográficos obtenidos desde el interior de circuitos de procesamiento facial (como el giro fusiforme derecho), se documentó una mayor modulación para sustantivos faciales (por ejemplo, *nariz*) que para sustantivos no faciales (por ejemplo, *brazo*) desde los  $-100$  ms.<sup>5</sup>

Considerando estos resultados, parece sensato reconocer que los SC pueden cumplir roles primarios y secundarios durante la aparición del significado. A diferencia de las visiones radicales que atribuyen la totalidad de la comprensión humana a reactivaciones corporeizadas<sup>14</sup> y de aquellas que sostienen que tales reactivaciones son solo epifenoménicas,<sup>6,10</sup> abonamos una perspectiva amplia que reconoce su ubicuidad temporal. La simulación de experiencias de modalidad preferencial evocadas por las palabras puede ser tanto germinal como postconceptual durante el procesamiento semántico, posiblemente, según las características del material verbal en cuestión o de las condiciones de la tarea realizada. He ahí un claro ejemplo del dinamismo de los SC en la construcción del significado.

### PERDURABILIDAD ONTOGENÉTICA DE LOS SISTEMAS CORPOREIZADOS

Un segundo interrogante se ciñe sobre la perdurabilidad de los SC. En su mayoría, la evidencia proviene de evaluaciones en lengua materna (L1). Una L1 está presente a lo lar-

go de la primera infancia, periodo madurativo óptimo para adquirir habilidades verbales de modo incidental y esencial para explorar y desarrollar capacidades sensoriomotrices. De hecho, diversos modelos apuntalan la vital importancia de la exposición temprana para que las nuevas palabras se enraícen en mecanismos corporeizados.

Sin embargo, ello no implica que los SC sean superfluos para aprender palabras más tardíamente. Aquí resulta muy relevante la investigación de procesos corporeizados en lenguas extranjeras (L2), aprendidas después de los siete años y en lenguas desconocidas/artificiales aprendidas por adultos.<sup>15</sup> Si bien las lenguas incorporadas tardíamente, en comparación con la L1, entrañan un reclutamiento diferencial de ciertos sistemas neurocognitivos, como mecanismos procedurales y declarativos,<sup>16</sup> la evidencia indica que sus unidades léxicas también se enraízan en SC.

Diversos estudios indican que el procesamiento de palabras de acción en L2 tardías puede interferir con movimientos de efector específico. Por ejemplo, durante tareas en L2, las respuestas manuales son más lentas cuando se procesan sustantivos manipulables en comparación con sustantivos no manipulables.<sup>17</sup> Asimismo, las preposiciones espaciales en L2, como *über* (por encima de) y *unter* (debajo de) en hablantes no nativos de alemán, pueden facilitar movimientos corporales congruentes ascendentes y descendentes.<sup>18</sup> Además, en comparación con verbos abstractos, la lectura pasiva de verbos de acción en L2 entraña mayor activación en áreas motoras y somatosensoriales.<sup>19</sup> Dado que estos mismos efectos constituyen demostraciones canónicas de fenómenos corporeizados en L1,<sup>8</sup> la exposición temprana no parecería ser necesaria para que una nueva palabra se ancle en ellos.

Más aún, los SC pueden ponerse al servicio de palabras nuevas después de breves períodos de contacto con ellas. De hecho, en personas adultas, su aprendizaje se ve potenciado después de unas ocho horas de exposición acompañada por la realización de gestos congruentes.<sup>20</sup> Además, cumplida esa breve exposición con

apoyo gestual, su procesamiento ulterior conlleva aumentos diferenciales de activación en áreas motoras, premotoras, y sensoriomotrices (Fig. 6-2 A).<sup>20</sup> Estos efectos veloces en adultos también se manifiestan cuando las nuevas palabras se incorporan durante la observación de acciones ajenas.<sup>15</sup> Cabe señalar que dichos efectos también son duraderos. En particular, las ventajas de consolidación léxica inducidas por la ejecución u observación de gestos congruentes perduran cuando las personas vuelven a ser evaluadas después de 28, 60, 180 e incluso 444 días (Fig. 6-2 B).<sup>15</sup>

Podría parecer que tanto las palabras incorporadas tardíamente como las propias de una L1 arrojan efectos corporeizados similares. Sin embargo, no siempre se advierte esta similitud. Algunos estudios neurofisiológicos han demostrado que los efectos corporeizados en L2 tardías pueden ser más débiles o menos distribuidos, manifestarse únicamente en bilingües de alta competencia y modularse según el grado de consolidación de la L2.<sup>15</sup>

Adviértase que, en el caso de personas bilingües, los efectos corporeizados tardíos podrían estar influenciados por dinámicas interlingüísticas. Por ejemplo, Vukovic y Willimas (2014) encontraron efectos de corporización solo para palabras homófonas entre la L2 y la L1 (es decir, las que entrañan un solapamiento subléxico entre lenguas, como *cookie* (/kuki/), en inglés, y *koek* (/kuk/), en holandés).<sup>21</sup> Asimismo, los efectos de corporización inducidos por preposiciones espaciales en L2 se maximizan cuando la L1 emplea preposiciones con asociaciones espaciales similares.<sup>18</sup> Esto sugiere que, en algunos casos, los SC reclutados por palabras incorporadas tardíamente podrían verse mediados por la coactivación implícita de información léxico-semántica en L1.

En síntesis, el aprendizaje y procesamiento de palabras no requieren forzosamente una exposición temprana para poner en juego circuitos corporeizados. La evidencia sugiere que dichos circuitos cumplen un rol fundamental para el aprendizaje de nuevos términos a lo largo del ciclo vital. Así, una visión dinámica de los SC debe captar su perdurabilidad ontogenética.

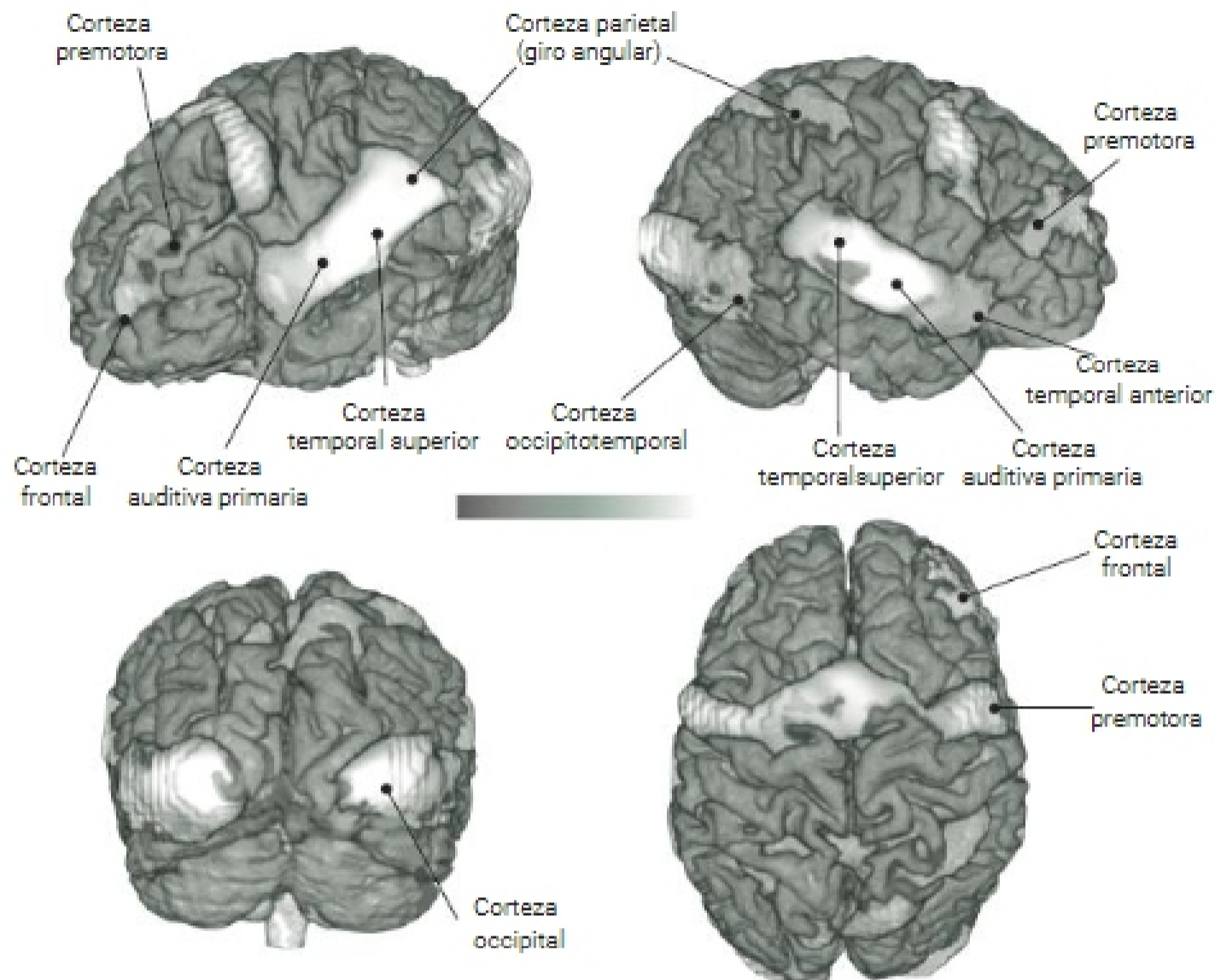
## ADAPTABILIDAD EXPERIENCIAL DE LOS SISTEMAS CORPOREIZADOS

Una perspectiva dinámica de los SC también debe describir cómo cambian según la coyuntura individual. La idea de que las vivencias personales pueden reconfigurar sistemas neurolingüísticos está bien documentada. Por ejemplo, los intérpretes simultáneos presentan adaptaciones neurofisiológicas específicas durante tareas de traducción.<sup>22</sup> Asimismo, el desarrollo de habilidades de habla inversa entraña particularidades anatomofuncionales en regiones y redes implicadas en procesos fonológicos, visuales y de dominio general.<sup>23</sup> De modo análogo, parece que las experiencias y situaciones a las que nos exponemos sostenidamente pueden moldear nuestros mecanismos semánticos de modalidad específica.

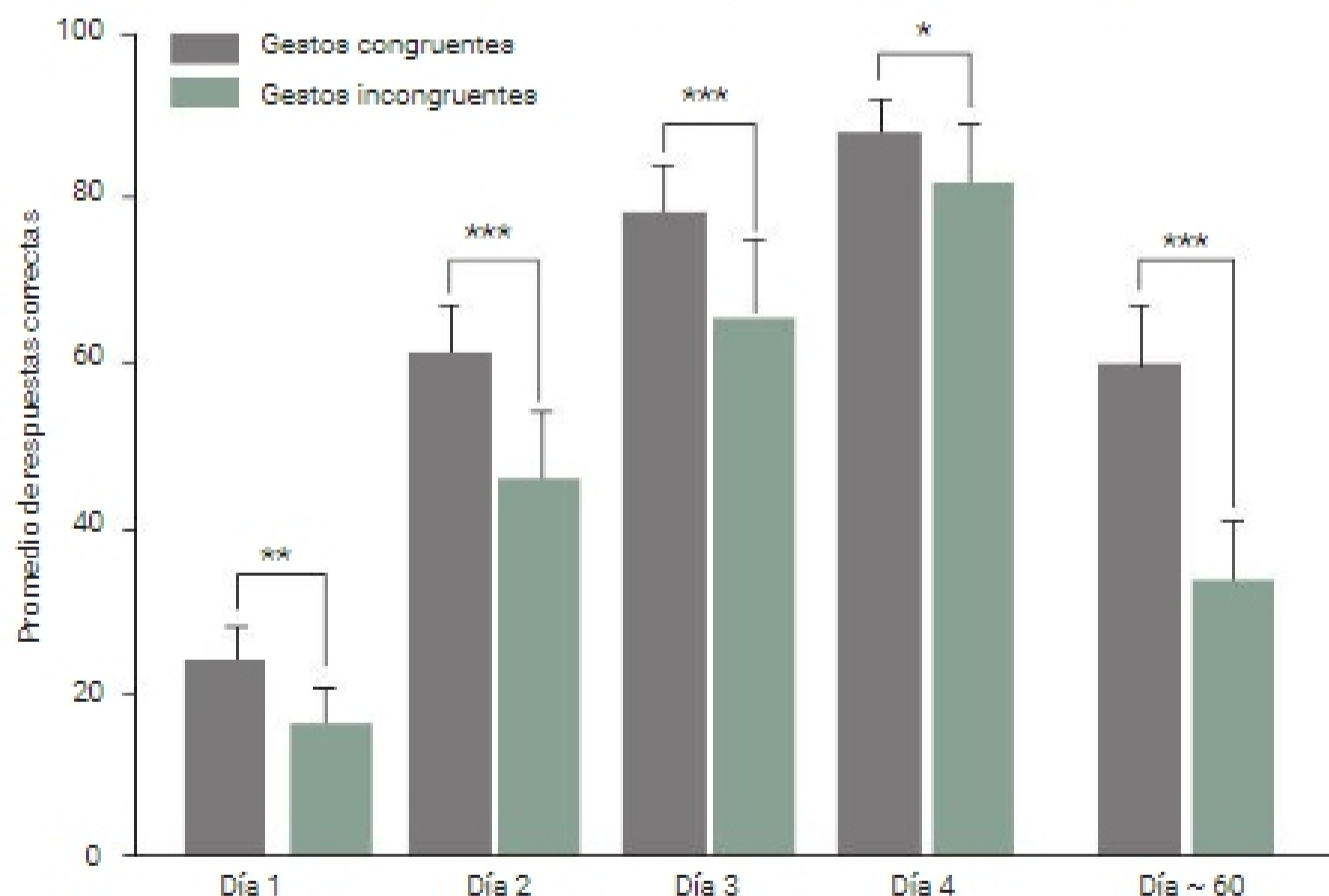
Primero, los SC son sensibles a la experiencia lingüística. Esto está documentado en estudios con bilingües que varían en su nivel de competencia en L2. Por ejemplo, el procesamiento de palabras de acción en L2 (por ejemplo, *aplaudir*) puede ralentizar los movimientos de miembros congruentes (por ejemplo, las manos) y aumentar la amplitud del componente N400 ante gestos incongruentes, pero solo si se poseen habilidades elevadas en dicha lengua.<sup>15</sup> Más aun, durante la lectura de textos de acción en L2, la conectividad funcional entre mecanismos motores aumenta según lo eficiente y tempranamente que se incorporó ese idioma (Fig. 6-3 A).<sup>24</sup> Así, el grado de consolidación de la lengua modula el nivel de reactivación corporeizada durante el procesamiento lingüístico.

Otro factor pertinente es la experiencia corporal. Los jugadores de voleibol expertos, en comparación con *amateurs* y aficionados del mismo deporte, procesan los verbos de acción específicos de la disciplina con mayor precisión y velocidad, a la vez que presentan activaciones diferenciales en regiones motoras y premotoras izquierdas. Lo mismo sucede en expertos y aficionados al hockey en comparación con jugadores *amateurs*, patrón que se ve acompañado por mayor activación de la corteza premotora.<sup>25</sup> Parece, pues, que el involucramiento cotidiano

### A. Reactivaciones para palabras aprendidas en la juventud

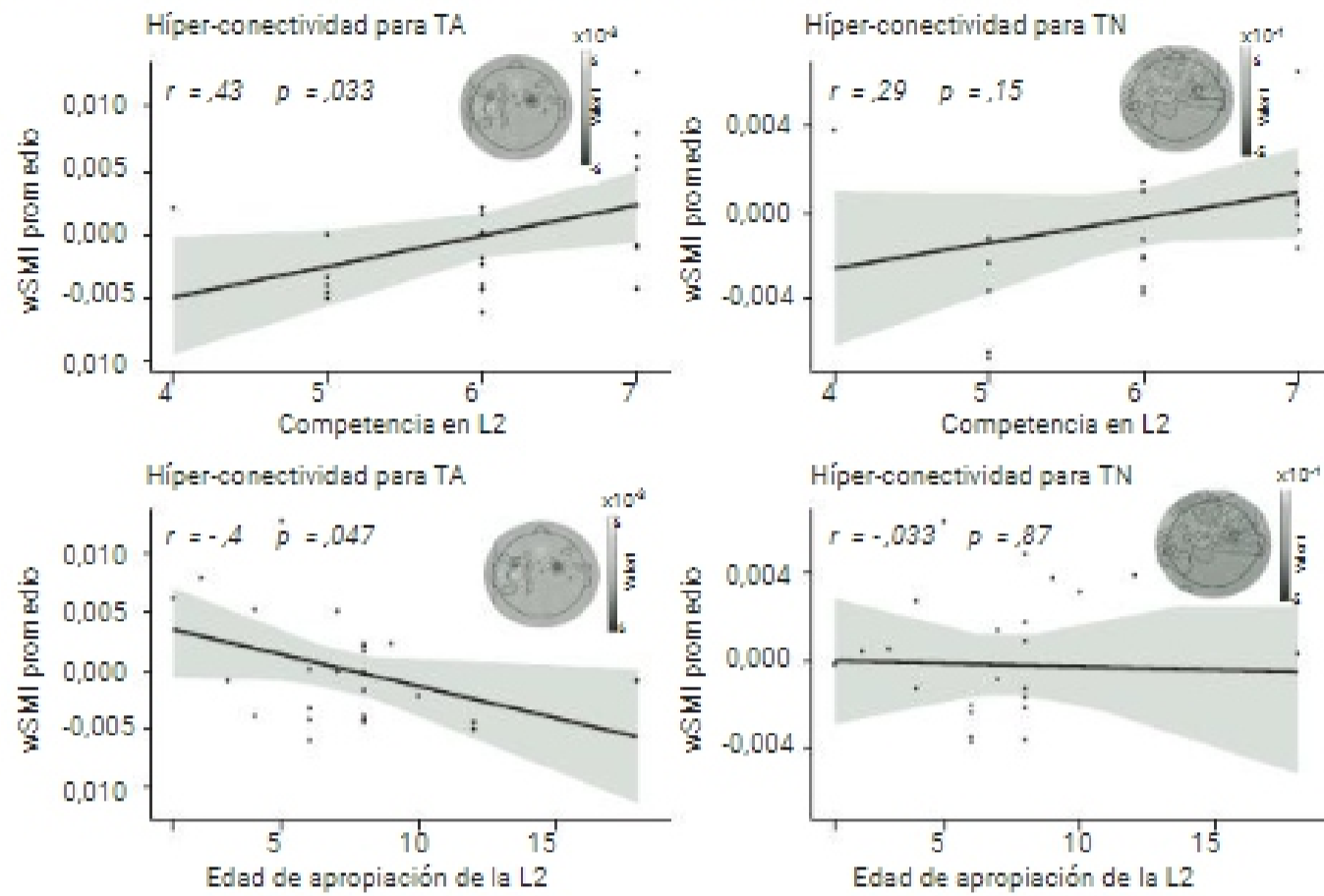


### B. Durabilidad de efectos corporizados para palabras aprendidas en la juventud

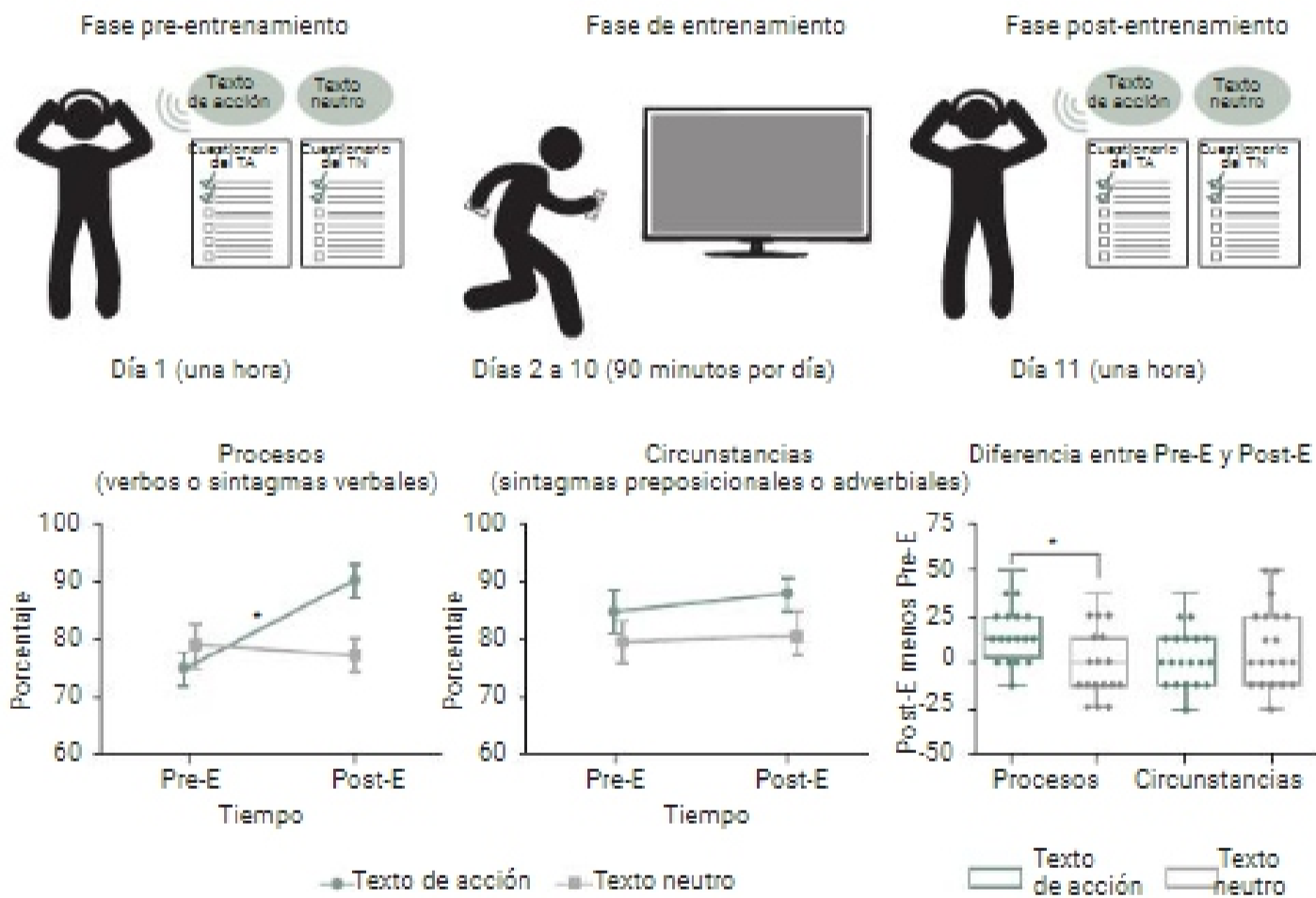


**Figura 6-2.** Perdurabilidad ontogenética de los sistemas corporeizados. **A.** Activación de áreas motoras, premotoras y sensoriomotrices durante una tarea de reconocimiento de palabras nuevas aprendidas mediante apoyo gestual. El procesamiento visual de ítems aprendidos mediante gestos congruentes implica mayor activación en las cortezas premotora y motora izquierdas, los ganglios basales y el cerebelo. **B.** Ventaja mantenida para el recuerdo de palabras nuevas aprendidas mediante gestos congruentes. Durante cuatro días de entrenamiento, los participantes aprendieron 92 palabras artificiales, con su traducción al alemán, mediante apoyo gestual (que podía ser congruente o incongruente). Durante esos cuatro días, al final de cada sesión, los sujetos se enfrentaron con las mismas palabras y las tradujeron al alemán. Sesenta días después, se les solicitó que escribieran todos los pares de palabras que recordaran. Se observó una ventaja para las palabras aprendidas mediante gestos congruentes, prolongada en el tiempo. Los paneles A y B se han extraído de Macedonia *et al.*<sup>20</sup> Reproducción autorizada según los términos de la licencia *Creative Commons CC-BY*.

**A. Asociación entre efectos corporeizados y experiencia lingüística**



**B. Vínculo entre efectos corporeizados y experiencia corporal**



**Figura 6-3.** Adaptabilidad experiencial de los sistemas corporeizados. **A.** Asociación entre la consolidación de una lengua extranjera y los fenómenos corporeizados (captados mediante electroencefalografía). La conectividad funcional entre mecanismos motores durante la lectura de textos de acción en lengua extranjera correlaciona positivamente con la competencia en dicha lengua y negativamente, con su edad de apropiación. Ello no sucede al leerse textos neutros (carentes de acción). **B.** Mejora en la comprensión de acciones inducida por videojuegos de inmersión corporal. El protocolo constó de tres fases. En la primera, los participantes oyeron un texto de acción y otro neutro, y respondieron preguntas de comprensión. En la segunda, durante nueve días, realizaron un entrenamiento corporal ecológico basado en videojuegos. En la tercera, oyeron otros textos de cada condición y respondieron preguntas de comprensión. Los resultados mostraron un aumento selectivo en la comprensión de acciones luego del entrenamiento corporal. L2: lengua extranjera; Post-E: fase postentrenamiento; Pre-E: fase preentrenamiento; TA: texto de acción; TN: texto neutro; wSMI: *weighted symbolic mutual information*. El panel A se ha extraído de Birba *et al.*<sup>24</sup> Reproducción autorizada según los términos de la licencia *Creative Commons CC-BY*. El panel B se ha adaptado de Trevisan *et al.*<sup>28</sup> Reproducción autorizada según los términos de la licencia internacional *Creative Commons Attribution 4.0*.

en un deporte focaliza la sensibilidad semántica de los SC.

Incluso breves periodos de entrenamiento en tareas específicas pueden impactar sobre dichos mecanismos. Por ejemplo, el traslado repetido de objetos entre dos recipientes puede afectar a la comprensión de acciones que implican movimientos congruentes con la dirección de respuesta.<sup>26</sup> Asimismo, la práctica del *origami* puede incidir sobre la comprensión de estímulos que presentan movimientos congruentes.<sup>27</sup> Además, durante el aprendizaje áulico de un nuevo idioma, los estudiantes que usan el vocabulario presentado en combinación con gestos simbólicos aumentan su retención significativamente, incluso 14 meses después de las clases.<sup>15</sup> Por añadidura, el uso repetido de videojuegos de inmersión corporal puede mejorar selectivamente la comprensión de acciones en textos naturalistas (**Fig. 6-3 B**).<sup>28</sup> Los SC, entonces, también son permeables a actividades realizadas de modo breve pero focalizado.

En suma, la competencia lingüística, la formación atlética e, incluso, la práctica breve de tareas particulares modifican la intensidad de las reactivaciones sensoriomotrices inducidas por el lenguaje. Diríase, pues, que los SC se ven moldeados por nuestro quehacer cotidiano.

### VULNERABILIDAD SELECTIVA DE LOS SISTEMAS CORPOREIZADOS

Un cuarto foco de investigación se ciñe sobre la vulnerabilidad de los SC. Esta línea se concentra en estudiar a pacientes con daño cerebral progresivo en circuitos de modalidad específica para explorar déficits en campos conceptuales afines. Dichos patrones de alteración por neurodegeneración gradual, en personas que supieron tener capacidades semánticas normales, permite refinar nuestra comprensión sobre la naturaleza dinámica de los SC.

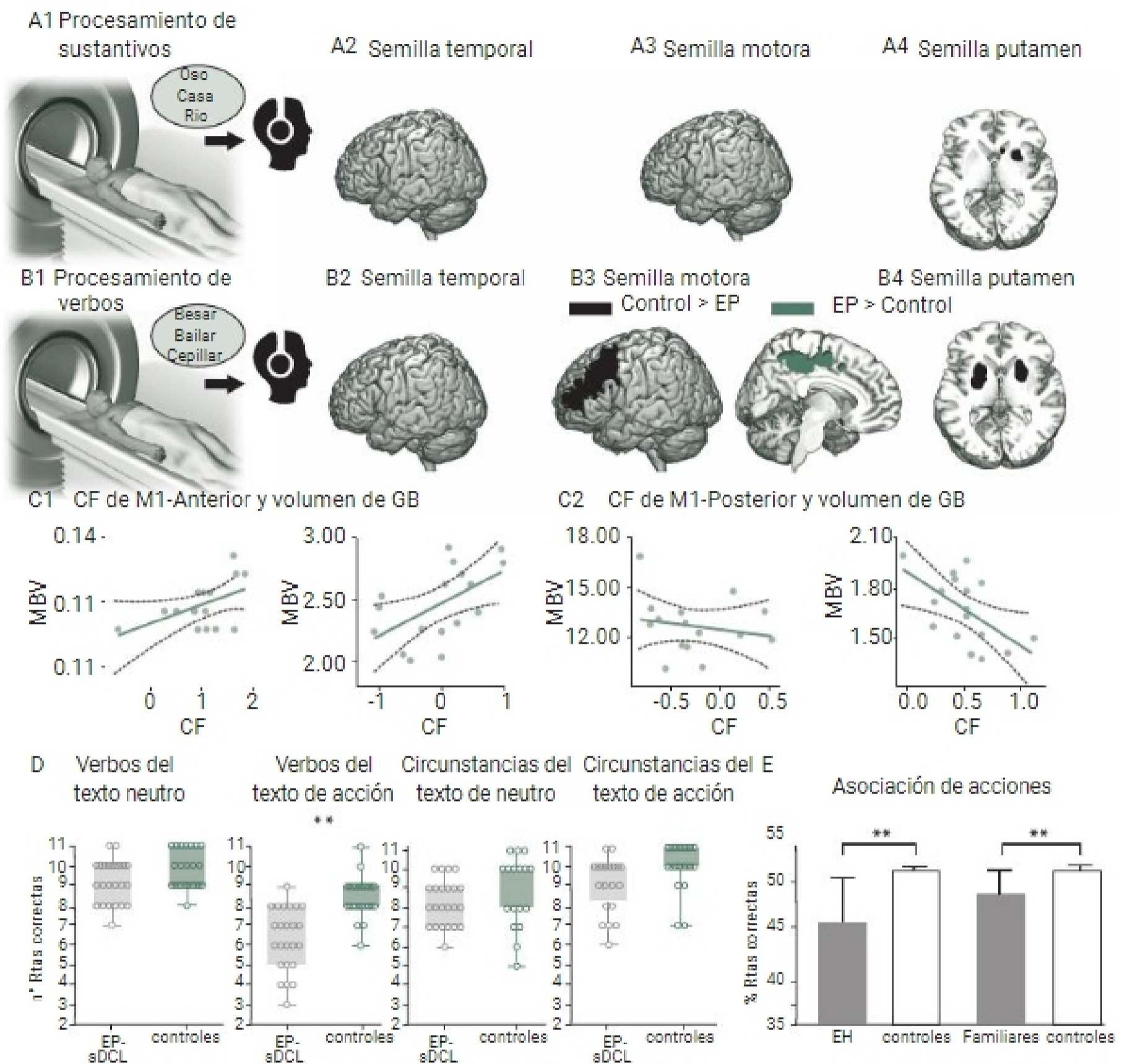
La evidencia proviene, principalmente, del estudio del lenguaje de acción en trastornos del movimiento, como la enfermedad de Parkinson (EP) y la enfermedad de Huntington (EH). Ambas se caracterizan por atrofia de circuitos motores frontobasales, a la par de síntomas mo-

tores primarios y otros déficits cognitivos.<sup>29,30</sup> Dicho patrón neurodegenerativo se ha asociado con déficits en el procesamiento de verbos y conceptos de acción, acompañados por alteraciones de activación regional, conectividad funcional y modulaciones electrofisiológicas a lo largo de mecanismos motores (**Fig. 6-4 A-C**).<sup>7</sup> De hecho, cuanto mayor es la atrofia en los ganglios basales (las estructuras más afectadas en la EP), mayor es el reclutamiento de circuitos alternativos (no motores) para el procesamiento de tales verbos.<sup>31</sup>

Estos déficits son selectivos. En tareas de decisión léxica, los pacientes con EP sufren retrasos para procesar verbos de acción, incluso cuando no muestran dificultades ante verbos abstractos.<sup>32</sup> Dichos pacientes también muestran deficiencias para procesar verbos de acción en tareas de generación léxica,<sup>33</sup> sin disfunciones comparables en otras categorías. En esta población, de hecho, dicha alteración selectiva para verbos de acción se evidencia en tareas discursivas, tanto a nivel de producción<sup>34</sup> como de comprensión (**Fig. 6-4 D**).<sup>35</sup> Esto sugiere que, ante la disrupción de los sistemas motores, los déficits en lenguaje de acción surgen distintivamente incluso ante múltiples claves contextuales.

Dichas alteraciones también perturban la integración de conceptos de acción con movimientos corporales. En sujetos sanos, el procesamiento de verbos de acción manual (por ejemplo, *aplaudir*) afecta a la ejecución de movimientos manuales, ya sea retrasándolos o facilitándolos.<sup>8</sup> Tales efectos de integración semántico-motora se ven anulados en pacientes con EP y EH, en conjunto con patrones aberrantes de conectividad frontotemporal.<sup>7</sup> Lo mismo sucede en otros cuadros con sintomatología motora, como la enfermedad de Lhermitte-Duclos (**Cuadro 6-2**).<sup>36</sup> En síntesis, la alteración de los SC también repercute selectivamente en la capacidad para integrar significados verbales con movimientos físicos.

Los déficits mencionados sobrevienen específicamente ante la desorganización de vías motoras (no son causados por cualquier cuadro neurodegenerativo). Por ejemplo, los pacien-

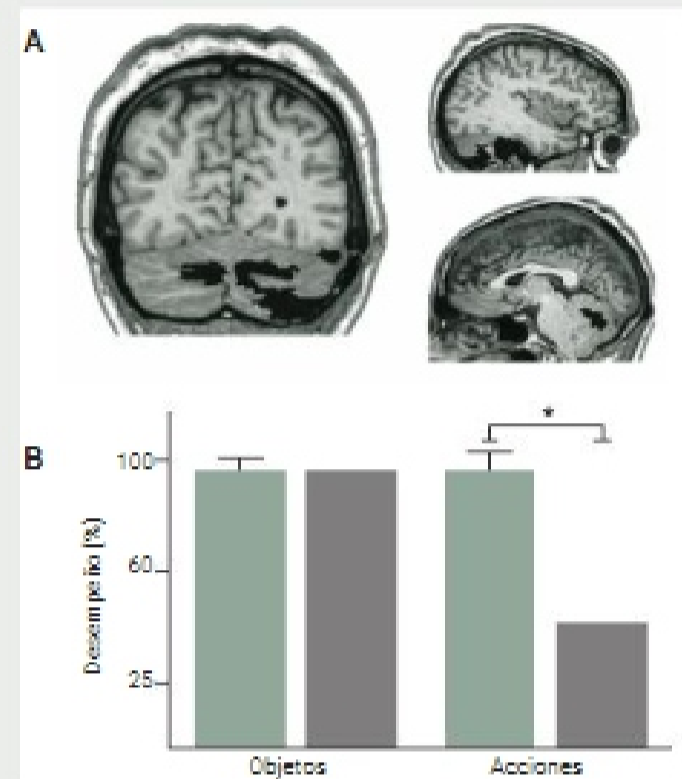


**Figura 6-4.** Vulnerabilidad de los sistemas corporeizados. **A1.** Los participantes [pacientes con EP y sujetos sanos] escucharon sustantivos concretos no manipulables dentro del resonador. **A2-A4.** Diferencias en el análisis de semillas entre controles y pacientes durante el procesamiento de sustantivos. **B1.** Los participantes escucharon verbos de acción dentro del resonador. **B2-B4.** Diferencias en el análisis de semillas entre controles y pacientes durante el procesamiento de verbos de acción. El color rojo muestra el clúster de conectividad significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) para los controles respecto de los pacientes. El color azul muestra el clúster de conectividad significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) para los pacientes. **C1-C2.** Correlaciones entre el volumen de los ganglios basales y la conectividad funcional de la corteza motora primaria durante el procesamiento de verbos de acción, para controles y pacientes. **D.** Los pacientes con EP sin deterioro cognitivo muestran déficits específicos para comprender acciones evocadas por textos naturalistas. Sin embargo, no se observan tales déficits en la comprensión de procesos abstractos o información circunstancial en textos del mismo cariz. **E.** Alteraciones en la asociación de acciones en pacientes con enfermedad de Huntington y familiares con riesgo genético asintomático. CF: conectividad funcional; EH: pacientes con la enfermedad de Huntington; EP-sDCL: pacientes con enfermedad de Parkinson sin deterioro cognitivo; GB: ganglios basales; MBV: morfometría basada en vóxeles; M1: corteza motora primaria. Los paneles A, B y C se extrajeron de Abrevaya *et al.*<sup>31</sup> Reproducción autorizada según los términos de la licencia *Creative Commons CC-BY*. El panel D se obtuvo de García *et al.*<sup>35</sup> Reproducción autorizada según los términos de la licencia *Creative Commons CC-BY*. El panel E proviene de Kargieman *et al.*<sup>41</sup> Reproducción autorizada según los términos de la licencia *Creative Commons CC-BY*.

### Cuadro 6-2. El rol del cerebelo en la semántica de la acción

Hasta el 20 de diciembre de 2015, NA llevaba una vida normal. Disfrutaba de sus vacaciones en un parque acuático cuando, en un juego a 1.800 metros de altura, sintió una sensación de vértigo extraña, baja presión y debilidad corporal generalizada. Cuatro días después, comenzó a manifestar dificultades para articular sonidos y palabras. Pasados dos meses, ya no podía mover la mano derecha ni caminar con estabilidad. Luego de una resonancia magnética, se le diagnosticó enfermedad de Lhermitte-Duclos, cuadro poco frecuente que presenta un tumor benigno y creciente en el cerebelo (**Figura C6-2, panel A**). El tumor siguió creciendo y los síntomas motores de NA empeoraron. Sin embargo, no presentó síntomas cognitivos o disejecutivos.

Cervetto *et al.* (2019) vieron en NA una oportunidad para estudiar las bases corporeizadas de la semántica de la acción. ¿Será que la alteración de una región motora crítica como el cerebelo, asociada a trastornos del movimiento, implicaría dificultades específicas para comprender conceptos de acción? Los investigadores compararon el desempeño de NA con el de ocho personas sanas en dos tareas de asociación semántica: una con imágenes de objetos, otra con imágenes de acciones. En cada ensayo, los participantes debían elegir cuál de dos imágenes inferiores se relacionaba semánticamente a otra imagen superior. A diferencia de los controles, NA presentó una marcada dificultad para asociar acciones (42% de aciertos) pero no objetos (100% de aciertos) (**Figura C6-2, panel B**). Este caso mostró que el daño cerebeloso conlleva alteraciones específicas en el procesamiento de acciones, hallazgo que extiende el conocimiento sobre los sistemas corporeizados.



**Figura C6-2** A. Lesión cerebelosa de NA (negro). B. Rendimiento en asociación semántica gris: NA; verde: grupo control.

tes con atrofia de regiones temporo-occipitales (sin alteración de circuitos motores) presentan dificultades en la comprensión de sustantivos, pero su capacidad es normal en verbos de acción.<sup>37</sup> Asimismo, los efectos de integración semántico-motora señalados anteriormente se preservan en pacientes con alteraciones motoras periféricas (es decir, no asociadas primariamente al deterioro de circuitos motores cerebrales), como la neuromielitis óptica y la mielitis transversa aguda.<sup>38</sup> Esto apuntala la naturaleza corporeizada de los déficits referidos en EP y EH.

Además, en dichos cuadros, las disfunciones en el procesamiento del lenguaje de acción se manifiestan de modo primario, es decir, no dependen del nivel de deterioro cognitivo global de los pacientes. Por ejemplo, en tareas de asociación conceptual,<sup>39</sup> denominación de imá-

genes<sup>40</sup> y comprensión textual,<sup>35</sup> estos pacientes exhiben deficiencias específicas en el campo semántico de la acción, pero dicho trastorno no depende del nivel de afección ejecutiva o de su rendimiento en pruebas de dominio general. Esto sugiere que, al alterarse los SC, las dificultades para comprender acciones son *sui generis*—o sea, no son secundarias a otras disfunciones neurocognitivas inespecíficas—.<sup>7</sup>

Por último, la selectividad de tales déficits se observa en estadios prodrómicos de las enfermedades. En personas asintomáticas, con riesgo genético de desarrollar EH, se advierten déficits para asociar acciones, pero no para asociar objetos<sup>41</sup> y alteraciones en procesos de integración semántico-motora.<sup>41</sup> Asimismo, en sujetos asintomáticos con mutaciones genéticas asociadas a la EP se documentaron déficits selectivos en otros dominios corporeizados no semánticos.<sup>42</sup>

Así, el estudio de los SC en patologías motoras podría contribuir a la detección de personas en riesgo de desarrollar EP, EH u otros trastornos del movimiento.

En síntesis, el dominio conceptual de la acción se afecta de modo selectivo, específico, primario y temprano ante la disrupción de los circuitos motores. Estos hallazgos indican que los SC pueden alterarse de modo muy distintivo, a pesar de haber funcionado, normalmente, durante décadas y aun cuando otros sistemas semánticos permanecen indemnes. Como consecuencia, la vulnerabilidad selectiva es otra de las características dinámicas de los SC.

### CONSECUENCIAS Y DESAFÍOS

Los hallazgos reseñados entrañan consecuencias de peso en distintos niveles. A nivel teórico surgen tres observaciones principales. Primero, el debate entre modelos estrictamente corporeizados y multimodales es estéril: no tiene base plantear que los SC son autosuficientes para el procesamiento semántico, y tampoco lo tiene describirlos como superfluos a tales fines. Nuestras habilidades semánticas dependen conjuntamente de los SC y los sistemas multimodales (entre muchos otros mecanismos). Así, la tarea de un modelo ecuánime debería radicar en precisar sus roles funcionales y formas de interacción. Segundo, los modelos que sobredimensionan los efectos tempranos sobre los tardíos, o viceversa, incurren en sesgos de selección: la evidencia indica que, según el tipo de estímulo, tarea y dimensión de análisis, los efectos corporeizados pueden darse en un amplio espectro temporal, que se inicia apenas pasados los 100 ms y se extiende hasta más allá los 800 ms. La pregunta no es si los SC operan temprana o tardíamente, sino en qué condiciones actúan con más o menos rapidez. Tercero, los modelos que no explicitan cómo se moldean los SC en función de la experiencia individual corren el riesgo de promover visiones erróneamente universalistas de sus *explananda*. Aunque toda construcción teórica sacrifica el detalle particular en función de la generalidad, el campo ha madurado lo suficiente como para

incorporar matices o encarnaciones puntuales de cada modelo en función de subpoblaciones particulares.

La evidencia también conlleva consecuencias educativas, sobre todo, para la enseñanza de lenguas extranjeras. Muchos enfoques arraigados en dicha disciplina (como el método audiolingual o el comunicativo) han priorizado la combinación de material verbal oral o escrito con recursos pictóricos, auditivos o audiovisuales. Sin embargo, con excepción de algunas corrientes minoritarias (como la escuela de “respuesta total física”), tales enfoques hacen caso omiso de la importancia de la experiencia corporal activa. A la luz de la sección 3, bien valdría la pena promover innovaciones pedagógicas y didácticas que integren abordajes corporeizados a las prácticas asociativo-declarativas que suelen emplearse en el aula de lengua extranjera.

Por último, cabe destacar algunas posibles consecuencias clínicas. En particular, los resultados de la sección 5 podrían redundar en marcadores sensibles de enfermedades neurodegenerativas motoras, como la EP y la EH, además de la esclerosis lateral amiotrófica o la ataxia espinocerebelosa. Si bien los datos son aún incipientes y necesitan replicación y validación, parece que, en dichos cuadros, las alteraciones de los SC podrían ser selectivas (no generalizadas a lo largo de las habilidades lingüísticas en general), parcialmente específicas (ausentes en trastornos no motores), primarias (no resultantes de disfunciones cognitivas globales), vinculadas a disrupciones neurobiológicas críticas de tales cuadros y potencialmente detectables en etapas tempranas e incluso preclínicas. Así, distintas evaluaciones lingüísticas focalizadas en dominios corporeizados podrían contribuir a las prácticas clínicas actuales y potenciar los protocolos de diagnóstico, pronóstico, monitorización y evaluación de la respuesta al tratamiento en las poblaciones pertinentes.

### CONCLUSIONES

- La investigación sobre el rol semántico de los SC revela diversos aspectos clave de su dina-

mismo en distintas escalas temporales (desde el orden de los milisegundos hasta el de los años), dimensiones neurocognitivas (desde la conducta hasta correlatos anátomo-funcionales) y coyunturas personales (desde el desarrollo de capacidades específicas hasta la pérdida de funciones particulares).

- En la dinámica temporal del lenguaje, las reactivaciones corporeizadas parecen ser tanto constitutivas del acceso al significado como posteriores a dicho evento.
- El asentamiento de nuevas palabras en los SC resulta ontogenéticamente ubicuo (es decir, está presente en diversas etapas madurativas del individuo).
- La manifestación de los fenómenos corporeizados depende de las situaciones a las que nos enfrentamos repetidamente, de modo que difiere entre individuos.
- Los SC son selectivamente vulnerables ante la interrupción de sus bases biológicas, incluso en etapas tempranas de procesos neurodegenerativos.
- Los modelos neurolingüísticos deberían reconocer que los SC: (a) operan en diálogo con los sistemas multimodales para sustentar los procesos semánticos, (b) pueden manifestarse en distintas ventanas temporales durante ellos y (c) se moldean con arreglo a las experiencias lingüísticas y corporales específicas de cada persona.
- Para potenciar la incorporación de nuevas palabras, las prácticas de enseñanza de idiomas deberían complementar sus actividades típicas con participación corporal activa (Capítulo 9).
- La perspectiva corporeizada podría revelar marcadores cognitivos de trastornos motores.

Algunos de los desafíos más acuciantes del campo estriban en evaluar, refinar, extender o incluso falsear estas premisas. Así, con sus logros actuales y futuros, el estudio de la dinámica de los SC no solo promueve avances específicos para la neurolingüística, sino que también contribuye a esclarecer las facultades comunicativas que tipifican al ser humano.

## AGRADECIMIENTOS

Adolfo M. García es un Atlantic Fellow del Global Brain Health Institute (GBHI) y cuenta con apoyo financiamiento del GBHI, la Alzheimer's Association y la Alzheimer's Society (GBHI ALZ UK-22-865742); así como de CONICET, Argentina; la ANID, Chile (FONDECYT Regular 1210176); y el Programa Interdisciplinario de Investigación Experimental en Comunicación y Cognición (PIIECC), Facultad de Humanidades, USACH, Chile.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lambon Ralph MA, Jefferies E, Patterson K, Rogers TT. The neural and computational bases of semantic cognition. *Nat Rev Neurosci.* 2017;18(1):42-55.
2. Seghier ML. The angular gyrus: multiple functions and multiple subdivisions. *The Neuroscientist.* 2013;19(1):43-61.
3. Pulvermüller F. How neurons make meaning: Brain mechanisms for embodied and abstract-symbolic semantics. *Trends Cog Sci.* 2013;17(9):458-70.
4. García AM, Moguilner S, Torquati K, García-Marco E, Herrera E, Muñoz E, *et al.* How meaning unfolds in neural time: Embodied reactivations can precede multimodal semantic effects during language processing. *NeuroImage.* 2019;197:439-49.
5. García AM, Hesse E, Birba A, Adolphi F, Mikulan E, Caro MM, *et al.* Time to face language: Embodied mechanisms underpin the inception of face-related meanings in the human brain. *Cereb Cortex.* 2020;30(11):6051-68.
6. Bedny M, Caramazza A. Perception, action, and word meanings in the human brain: The case from action verbs. *Ann N Y Acad Sci.* 2011;1224:81-95.
7. Birba A, García-Cordero I, Kozono G, Legaz A, Ibáñez A, Sedeño L, *et al.* Losing ground: Frontostriatal atrophy disrupts language embodiment in Parkinson's and Huntington's disease. *Neurosci Biobehav Rev.* 2017;80:673-87.
8. García AM, Ibáñez A. A touch with words: Dynamic synergies between manual actions and language. *Neurosci Biobehav Rev.* 2016;68:59-95.
9. Pulvermüller F. Neural reuse of action perception circuits for language, concepts and communication. *Prog Neurobiol.* 2018;160:1-44.
10. Papeo L, Vallesi A, Isaja A, Rumiati RI. Effects of TMS on different stages of motor and non-motor verb processing in the primary motor cortex. *PloS one.* 2009;4(2):e4508.
11. Barber HA, Kousta S-T, Otten LJ, Vigliocco G. Event-related potentials to event-related words: Grammatical class and semantic attributes in the representation of knowledge. *Brain Res.* 2010;1332:65-74.
12. Kiefer M, Sim E-J, Herrnberger B, Grothe J, Hoenig K. The sound of concepts: Four markers for a link between

- auditory and conceptual brain systems. *J Neurosci.* 2008;28(47):12224-30.
13. Beltran D, Muneton-Ayala M, de Vega M. Sentential negation modulates inhibition in a stop-signal task. Evidence from behavioral and ERP data. *Neuropsychologia.* 2018;112:10-8.
  14. Rizzolatti G, Fogassi L, Gallese V. Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nat Rev Neurosci.* 2001;2(9):661-70.
  15. Kogan B, Muñoz E, Ibáñez A, García AM. Too late to be grounded? Motor resonance for action words acquired after middle childhood. *Brain Cogn.* 2020;138:105509.
  16. Ullman MT. The neural basis of lexicon and grammar in first and second language: the declarative/procedural model. *Bilingualism: Lang Cogn.* 2001;4(2):105-22.
  17. Buccino G, Marino BF, Bulgarelli C, Mezzadri M. Fluent speakers of a second language process graspable nouns expressed in L2 like in their native language. *Front Psychol.* 2017;8:1306.
  18. Ahlberg DK, Bischoff H, Kaup B, Bryant D, Stroyk JV. Grounded cognition: Comparing language × space interactions in first language and second language. *Applied Psycholinguistics.* 2017;39(2):437-59.
  19. De Grauwe S, Willems RM, Rueschemeyer SA, Lemhofer K, Schriefers H. Embodied language in first- and second-language speakers: Neural correlates of processing motor verbs. *Neuropsychologia.* 2014;56:334-49.
  20. Macedonia M, Mueller K. Exploring the neural representation of novel words learned through enactment in a word recognition task. *Front Psychol.* 2016;7:953.
  21. Vukovic N, Williams JN. Automatic perceptual simulation of first language meanings during second language sentence processing in bilinguals. *Acta Psychol.* 2014;145:98-103.
  22. Dottori M, Hesse E, Santilli M, Vilas MG, Martorell Caro M, Fraiman D, *et al.* Task-specific signatures in the expert brain: Differential correlates of translation and reading in professional interpreters. *NeuroImage.* 2020;209:116519.
  23. Torres-Prioris MJ, López-Barroso D, Càmarà E, Fittipaldi S, Sedeño L, Ibáñez A, *et al.* Neurocognitive signatures of phonemic sequencing in expert backward speakers. *Sci Rep.* 2020;10(1):10621.
  24. Birba A, Beltrán D, Martorell Caro M, Trevisan P, Kogan B, Sedeño L, *et al.* Motor-system dynamics during naturalistic reading of action narratives in first and second language. *NeuroImage.* 2020:116820.
  25. Yang J. Influences of motor contexts on the semantic processing of action-related language. *Cogn Affect Behav Neurosci.* 2014;14(3):912-22.
  26. Glenberg AM, Sato M, Cattaneo L. Use-induced motor plasticity affects the processing of abstract and concrete language. *Curr Biol.* 2008;18(7):R290-1.
  27. Locatelli M, Gatti R, Tettamanti M. Training of manual actions improves language understanding of semantically related action sentences. *Front Psychol.* 2012;3:547.
  28. Trevisan P, Sedeño L, Birba A, Ibáñez A, García AM. A moving story: Whole-body motor training selectively improves the appraisal of action meanings in naturalistic narratives. *Sci Rep.* 2017;7(1):12538.
  29. Rodríguez-Oroz MC, Jahanshahi M, Krack P, Litvan I, Macías R, Bezard E, *et al.* Initial clinical manifestations of Parkinson's disease: Features and pathophysiological mechanisms. *The Lancet Neurology.* 2009;8(12):1128-39.
  30. Tabrizi SJ, Langbehn DR, Leavitt BR, Roos RA, Durr A, Craufurd D, *et al.* Biological and clinical manifestations of Huntington's disease in the longitudinal TRACK-HD study: Cross-sectional analysis of baseline data. *The Lancet Neurology.* 2009;8(9):791-801.
  31. Abrevaya S, Sedeño L, Fittipaldi S, Pineda D, Lopera F, Buritica O, *et al.* The road less traveled: Alternative pathways for action-verb processing in Parkinson's disease. *J Alzheimer's Dis.* 2017;55(4):1429-35.
  32. Fernandino L, Conant LL, Binder JR, Blindauer K, Hiner B, Spangler K, *et al.* Where is the action? Action sentence processing in Parkinson's disease. *Neuropsychologia.* 2013;51(8):1510-7.
  33. Péran P, Carlebat D, Cherubini A, Piras F, Luccichenti G, Peppe A, *et al.* Object naming and action-verb generation in Parkinson's disease: a fMRI study. *Cortex.* 2009;45(8):960-71.
  34. García AM, Carrillo F, Orozco-Arroyave JR, Trujillo N, Bonilla JFV, Fittipaldi S, *et al.* How language flows when movements don't: an automated analysis of spontaneous discourse in Parkinson's disease. *Brain Lang.* 2016;162:19-28.
  35. García AM, Bocanegra Y, Herrera E, Moreno L, Carmona J, Baena A, *et al.* Parkinson's disease compromises the appraisal of action meanings evoked by naturalistic texts. *Cortex.* 2018;100:111-26.
  36. Cervetto S, Abrevaya S, Martorell Caro M, Kozono G, Muñoz E, Ferrari J, *et al.* Action semantics at the bottom of the brain: insights from dysplastic cerebellar gangliocytoma. *Front Psychol.* 2018;9:1194.
  37. Steeb B, García-Cordero I, Huizing MC, Collazo L, Borovinsky G, Ferrari J, *et al.* Progressive compromise of nouns and action verbs in posterior cortical atrophy. *Front Psychol.* 2018;9:1345.
  38. Cardona JF, Kargieman L, Sinay V, Gershanik O, Gelormini C, Amoroso L, *et al.* How embodied is action language? Neurological evidence from motor diseases. *Cognition.* 2014;131(2):311-22.
  39. Bocanegra Y, García AM, Pineda D, Buritica O, Villegas A, Lopera F, *et al.* Syntax, action verbs, action semantics, and object semantics in Parkinson's disease: Dissociability, progression, and executive influences. *Cortex.* 2015;69:237-54.
  40. Bocanegra Y, García AM, Lopera F, Pineda D, Baena A, Ospina P, *et al.* Unspeakable motion: Selective action-verb impairments in Parkinson's disease patients without mild cognitive impairment. *Brain and Language.* 2017;168:37-46.
  41. Kargieman L, Herrera E, Baez S, García AM, Dottori M, Gelormini C, *et al.* Motor-language coupling in Huntington's disease families. *Front Aging Neurosci.* 2014;6:122.
  42. García AM, Sedeño L, Trujillo N, Bocanegra Y, Gomez D, Pineda D, *et al.* Language deficits as a preclinical window into Parkinson's disease: evidence from asymptomatic parkin and dardarin mutation carriers. *Journal of the International Neuropsychological Society.* 2017;23(2):150.



### PREGUNTAS DE REFLEXIÓN

1. ¿Sería correcto decir que los SC sólo cumplen un rol epifenoménico en el procesamiento semántico?
2. ¿Podría decirse que la magnetoencefalografía y los registros intracraneales son mejores que los métodos de resonancia magnética y de electroencefalografía para caracterizar la dinámica temporal de los SC?
3. Según su criterio, ¿qué ventajas y desventajas podrían presentar los estudios basados en lenguas artificiales para explorar la ubicuidad ontogenética de los SC?
4. ¿Qué otras poblaciones o diseños, aparte de los descritos en la sección *Adaptabilidad experiencial de los sistemas corporeizados*, propondría para estudiar la adaptabilidad experiencial de los SC?
5. La evidencia sobre la vulnerabilidad de los SC proviene casi exclusivamente del estudio del lenguaje de acción en pacientes con trastornos del movimiento. ¿Qué otros cruces entre dominios semánticos y trastornos cerebrales sugeriría para extender esta línea de trabajo más allá del dominio motor?
6. ¿Qué limitaciones advierte en cada una de las cuatro líneas de investigación reseñadas? ¿De qué modo podría rodeárselas en nuevas investigaciones futuras?

