

CONCEPTUALIZACIÓN DEL APRENDIZAJE COGNITIVO-CORPORAL: BASES DE LA COGNICIÓN INCORPORADA

Alfonso García Monge (agmonge2@gmail.com)

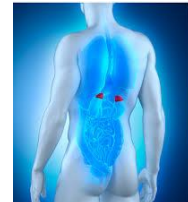
Lo que durante décadas fue una certeza empírica para las denominadas “pedagogías activas” comenzó a ser investigado de forma más sistemática a partir de los años 70: “el cuerpo tiene un papel claro en los procesos de aprendizaje y es la base del procesamiento cognitivo”.

Haremos en esta charla un rápido repaso por algunas ideas generales recogidas bajo la denominación común de “embodied cognition”¹ y veremos algunas implicaciones para la práctica educativa basadas en investigaciones recientes.

1. Definición y orígenes de la cognición incorporada

1.1. Una visión integradora de nuestro ser frente al dualismo cuerpo-mente

Frente a la imagen extendida de los humanos con un órgano central rector del que salen órdenes a través de axones neuronales, parece que nuestro funcionamiento es más complejo e integrado. Sabemos que si nuestras cápsulas suprarrenales vierten al torrente sanguíneo cortisona o adrenalina, sentiremos angustia o estrés; o cuando se produce un desequilibrio en nuestra microbiota intestinal (bacterias “ajenas a nuestro sistema celular”) se aceleran los procesos depresivos. Es decir, nuestro cuerpo funciona como un todo integrado, que, además, responde en continua interacción con nuestro entorno en un diálogo inacabable.



Entre otros, los trabajos del neurocientífico Antonio Damasio nos mostraron que nuestras experiencias y emociones van dejando “huellas” que condicionan nuestras decisiones. Este autor las denomina “marcadores somáticos” y actuarían como disposiciones prefrontales que facilitarían los procesos de decisión en función de vivencias pasadas.

Cabría preguntarse: si trasplantasen nuestro cerebro a otro cuerpo ¿sentiríamos lo mismo? ¿seríamos los mismos?. Si parte de lo que somos (de cómo nos sentimos y decidimos) está ligado a las huellas corporales de nuestras experiencias (e.g. dolor en el corazón ante una pérdida, precauciones ante posiciones que nos lesionaron en el pasado, malestar de estómago ante situaciones de incertidumbre...) puede que algunos “enlaces” o informaciones básicas de lo que somos se



¹ Podemos encontrar traducido a nuestro idioma el concepto como “cognición encarnada”, “cognición incorporada” o “cognición corporeizada”.

perdieran en esa reubicación (como cuando cambiamos un powerpoint de ordenador y perdemos las rutas que permiten recuperar ciertos archivos enlazados).

1.2. El paradigma de la cognición incorporada

Bajo el término “embodied cognition” se encuentra un paradigma de investigación (un enfoque) que entiende que **nuestro cuerpo y nuestro entorno están involucrados en los procesos cognitivos**.

Bajo este enfoque se amparan múltiples líneas de estudio, incluso teorías con duras críticas entre sí. No entraremos a profundizar en ello, nos centraremos en los puntos en común.

Dado que nuestra experiencia vital es física y situada, en este paradigma se plantean hasta qué punto nuestras representaciones y procesos mentales están condicionados por esa realidad corporeizada. Cómo nuestros sistemas de categorización, de estructuración del tiempo, de las leyes físicas, de lo posible y las limitaciones, etc. dependen de haber desarrollado nuestras experiencias en interacción con un entorno con una fuerza de la gravedad determinada, con un peso y una altura determinados, una movilidad en bipedestación, la posibilidad de manipulación, o unas condiciones perceptivas limitadas. De esta manera, nuestros sistemas cognitivos se verán afectados y restringidos por nuestras posibilidades de acción y percepción.

Frente a un paradigma dualista en el que predominaría la metáfora del ordenador rector, esta perspectiva habla de un todo integrado en constante diálogo con el entorno. Se produce, por tanto, un cambio radical en la descripción del trabajo cerebral. Éste ya no tendría que representar todo el conocimiento sobre el mundo para emitir órdenes ante diferentes situaciones, sino que sería parte de un sistema más amplio que involucraría la percepción y la acción en diálogos constantes con el entorno.

Este planteamiento influyó mucho en el diseño de robots. Por ejemplo, frente al robot [Asimo de Honda](#) gobernado de “arriba hacia abajo” por abundantes y complejos algoritmos, surgió el planteamiento de [Boston Dynamics](#) diseñado de “abajo hacia arriba”, es decir, a partir de la interacción con el entorno para buscar una mayor adaptabilidad.



1.3. Orígenes dispersos

Este paradigma se ha ido construyendo a base de retazos desde diferentes disciplinas y a partir de una agenda dispersa de experimentos. Su corpus teórico se ha ido definiendo con aportaciones desde la filosofía, la neuropsicología, la robótica, la lingüística, la psicología cognitiva o la antropología.

Resaltaremos algunos trabajos emblemáticos que supusieron la base de formulaciones posteriores.

-Influido por la Gestalt y la fenomenología de Husserl, Wolfgang Köhler (en 1929) consideraría las influencias de unos elementos sobre otros dentro del entorno, hablando de “campo perceptivo” (experimento del palo y los plátanos: según como se colocase un palo respecto a la orientación de la mano del primate y a los plátanos, el mono lo usaba o no para ayudarse con él a acercar los plátanos).



-Las ideas de Köhler pueden llevar a pensar en cierta pasividad de la persona que percibe y un determinismo del entorno. En los años 40 Merleau-Ponty (filósofo existencialista), comenzará a hablar del papel activo de la persona que percibe y que realiza un proceso de “continuidad de su experiencia” (no percibimos una mesa como fragmentos de fotografías: “frontal”, “lateral”, “patas”... sino que lo integramos en un todo y nos integramos en esa vivencia del objeto), en diálogo con las necesidades de cada situación (“espacialidad de la situación”, e.g. si nos pica un mosquito nos rascamos). En todo caso, Merleau-Ponty reconoce que el entorno guía a la persona por unos caminos particulares (“puntos de agarre”) que indican una relación óptima con el mundo (e.g. distancia a la que nos podemos acercar al fuego para que nos caliente pero no nos quememos).



A esta relación del cuerpo con los puntos de agarre la denomina “intencionalidad motriz” (organizamos nuestro cuerpo de forma diferente cuando vamos a coger un salero que cuando vamos a coger un cuchillo, hay una inteligencia sensoriomotriz en la acción). A partir de estos trabajos James Gibson propondrá en 1977 su teoría de las Affordances (ofrecimientos) indagando en las posibilidades de acción que cada objeto brinda a las personas que interactúan con él.



-Igualmente, Piaget (en los años 30 y 40) criticará ese determinismo y sometimiento a las condiciones del ambiente planteado en los experimentos de Köhler, señalando que los niños son capaces de conectar el palo con algo atractivo (en este caso juguetes en vez de plátanos) porque son capaces de explorar las condiciones y usos del objeto de acuerdo con su experiencia anterior. Bien sabemos el papel que



Piaget confiere a la acción como forma de generar conocimiento y la base del conocimiento abstracto. Merleau-Ponty y otros autores cuestionarán que esa inteligencia sensoriomotriz se circunscriba solo a una etapa del desarrollo.

-En los años 90 varios estudios (e.g. Bower, 1982; Baillargeon, 1992; o Wellman, Cross y Bartsch, 1986) revisaron los experimentos Piagetianos sobre permanencia del objeto (esconder objetos y ver si la criatura los busca o no) y determinaron que los resultados dependían de factores perceptivos, de la posición corporal, de las posiciones de los objetos o de la significatividad de los objetos.

Thelen y Smith (1994) señalarían que diferentes condiciones iniciales darían lugar a diferentes respuestas que orientarían, a su vez, acciones posteriores (Teoría de los Sistemas Dinámicos). Ello también funcionaría en los procesos de categorización (por ejemplo, según si dejamos manipular o no un conjunto de objetos, los agruparemos en función de diferentes rasgos –pesos, formas, colores, temperatura, usos...-).

En estos experimentos se comienzan a vislumbrar algunas ideas básicas sobre:

- a.-El papel de la gestualidad en el procesamiento de la información.
- b.-El papel de la acción en los procesos de construcción de categorías.
- c.-Lo concreto y situado de cada proceso cognitivo.
- d.-La cognición como proceso inacabado de interacciones constantes con el entorno.

Veamos algo más sobre estas ideas en el siguiente apartado.

1.3. Conceptos básicos

a.-El papel de la gestualidad en el procesamiento de la información

Algunos experimentos nos muestran cómo gestos o sensaciones corporales afectan a los procesos cognitivos más abstractos. El conocimiento conceptual resultaría de la activación perceptiva y motora, por lo tanto, los gestos influirían en la construcción de las representaciones mentales. Señalaremos algunos ejemplos.

Willians y Bargh (2008) observaron cómo cambiaba la actitud hacia otras personas en función de si se sostenía una taza de café caliente o fría entre las manos.



Carney, Cuddy y Yap (2015) realizaron varios experimentos en los que diferentes parámetros fisiológicos (niveles de cortisol, testosterona...) que manifiestan estados de ánimo, cambiaban según la posición corporal mantenida por los sujetos estudiados (posiciones abiertas o cerradas).

Pechar y Zwaan (2005) estudiaron como los cambios de gestualidad facial forzados por la sujeción de un lápiz entre los dientes (sonrisa forzada) o entre la nariz y el labio superior (gesto del ceño fruncido) influían en la comprensión de oraciones agradables o desagradables.



Loetscher, Schwarz, Schubiger y Brugger (2008) así como Shaki y Fischer (2014) mostraron que se producen números aleatorios más pequeños si nuestras cabezas o cuerpos giran hacia la izquierda que si giran a la derecha.

Skulmowsky y Rey (2017) estudiaron cómo las sensaciones de peso(se colocaron mochilas a los participantes) podían inhibir el rendimiento de la resolución de problemas, pero mejoraba algo la memoria.

Cherdiou, Palombi y Gerber (2017) mostraron cómo la realización de gestos con diferentes partes del cuerpo mejoraba la memorización anatómica, especialmente tras haber dormido (sueño como factor de consolidación de lo aprendido).

Chu y Kita (2011) estudiaron la influencia de los gestos en la resolución de problemas espaciales, y Alibali y DiRusso (1999) la influencia de los gestos en el conteo.

Del mismo modo, también la actitud cambia nuestra percepción del espacio, como muestra el experimento de Balcetis y Dunning (2007) en el que se proponía a unos estudiantes universitarios la idea de caminar por el Campus disfrazados de Carmen Miranda. Algunos se mostraban entusiastas, otros conformes y otros ridículos con tal propuesta. Tras caminar una distancia por el Campus se les preguntaba por la distancia recorrida. Como era de esperar, a los más entusiastas se les había hecho más corto que a los que se sentían ridículos.



b.-El papel de la acción en los procesos de construcción de categorías y de abstracción.

El trabajo de George Lakoff y Mark Johnson (1980) supuso uno de los primeros referentes en la perspectiva de la cognición incorporada. En él se planteaba la cuestión básica de cómo accedemos a conceptos abstractos, ligándolos a descripciones basadas en experiencias sensoriomotoras. Pensemos en la cantidad de metáforas corporales que usamos para describir situaciones: “le partió el corazón”, “es su mano derecha”, “esto me huele mal”, “hizo de tripas corazón”, “caldeó el ambiente”...

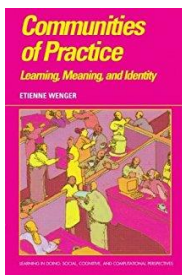


Son muchas las palabras referidas a conceptos abstractos construidas a partir de conceptos reales (pensemos en cordial, recordar o coraje vienen del latín *cordis* – corazón-).

Usamos constantemente metáforas espaciales para hablar del pasado o el futuro o para referirnos a conceptos como clases sociales (“los de arriba y los de abajo”). Miles, Lind y Macrae (2010) demostraron que pensar en el futuro te hacía avanzar y pensar en el pasado que te hacía retroceder (midiendo el ángulo de la rodilla sobre la vertical; algo que supuso críticas metodológicas), sugiriendo que esta influencia es causada por la metáfora subyacente de "el pasado está detrás de nosotros" y "el futuro está por delante de nosotros".



c.-Lo concreto y situado de cada proceso cognitivo



Percibimos y actuamos desde lo que somos y en función del entorno en el que nos encontramos. Los antropólogos Lave y Wenger (1991) comenzaron a hablar de Aprendizaje Situado para recalcar esta dimensión contextual de los procesos de aprendizaje.

Los trabajos de Trofimova (1999, 2014) nos hablan de cómo personas de diferentes edades, sexo o temperamento valoran las mismas situaciones. Por ejemplo, en estos estudios, los hombres con mayor resistencia física estimaron las abstracciones que describen los conceptos relacionados con personas, trabajo/ realidad y tiempo en términos más positivos que los hombres con una resistencia más débil.

d.-La cognición como proceso inacabado de interacciones constantes con el entorno.

Tomemos la frase: “esta frase tiene.....letras”, si intentamos escribir el número de letras en el hueco se genera una reacción circular. Si escribimos “veinte”, al escribirlo producimos un nuevo número de letras y tendríamos que hacer una nueva suma: “veintiséis”, pero habríamos vuelto a cambiar el número de letras y tendríamos que hacer una nueva suma. Esta metáfora nos puede ayudar a comprender nuestros procesos de interacción con el entorno y el concepto de “enacción” (Maturana y Varela) como diálogo en el que configuramos nuestro entorno y este influye en nuestras respuestas posteriores.



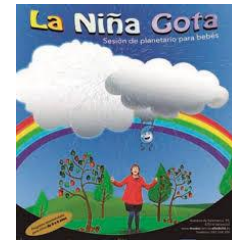
Lieberman y Trope (2008) estudiaron cómo la distancia física, temporal o afectiva con objetos, personas o sucesos condicionaban el nivel de abstracción o concreción del pensamiento sobre los mismos (Teoría del Nivel Construal –CLT- de la distancia psicológica).

2.Implicaciones para la práctica educativa

2.1. La representación de los conceptos ayuda a su comprensión y memorización.

Así lo muestran, por ejemplo los trabajos de Scott, Harris y Rothe (2001) y de Koning, y van der Schoot (2013). En el primero se pedía a varios grupos que retuvieran una historia, unos leyéndola, otros manteniendo una discusión

colaborativa sobre la misma, otros realizando una discusión independiente y otros realizando una improvisación. Estos últimos fueron los que aportaron recuerdos más detallados. Parece que experimentar la historia de forma activa ayuda a recordar y a dar sentido a la misma. Esto lo saben bien los actores de teatro, que “recuperan” su texto a partir de su situación en el escenario y su gestualidad.



2.2. Contenidos de aprendizaje basados en experiencias multisensoriales



Uno de los enfoques teóricos dentro de la cognición incorporada ha sido el Marco de Sistemas de Símbolos Perceptivos de Barsalou (1999). Plantea este autor que los humanos usamos nuestras estructuras neuronales sensoriales para crear representaciones multisensoriales del entorno. Cuando imaginamos un objeto o acción, se activan las estructuras cerebrales activas durante la percepción.

Con el propio lenguaje se activan áreas sensoriomotoras. Boulenger, Hauk y Pulvermüller (2009) mostraron que, por ejemplo cuando se procesa el significado de la palabra “patada” se activan las regiones de la corteza motriz y somatosensorial que representan las piernas.

2.3. Comprendemos mejor lo que concuerda con nuestra experiencia

Glenberg propone la Hipótesis Indexical (Glenberg y Kaschak, 2002) que muestra cómo comprendemos mejor aquellas oraciones que se basan en experiencias que hemos tenido. Una frase como “arranqué una lluvia” carecería de sentido. Eso significa que los procesos sensorimotrices contribuyen a la comprensión del lenguaje. En la práctica supondría que para lograr que el alumnado acceda a ciertos significados nuevos tendríamos que orientarles a través de metáforas o símiles basados en sus experiencias previas. Las metáforas asignarían un dominio familiar a uno desconocido moviendo de la experiencia a la abstracción, permitiendo a los estudiantes extender representaciones familiares basadas en sus experiencias situadas (por tanto, fácilmente comprensibles en términos sensoriomotores) hacia conceptos más abstractos o menos incorporados (Goldin-Meadow-Beilock, 2010).



2.4. Los gestos ayudan a la comprensión y memorización

Ya señalábamos antes cómo los gestos podían colaborar con la memorización. Veamos algunos ejemplos más.

Los trabajos de Cook y Goldin-Meadow (2006) mostraron que los escolares se beneficiaban al observar el uso de gestos por parte de sus docentes ya que les

incitaba a hacer gestos ellos mismos. Los escolares que realizaron gestos obtuvieron unas calificaciones más altas. Estos resultados han sido ratificados por otros experimentos (Nooijer, van Gog, Pas y Zwaan, 2013; Stieff, Lira y Scopelitis, 2016; Toumpaniari, Loyens, Mavilidi y Paas, 2015) que demuestran que el aprendizaje aumenta al permitir que los participantes realicen gestos.

Según Cook y Goldin Meadow (2009) Los gestos que los niños producen espontáneamente cuando explican una tarea predicen si posteriormente aprenderán esa tarea. ¿Por qué? El gesto puede simplemente reflejar la preparación de un niño para aprender una tarea en particular, pero, por otro lado, el gesto puede jugar un papel en el aprendizaje de la tarea. Para investigar estas alternativas, manipularon experimentalmente el gesto de los niños durante la instrucción de un nuevo concepto matemático. Descubrieron que requerir que los niños gesticulasen mientras aprendían el nuevo concepto les ayudó a retener el conocimiento que habían adquirido durante la instrucción. En contraste, requerir que los niños hablen, pero no gesticulen, mientras aprenden el concepto no tuvo ningún efecto en consolidar el aprendizaje. Por lo tanto, los gestos pueden desempeñar un papel causal en el aprendizaje, quizás dando al alumnado una forma alternativa y encarnada de representar nuevas ideas.



Hostetter y Alibali (2008) proponen la idea de Gestos como Acción Simulada (GSA), señalando que los gestos se derivan de simulaciones mentales de acciones y estados perceptivos que utilizamos cuando pensamos y que afectan a los mecanismos cognitivos al servicio de las imágenes mentales, el juicio y la resolución de problemas al aumentar la activación de las áreas sensoriomotoras.

2.5.La gestualidad de docentes también ayuda a la comprensión y memorización

No solo los gestos del aprendiz son importantes, también los realizados por los docentes, tal y como indican varios trabajos.

Alibali, et al. (2013) demostraron que aquellos docentes que habían sido formados en la mejora de sus gestos para explicar ciertos conceptos matemáticos habían logrado mejores resultados en el alumnado que los que no habían usado gestos perfeccionados.



2.6.La manipulación

La base de una posible estructura pedagógica de la cognición incorporada sería la experimentación y manipulación. Las pedagogías activas o los trabajos de Piaget sobre la inteligencia sensorimotora ratificarían estas ideas.



Se han llevado a cabo múltiples estudios en torno a esta idea,

pero recogeremos solo algunos que plantean algunas limitaciones al tema de la manipulación y el aprendizaje experiencial.

Un reciente metaanálisis de 55 estudios (Carbonneau, Marley y Selig, 2013) sobre el aprendizaje de las matemáticas a través de la manipulación mostró que los estudios realizados con niños de 7 a 11 años de edad dieron como resultado efectos más altos de la manipulación que los estudios con niños de 3 a 6 años de edad o niños mayores de 12 años. La menor riqueza perceptiva (por ejemplo, bloques lisos) produjo efectos más altos que una mayor riqueza perceptiva (por ejemplo, pizzas de juguete). Se encontraron efectos más altos para los temas matemáticos de fracciones, y álgebra que para geometría y aritmética. Finalmente, una orientación docente alta produjo mejores resultados en el aprendizaje que una guía de instrucción baja.



La riqueza perceptiva y la estructura de la manipulación tienen un efecto en los resultados de los estudiantes. Martin y Schwartz (2005), por ejemplo, impartieron clase sobre las fracciones usando trozos de tarta o azulejos. Los hallazgos mostraron que aquellos que usaron azulejos podían transferir mejor sus habilidades de adición de fracciones a otros manipulativos que aquellos que usaban trozos de tarta. El hipotético mecanismo que subyace a estos hallazgos es que la estructura de las cuñas de pastel le dio al aprendiz una interpretación parcial, por lo que no aprendieron a hacer e interpretar tales agrupaciones y estructuras completas por sí mismos. Por lo tanto, si bien las porciones de pastel pueden ayudar inicialmente a los estudiantes con la solución de problemas en ese contexto específico, la estructura agregada añadió una riqueza perceptiva que les impidió transferir ese conocimiento a otros tipos de problemas. En otro estudio que analizó la riqueza perceptiva, a los estudiantes de cuarto y sexto grado se les dieron billetes y monedas perceptualmente ricos (es decir, parecidos a los billetes y monedas del mundo real) o billetes y monedas menos realistas (por ejemplo, papel blanco con negro) para ayudarles a resolver problemas relacionados con el dinero (McNeil, Uttal, Jarvin y Sternberg, 2009). Aquellos que usaron dinero más realista cometieron la mayoría de los errores. Ello podría explicarse dado que el uso de objetos salientes dificulta el proceso de representación de conceptos abstractos (ver también Uttal, Scudder y DeLoache, 1997). Existe una compensación entre los dos tipos de manipuladores porque los estudiantes más jóvenes que no han aprendido los algoritmos relevantes de la escuela pueden necesitar la ayuda de billetes y monedas para resolver los problemas, mientras que los estudiantes mayores que tienen un mayor dominio pueden no obtener ningún beneficio de billetes y monedas perceptualmente ricos (McNeil, Uttal, Jarvin y Sternberg, 2009).



En cuanto a la metodología Mayer (2004) investigó que descubrimiento guiado fue más efectivo que el descubrimiento puro para ayudar a los estudiantes a aprender y hacer transferencias. En particular, los experimentos sugieren que el descubrimiento sin ayuda no beneficia a los estudiantes, mientras que la retroalimentación, los ejemplos resueltos, los andamios y las explicaciones sí lo

hacen (Alfieri et al., 2011). Las explicaciones para esto incluyen las posibilidades de que más tareas guiadas reduzcan las demandas de memoria de trabajo y habilidades de funcionamiento ejecutivo para permitir que los alumnos dirijan esos esfuerzos a los procesos de resolución de problemas (Kirschner, Sweller y Clark, 2006).

Entonces ¿habría que hacer siempre manipulaciones? Según Tran, Smith, y Buschkuehl (2017) es posible que los manipuladores físicos y concretos sean mejores para aprender al principio, pero que los manipuladores digitales sean mejores para la transferencia. Por lo tanto, si los alumnos pueden pasar de lo concreto a lo digital, pueden obtener el beneficio de ambos. Como técnica de andamiaje, los estudiantes más jóvenes pueden comenzar con manipuladores concretos antes de usar los digitales.

2.7. El grado de implicación corporal

Finalmente, señalamos uno de los temas sobre los que se ha investigado en la última década referido a las implicaciones para el aprendizaje que tiene el grado



de implicación corporal o la demanda de movimiento en las tareas de aprendizaje.



Aunque los diferentes estudios muestran variedad de resultados dependiendo de los ámbitos de intervención (matemáticas, lengua, ciencias...), en general podemos concluir que una mayor implicación corporal (manipulando, haciendo, representando...) conllevará mejores resultados de aprendizaje (un resumen de investigaciones lo podemos encontrar en Skulmowski y Rey, 2018).

REFERENCIAS

- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 1-18.
- Alibali, M. W., y DiRusso, A. A. (1999). The function of gesture in learning to count: More than keeping track. *Cognitive Development*, 14(1), 37-56.
- Alibali, M.W.; Young, A.G.; Crooks, N.M.; Yeo, A.; Wolfgram, M.S.; Ledesma, I.; Nathan, M.J.; Church, R.B. y Knuth, E.J. (2013). Students learn more when their teacher has learned to gesture effectively. *Gesture*, 13 (2), 210 - 233.
- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 577-660.

- Boulenger, V., Hauk, O., y Pulvermüller, F. (2008). Grasping ideas with the motor system: semantic somatotopy in idiom comprehension. *Cerebral cortex*, 19(8), 1905-1914.
- Bower, T. (1982). *El mundo perceptivo del niño*. Madrid: Morata.
- Carbonneau, K. J., Marley, S. C., & Selig, J. P. (2013). A meta-analysis of the efficacy of teaching mathematics with concrete manipulatives. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 380–400.
- Carney, D. R., Cuddy, A. J., & Yap, A. J. (2015). Review and Summary of Research on the Embodied Effects of Expansive (vs. Contractive) Nonverbal Displays. *Psychological Science*, 26(5), 657-663.
- Cook, S.W. y Goldin-Meadow, S. (2006). The role of gesture in learning: Do children use their hands to change their minds? *Journal of Cognition and Development*, 7, 211-232.
- Cherdiou, Palombi y Gerber (2017). Make Gestures to Learn: Reproducing Gestures Improves the Learning of Anatomical Knowledge More than Just Seeing Gestures. *Frontiers in Psychology*, 8, 1689.
- Chu, M., & Kita, S. (2011). The nature of gestures' beneficial role in spatial problem solving. *Journal of Experimental Psychology: General*, 140(1), 102–116.
- Gibson, J.J. (1977). The Theory of Affordances. In R. Shaw & J. Bransford (Eds.), *Perceiving, acting, and knowing: Toward an ecological psychology* (pp. 67-82). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Glenberg, A. M., & Kaschak, M. P. (2002). Grounding language in action. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(3), 558–565.
- Goldin-Meadow, S., y Beilock, S. L. (2010). Action's influence on thought: The case of gesture. *Perspectives on Psychological Science*, 5(6), 664–674.
- Hostetter, A.B. y Alibali, M.W. (2008). Visible embodiment: Gestures as simulated action. *Psychonomic Bulletin & Review* 15: 495-514.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., y Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- Köhler, W. (1929b/1967). *Psicología de la configuración*. Madrid: Morata.
- Koning, B. B., y van der Schoot, M. (2013). Becoming part of the story! Refueling the interest in visualization strategies for reading comprehension. *Educational Psychology Review*, 25, 261-287
- Lakoff, G. y Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live By*. Chicago: Chicago U. Press.
- Lieberman, N. y Trope, Y. (2008). The Psychology of Transcending the Here and Now. *Science*, 322(5905), 1201–1205.
- Loetscher, T., Schwarz, U., Schubiger, M., & Brugger, P. (2008). Head turns bias the brain's internal random generator. *Current Biology*, 18(2), 60–62.
- Martin, T., y Schwartz, D. L. (2005). Physically distributed learning: Adapting and reinterpreting physical environments in the development of fraction concepts. *Cognitive Science*, 29(4), 587–625.
- Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *The American Psychologist*, 59(1), 14–19.
- McNeil, N. M., Uttal, D. H., Jarvin, L., y Sternberg, R. J. (2009). Should you show me the money? Concrete objects both hurt and help performance on mathematics problems. *Learning and Instruction*, 19(2), 171–184.

- Merleau-Ponty, M. (1945/1985). *Fenomenología de la percepción*. Barcelona: Planeta-Agostini.
- Pecher, D.; Zwaan. R.A. (2005). *Grounded Cognition*. Cambridge: Cambridge U.Press
- Piaget, J. (1946/1987). *La formación del símbolo en el niño*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Scott, C. L.; Harris, R. J.; Rothe, A.R. (2001). Embodied Cognition Through Improvisation Improves Memory for a Dramatic Monologue. *Discourse Processes*. **31** (3): 293–305
- Shaki, S., & Fischer, M. H. (2014). Random walks on the mental number line. *Experimental Brain Research. Experimentelle Hirnforschung. Experimentation Cerebrale*, 232(1), 43–49.
- Skulmowski, A., y Rey, G. D. (2017). Bodily effort enhances learning and metacognition: Investigating the relation between physical effort and cognition using dual-process models of embodiment. *Advances in Cognitive Psychology*, 13, 3–10.
- Skulmowski, A. y Rey, G. D. (2018). Embodied learning: introducing a taxonomy base don bodily engagement and task integration. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 3, 6.
- Stieff, M., Lira, M.E. y Scopelitis, S.A. (2016). Gesture supports spatial thinking in STEM. *Cognition and Instruction*, 34, 80-99.
- Thelen, E. & Smith, L. B. (1994). *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Cambridge: The MIT Press.
- Toumpaniari, K., Loyens, S.; Mavilidi, M. y Paas, F. (2015). Preschool children's foreign language vocabulary learning by embodying words through physical activity and gesturing. *Educational Psychology Review*, 27, 445-456.
- Tran, C., Smith, B., & Buschkuehl, M. (2017). Support of mathematical thinking through embodied cognition: Nondigital and digital approaches. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2(1), 16
- Trofimova, I. (1999). An Investigation of How People of Different Age, Sex, and Temperament Estimate the World. *Psychological Reports*. 85(2), 533–552.
- Uttal, D. H., Scudder, K. V., y DeLoache, J. S. (1997). Manipulatives as symbols: A new perspective on the use of concrete objects to teach mathematics. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 18(1), 37–54.
- Wellman, H. M., Cross, D. & Bartsch, K. (1986). Infant search and object permanence: a meta-analysis of the A-not-B error. *Monographs of the so-ciety for research in child development*, 51(3), 1-67.
- Williams, L.E. y Bargh, J.A. (2008). Experiencing Physical Warmth Promotes Interpersonal Warmth. *Science* 322, 606 .DOI: 10.1126/science.1162548