

Modulación de la coherencia motora por los adverbios temporales

Luca Tourn Bacci

Trabajo Final de Grado para obtener el título de:

Licenciado en Psicología

Universidad de la República

Facultad de Psicología

Orientador: Prof. Adj. Dr. Roberto Aguirre

Revisor: Prof. Tit. Dr. Leonardo Peluso

2022

Resumen

Esta investigación trató de contestar cuáles pueden ser los alcances de la simulación mental de la actividad motora y la experiencia temporal (esta última como parte del contexto de la actividad cognitiva) en la comprensión del significado de frases. De este modo, se buscó responder si la simulación mental ofrece una alternativa para entender la manera en que procesamos el significado. Según la hipótesis de este estudio, la simulación mental del tiempo y de la estructura motora de las acciones facilitará la comprensión del contenido semántico. Para testear esta hipótesis, el estudio invitó a 15 hablantes nativos de español para realizar tareas de juicio de sensibilidad y de presencia de una palabra en el Laboratorio de Psicología Experimental CENUR Salto. Los resultados confirmaron que efectivamente la demanda cognitiva es mayor al tratar de procesar acciones que recaen sobre los mismos efectores expresados de forma simultánea que de forma secuencial. Estos hallazgos acumulan evidencia a favor de la hipótesis de indexación y de las sugerencias del entorno de la cognición corpórea.

1. Introducción

En un sentido amplio, esta investigación se aboca al problema de cómo está organizado, cómo opera el procesamiento semántico, a partir de las alternativas entre modelos simbólicos versus modelos corporeizadas sobre dicha sección de la actividad cognitiva en los humanos. Esta manera dicotómica en que se presenta el problema de investigación (abordaje simbolista vs abordaje corpórea) es una alternativa para presentar las diferencias entre las tradiciones científicas que se han abocado al tema del procesamiento cognitivo y semántico en particular.

De manera específica, esta investigación trata de contestar cuáles pueden ser los alcances de la simulación mental de la actividad motora y la experiencia temporal (esta última como parte del contexto de la actividad cognitiva) en la comprensión del significado de frases. Esta investigación busca responder si la simulación mental ofrece una alternativa para entender la manera en que procesamos el significado.

La forma en que la comprensión semántica se ve atravesada por la información temporal y la coherencia motora ha sido investigada desde distintas teorías. De Vega y Santana (2013) evidenciaron que en la comprensión semántica de una frase el tiempo no es un factor adicional e independiente de otros tipos de información. Para estos autores, algunas de las variables involucradas son las restricciones físicas que suponen la ejecución simultánea de tareas que dependen de los mismos efectores.

A diferencia del computacionalismo, la *Cognición corpórea* sugiere que el cuerpo requiere de una mente para funcionar. La *Cognición corpórea* pretende realizar modelos teóricos de la cognición incorporando o satisfaciendo los siguientes supuestos: la actividad cognitiva humana toma lugar en el contexto de un ambiente real del mundo, e inherentemente implica acción perceptiva y motora e involucra la interacción con las cosas acerca de las cuales es la actividad cognitiva. Fundamentalmente, sus modelos pretenden

satisfacer la consideración de que, mientras se está llevando a cabo un proceso cognitivo, la información perceptiva que afecta al pensamiento sigue llegando, modelando los procesos superiores, y la actividad motora ejecutada afecta al medio ambiente y a los procesos cognitivos superiores de manera relevante para la tarea (Wilson, 2002).

La propuesta de la *Cognición corpórea* aparenta dar una respuesta consistente a la problemática al papel de la actividad motora y la información temporal en la comprensión semántica. Desde el paradigma de simulación mental, se propone la hipótesis de indexación (Glenberg & Robertson, 1999, 2000). La hipótesis de indexación plantea que la comprensión lectora consta de tres procesos: Primeramente se da una asociación entre estímulo (palabra) y su referente semántico (significado), lo que se conoce como indexar. Luego su *affordance* (conjunto de concepciones referentes a la utilidad de un determinado objeto físico) es asimilada. Finalmente, la comprensión es guiada por los aspectos gramaticales brindados por el párrafo (adverbios de tiempo como “Mientras” o “Después”).

La simulación mental se concibe como “el acto de imaginar y de generar realidades alternativas” (Markman et al., 2009). Ésta concepción da lugar al entendimiento del procesamiento cognitivo no como la codificación de símbolos, sino como la integración de información sensorial la cual es reproducida luego en imágenes mentales, habilitando de esta forma la simulación de un probable resultado y, finalmente, procesos simbólicos. En ella, el rol principal lo tendría la memoria, ya que es mediante a la evocación de recuerdos de lo que percibimos en experiencias pasadas que podemos crear posibles escenarios futuros. El campo de indagación respecto a la naturaleza de estas simulaciones es muy ecléctico. En este estudio nos interesa específicamente los que refieren a las simulaciones motoras y temporales. Siguiendo estas consideraciones, se accede a la cognición mediante una serie de procesos que involucran al cuerpo y sus funciones motoras anclados en un entorno determinado. Entonces, las representaciones mentales tienen lugar a partir del despliegue de

actividades que involucran la acción. En esta perspectiva, los procesos constituyentes de la cognición estarían basados en los programas de acción corporal y consolidarían procesos superiores, susceptibles de ser representados de manera simbólica.

En lo que respecta al lenguaje, se han establecido una serie de supuestos que afirman que en el cerebro se producen simulaciones mentales de las experiencias motoras vividas (p.e., Zwaan & Radvansky, 1998; Barsalou, 2003; Fischer & Zwaan, 2008). Éstas permitirían el acceso a la comprensión semántica. Una serie de evidencias científicas validan la modulación entre la comprensión semántica y la activación sensorio-motriz asociada: Tettamanti (2005) corroboró que leer frases relacionadas a acciones como “*yo como la manzana*” o “*pateo la pelota*” activa las mismas áreas del córtex premotor que aquellas activadas durante el actual movimiento de los efectores de la boca y la pierna, de forma respectiva. De la misma forma, estudios basados en estimuladores magnéticos transcraneales apuntan que susodicha activación de los sustratos motores reguladores de las acciones representadas en las oraciones (resonancia motora) son parte importante de la comprensión, más que un mero factor causal de la misma (Pulvermüller et al., 2005).

En lo que al tiempo respecta, los estudios actuales dejan claro que al momento de recordar las personas reconstruyen sus memorias, haciendo suposiciones fieles a lo que creen haber pasado (Neisser & Harsch 1992; Schacter, 1996). Las restricciones motoras planteadas se basan en el recordar las acciones previamente realizadas y en que la retrospección tiende a estar sujeta a más chequeos de realidad que la prospección. Lo anterior resulta bastante obvio si pensamos que es así porque el pasado “ocurrió”. Más aún, la simulación resulta un mecanismo que permite a una persona recordar de forma contrafactual un pasado que pudo haber sucedido, pero que en realidad no sucedió. Entonces, los factores temporales tendrían un rol igual de importante en la comprensión semántica. Se ha evidenciado que el mismo significado temporal se procesa a través de la

coactivación motora y perceptiva del espacio. (p. e., Richardson et al., 2003; Anderson, et al., 2013; Casasanto & Boroditsky, 2008; Aguirre & Santiago, 2017).

Así lo sugieren los estudios sobre el Mental Time Travel (MTT) (e.g., Suddendorf et al., 2011): la capacidad de reconstruir mentalmente eventos personales del pasado (memoria episódica) así como imaginar posibles escenarios futuros (previsión episódica o pensamiento futuro episódico). Según el consenso general actual en el ámbito, la habilidad de simular eventos, sean estos respecto el futuro personal, o un pasado contrafactual, recae sobre la habilidad de recordar el pasado. Desde este enfoque, la memoria episódica representa un sistema constructivo inherente que permite al ser humano simular tanto su pasado como su futuro.

El objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos de la simulación mental de los aspectos motores y temporales de frases en la comprensión de las mismas, a través de la medición de los tiempos de lectura y la tasa de acierto en la asignación de la coherencia semántica. De este modo, el estudio ayudará a responder hasta dónde la actividad perceptiva y motora proyecta esquemas relevantes en la comprensión lingüística.

Este estudio se hizo con la hipótesis de que la simulación mental del tiempo y de la estructura motora de las acciones facilitará la comprensión del contenido semántico. Como predicción, se esperaron mayores latencias de lectura y menores tasas de acierto (nivel de coherencia) cuando, para ser realizadas, las acciones referidas recaigan sobre los mismos efectores y sean descritas como simultáneas respecto a cuando sean descritas como sucesivas.

Experimento

2. Método

2.1.1. Participantes

16 hablantes nativos de español ($M = 35,7$, $SD = 11,2$; $H = 9$, $M = 7$, diestros: 15, zurdos: 1; 12 estudiantes de grado y 4 con secundaria terminada como máximo). Se calculó que para alcanzar un tamaño del efecto grande, de .80 (calculado con la escala de Cohen, 1988) ($1-\beta = 0.90$, $\alpha = 0.10$) se necesitó una muestra de 16 participantes. El poder estadístico real de esta muestra fue de .92. Los participantes fueron convocados de la población adulta de la ciudad de Salto, siguiendo los procedimientos de Hoja informativa y Consentimiento informado dictados por el Comité de Ética en Investigación con Humanos del CENUR sede Salto.

2.2. Materiales

Para la correcta confección de la tarea experimental, se realizaron tres estudios normativos de evaluación de ítems. Se mencionan a continuación.

2.2.1. Estudio de normalización de temporalidad interna de verbos (segundo/minuto/hora).

Este estudio fue una normalización de la conceptualización o estimación de la duración de las acciones expresadas en verbos libres (no asociados a un objeto) y verbos de objeto, que fueron empleados en la tarea que contesta la pregunta de investigación del proyecto. Este pre-experimento consistió en una discriminación temporal de la duración de los eventos expresados por los verbos, los cuales se presentaron en una pantalla de computadora de forma intermitente aleatoria, antecedida por un punto de fijación y precedida por una pantalla blanca.

En este estudio participaron 17 sujetos ($M = 30.7$, $SD = 11.26$, $H = 4$, $M = 13$, diestros = 12, zurdos = 5), de los cuales se tomaron los datos de 15 informantes. Dos participantes

fueron removidos porque su precisión estuvo por abajo del 50 % de aciertos. Se usaron 151 verbos españoles (92 de objeto 59 libres) como estímulo.

Ésta y las siguientes tareas se programaron y los datos se levantaron usando el programa *E-Prime* (Schneider et al., 2002). Igualmente, el levantamiento de datos para ésta y las siguientes tareas se realizó en el Labpex CENUR Salto.

Cada ensayo inició con un punto de fijación, seguido del verbo al cual clasificar. Éste permaneció en la pantalla hasta la respuesta del participante o 5 segundos. Después de una pausa de 3000 milisegundos, empezó el siguiente ensayo. La tarea consistió en la presentación de un verbo en infinitivo en el centro de la pantalla. Se pidió a los sujetos clasificar la duración de los eventos expresados por dichos verbos en alguna de tres alternativas: segundos, minutos u horas. Para ello, debieron pulsar una tecla que indicaba alguna de esas tres alternativas en la consola *Chronos* (Psychology Software Tools) (primera tecla, para segundos; tercera tecla, para minutos; quinta, para horas, dispuestas de izquierda a derecha). En este caso se contabilizaron las respuestas de duración para cada verbo.

Para el análisis de datos se usaron los programas *Excel Open Office* (Leete et al., 2004) y *SPSS 20* (Nie et al., 1975). Dada la distribución no normal de los datos, se realizó una prueba no paramétrica. Para el análisis de datos se hizo un análisis de χ^2 de bondad de ajuste. La tabla 1 muestra la distribución de las frecuencias.

Tabla 1

Distribución de frecuencia

Duración	n_a	n_p	$n\%$
Segundos	930	.42	42
Minutos	705	.31	31
Horas	615	.27	27
Total	2250	1	100

Nota. n_a indica la cantidad absoluta de respuestas, considerando 151 verbos y 16 participantes.

El criterio de corte para considerar como normativa la preferencia de respuesta para cada verbo fue del 86.6% (13 de 15 respuestas). Como resultado, 61 verbos alcanzaron una proporción de preferencia de .87 en alguna de las duraciones (segundos, minutos, horas). Dichos verbos y su valor normativo en duración se muestran en la tabla 2. Por lo tanto, fueron utilizados en el experimento 2. La tabla 2 muestra los verbos normalizados en cada alternativa de duración.

Tabla 2

Normalización de verbos por duración de los eventos representados

Duración	Verbos
Segundos	<p>Abrir; Abrir la ventana; Abrir un paraguas; Acelerar; Arrojar; Asustar; Caer del árbol; Cambiar la radio; Cerrar con llave; Depositar dinero; Disparar; Empezar; Encender la radio; Enfriarse; Enviar un mensaje; Estornudar; Firmar un contrato; Firmar un documento; Frenar; Gritar; Guardar dinero; Ponerse el cinturón; Ponerse lentes; Respirar; Saludar; Subirse a la moto; Subirse al auto; Tocar el timbre; Tomar agua; Tomar helado; Toser; Tropezar</p>
Minutos	<p>Afeitarse la cara; Armar el árbol de navidad; Bañar al perro; Bañarse; Barrer; Cantar; Cavar; Cepillarse los dientes; Cocinar; Comer empanadas; Comer pastel; Contar hasta 100; Contar un chiste; Cortarse el pelo; Cortarse las uñas; Hacer un batido; Hervir; Ordenar delivery; Peinar al gato; Peinarse; Pelar papa; Pintarse las uñas; Poner la mesa; Servir la cena; Vestirse</p>
Horas	<p>Bailar en la discoteca; Escuchar música; Estudiar; Envejecer; Festejar un cumpleaños; Ir al cine; Hacer una rutina en el gim; Tejer; Pintar un cuadro; Construir una cabaña; Diseñar un plano; Adelgazar; Crecer; Criar;</p>

Comprender; Construir; Cosechar; Dormir; Durar; Engordar;
 Pintar un cuadro; Pintar un cuarto; Salir a correr; Trabajar;
 Viajar

La prueba de χ^2 -realizada con el programa SPSS versión 25 (SPSS, 2017)- mostró una diferencia significativa entre los tres niveles de la variable Duración de los eventos ($\chi^2 = 49,459$, $p < .001$). Sin embargo, este resultado no explica la comparación por pares. De este modo, al comparar por pares, los relativos a segundos vs. minutos ($\chi^2 = 335,050$, $p < .001$), segundos vs. horas ($\chi^2 = 8,448$, $p = .004$) y horas vs. minutos ($\chi^2 = 48,139$, $p < .001$) resultaron significativos. Como muestran los resultados hay una diferencia significativa para todos los pares. Es decir, los resultados muestran una cantidad significativamente mayor de eventos normalizados con una duración en minutos, seguido de segundos y, finalmente, de horas.

2.2.2. Estudio de normalización de preferencia de modalidad representacional (visual vs motora). El cometido de este estudio fue, una vez más, la normalización de estímulos. En esta ocasión, el objetivo fue saber el grado de imaginabilidad con el que se simulan las acciones o eventos representados por los verbos. El experimento se realizó con el supuesto de que la primera persona indica un alto grado de imaginabilidad y la tercera persona un bajo grado de la misma. La predicción fue que habría un bajo sesgo por una alta imaginabilidad (elección de la primera persona) en la totalidad -o gran mayoría- de los verbo y que ese sesgo podría ser mayor para verbos concretos.

Participaron 16 sujetos ($M = 25.5$, $SD = 3.65$, $H = 10$, $M = 6$, diestros = 13, zurdos = 2). Todos los participantes contaron con el liceo terminado. Dos participantes fueron

removidos porque no comprendieron la tarea. En esta ocasión se usaron los 61 verbos normalizados de la primera normalización de ítems.

Cada ensayo inició con un punto de fijación, seguido del verbo al cual clasificar como más o menos imaginable o vívida. Éste permaneció en la pantalla hasta la respuesta del participante. Se solicitó al participante que, tras leer el verbo en la pantalla, imaginarse el evento en primera o tercera persona. Después de una pausa de 3 segundos empezó el siguiente ensayo. Para dar su respuesta, los participantes debieron pulsar una alternativa -usando teclas (Q, W, E, R, T, Y, U, I, O, P) de un teclado QWER cableado con pegatinas sustituidoras- en una escala de -5 a +5, correspondiendo -5 a la opción menos vívida y +5 a la más vívida. También, se utilizaron las teclas “H” para el valor “0” y la tecla “N” para respuestas enmarcadas con NO SABE / NO CONTESTA. Los verbos fueron presentados dos veces por participante a fin de conseguir una respuesta más sólida y evaluar la consistencia de la misma.

En este caso se contabilizaron las respuestas de preferencia de persona gramatical para cada verbo. Dada la distribución no normal de los datos, se realizó una prueba no paramétrica. Para el análisis de datos se hicieron dos análisis de la distribución binomial. 33 ensayos fueron removidos por tener valores nulos o la alternativa NO SABE / NO CONTESTA. El primer análisis con el total de los datos, colapsando la cantidad de veces que el participante fue sometido a cada verbo a la opción dicotómica primera persona o segunda persona. En el segundo análisis, el conjunto de datos se dividió entre los relativos a la primera presentación del verbo y el segundo conjunto de datos para la segunda presentación del verbo. El objetivo de esta estrategia de análisis fue poder evaluar el efecto de la presentación de cada verbo en más de una ocasión y, también, evaluar la consistencia de la elección de los participantes a lo largo de varias presentaciones del verbo. Para ambos análisis, las respuestas -5 a -1 se colapsaron en una categoría (tercera persona-baja imaginabilidad) y las respuestas 5

a 1 se colapsaron en otra categoría (primera persona-alta imaginabilidad). La tabla 3 muestra la distribución de las frecuencias.

Tabla 3

Distribución de frecuencia de las respuestas de imaginabilidad según la persona gramatical

Imaginabilidad	n_a	n_p	$n\%$
Primera persona	979	.58	58
Tercera persona	716	.42	42
Total	1695	1	100

Nota. Las respuestas "0" y "7" no están contabilizadas por representar NO DECIDIR y NO RESPUESTA. De allí que el total de ensayos no coincide con los 1708 del total de los ensayos esperados.

Por su parte, el resultado de la prueba de distribución binomial -realizada con el programa SPSS versión 25 (SPSS, 2017)- para el total de la presentación de los verbos mostró una preferencia por la alta imaginabilidad (.58) similar a la esperada .60, $p < .001$, (1-sided). Al analizar el efecto de la variable Presentación mediante un test de χ^2 de bondad de ajuste, los resultados mostraron que no hubo cambios significativos en las preferencias entre las dos presentaciones ($\chi^2 = .102$, $p = .750$). La diferencia a favor de la primera persona -alta imaginabilidad- se mantuvo entre presentaciones de los verbos ($\chi^2 = 72,405$, $p < .001$). La

figura 1 ilustra dichos resultados.

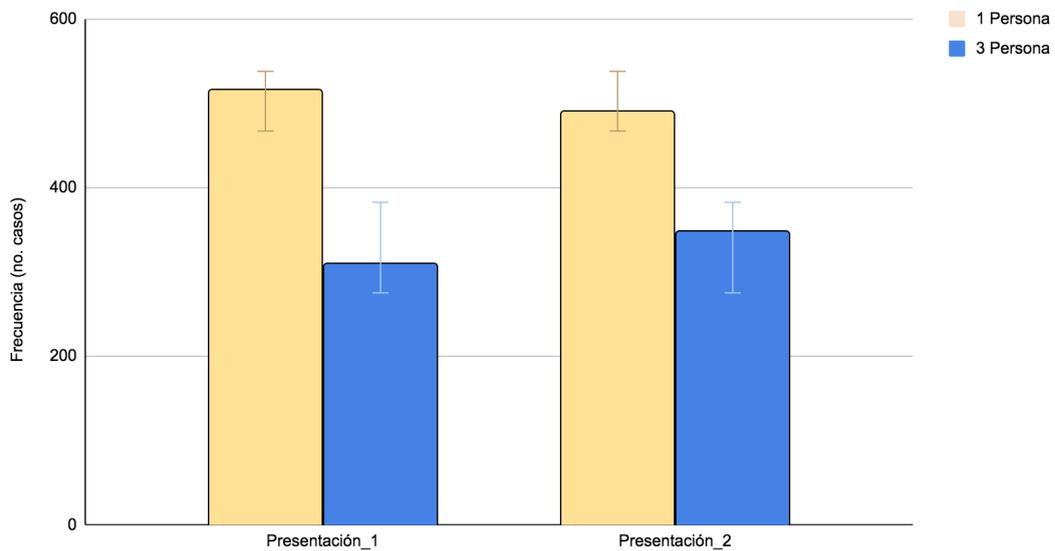


Figura 1

Distribución de frecuencia de los niveles de imaginabilidad (1era persona: alta imaginabilidad, 3a persona: baja imaginabilidad). Las barras de error representan el error estándar (SE) de la media.

2.2.3. Estudio de normalización de plausibilidad temporal (simultáneo vs secuencial). El último estudio normativo tuvo como cometido identificar los verbos cuya simulación mental no suponía una incoherencia a nivel de simultaneidad de ejecución por parte de los efectores involucrados. En este estudio se normalizó la plausibilidad de ejecución simultánea de 95 verbos, 50 de los cuales fueron juzgados como plausibles de ejecución simultánea, mientras 45 fueron juzgados como implausibles.

En esta ocasión participaron 21 sujetos ($M=23,6$ $SD=$, $H=10$, $M=10$, diestros = 18, zurdos = 2; 18 estudiantes de grado y 3 con secundaria terminada como máximo), de los cuales se tuvieron en cuenta 20 casos.

Cada ensayo inició con un punto de fijación, seguido de la presentación del par de verbos de forma vertical separados por un símbolo de más, los cuales los sujetos debían clasificar como plausibles o menos plausibles. Éste permaneció en la pantalla hasta la respuesta del participante. Se solicitó al participante que, tras leer el par de verbos en la pantalla, imaginara ambas acciones siendo realizadas de forma simultánea. Después de una pausa de 3000 milisegundos empezaba el siguiente ensayo. Para dar su respuesta, los participantes debieron pulsar una alternativa -usando una de las teclas (1, 2, 3, 4, 5) de un panel de respuesta *Chronos* (Psychology Software Tools, 2015) - en una escala de 1 a 5, correspondiendo 1 a la opción menos plausible y 5 a la más plausible. Los pares de verbos fueron presentados dos veces por participante a fin de conseguir una respuesta más sólida y evaluar la consistencia de la misma.

En este caso, se contabilizaron las respuestas de plausibilidad de ejecución simultánea para cada par de verbos. Para el análisis de datos se hizo un análisis descriptivo de la distribución de las respuestas en *Excel Open Office* (Leete et al., 2004). Se contabilizaron los ítems en base al porcentaje de respuestas favorables o negativas tomando el punto de corte 13 (65%) como puntaje mínimo para pertenecer a una estructura temporal (simultáneo vs. secuencial). 50 ensayos fueron juzgados como plausibles mientras 45 fueron juzgados como no plausibles, la totalidad de los ensayos fue utilizada en la tarea experimental. Para ambos análisis, las respuestas 1 a 2 se colapsaron en una categoría (baja plausibilidad) y las respuestas 3 a 5 se colapsaron en otra categoría (alta plausibilidad). La tabla 4 muestra cuáles verbos fueron considerados plausibles y cuáles no. Por los primeros, nos referimos a aquellos que no presentaron disonancias a nivel de simulación mental simultánea. Por los segundos,

aquellos que sí presentaron disonancias.

Tabla 4

Normalización de plausibilidad

Plausibilidad	Par de verbos
Plausibles	Cerrar con llave + Ponerse lentes; Subirse a la moto + Acelerar; Abrir la ventana + Saludar; Subirse al auto + ponerse el cinturón; Respirar + Cerrar con llave; Abrir + Saludar; Subirse a la moto + Ponerse lentes; Ponerse el cinturón + Abrir la ventana; Estornudar + Pintar un cuadro; Tomar agua + Cosechar; Ponerse lentes + Pintar un cuadro; Respirar + Pintar un cuadro; Respirar + Dormir; Ponerse lentes + Cepillarse los dientes; Respirar + Contar un chiste; Saludar + Ordenar delivery; Ponerse lentes + Vestirse; Pintar un cuadro + Tomar agua; Trabajar + Abrir; Trabajar + Tomar agua; Pintar un cuadro + Tomar agua; Pintar un cuadro + Estornudar; Viajar + Ponerse el cinturón; Cosechar + Tropezar; Viajar + Trabajar; Cosechar + Trabajar; Viajar + Dormir; Pintar un cuadro + Trabajar; Cosechar + Contar un chiste; Viajar + Tomar helado; Pintar un cuadro + Ordenar delivery; Viajar + Subirse al auto; Cepillarse los dientes + Respirar; Comer empanadas + Abrir la ventana; Pelar papa +

Estornudar; Vestirse + Tropezar; Comer pastel + Tomar agua;
 Comer empanadas + Saludar; Ordenar delivery + Estudiar;
 Comer empanadas + Estudiar; Contar un chiste + Pintar un
 cuarto; Comer pastel + Tomar helado; Peinarse + Bañarse;
 Contar un chiste + Vestirse; Bañarse + Cepillarse los dientes;
 Pelar papa + Contar un chiste; Cortarse las uñas + Ordenar
 delivery; Subirse al auto + Peinarse; Ponerse lentes +
 Estudiar; Cortarse las uñas + Contar un chiste.

No plausibles Abrir + Frenar; Acelerar + Subirse a la moto; Subirse al auto
 + tropezar; Frenar + Viajar; Tomar helado + Dormir; Ponerse
 el cinturón + Pintar un cuadro; Abrir + Estudiar; Cerrar con
 llave + Viajar; Tropezar + Cortarse las uñas; Acelerar + Pelar
 papa; Frenar + Comer pastel; Tropezar + Tomar helado; Abrir
 + Vestirse; Dormir + Cerrar con llave; Dormir + Estornudar;
 Dormir + Frenar; Estudiar + Pelar papa; Pintar un cuarto +
 Pintar un cuadro; Estudiar + Dormir; Cosechar + Estudiar;
 Dormir + Trabajar; Viajar + Pintar un cuarto; Pintar un cuarto
 + Comer pastel; Cosechar + Peinarse; Trabajar + Cortarse
 las uñas; Estudiar + Cepillarse los dientes; Pintar un cuadro +
 Comer empanadas; Cortarse las uñas + Frenar; Pelar papa +
 Abrir la ventana; Peinarse + Acelerar; Peinarse + Pintar un
 cuadro; Ordenar delivery + Viajar; Peinarse + Pintar un
 cuadro; Ordenar delivery + Viajar; Peinarse + Pintar un
 cuarto; Bañarse + Estudiar; Cepillarse los dientes +

Cosechar; Cepillarse los dientes + Trabajar; Bañarse +
Comer empanadas; Comer pastel + Comer empanadas; Abrir
+ Bañarse.

Descartados Trabajar + Subirse a la moto; Tomar helado + Trabajar;
Ordenar delivery + Bañarse; Cepillarse los dientes + Vestirse;
Vestirse + Abrir la ventana.

Después de los procedimientos de evaluación de ítems, la clasificación del realismo de los eventos expresados por las frases, se tuvo en cuenta las restricciones corporales. Los eventos que supusieron dichas restricciones corporales serán etiquetadas como no plausibles, dado que su realizan con los mismos efectores no coincide temporalmente. El caso opuesto, como plausibles, dado que se realizan con distintos efectores o que la realización con los mismos no restringe su uso en el mismo momento. La clasificación de las frases según su realismo (plausible vs no plausible) fue entendida como *plausibilidad*. Los materiales fueron 120 párrafos: 40 refirieron a frases expresadas con la temporalidad secuencial (“Después de”). 20 de éstas fueron consideradas plausibles. Las otras 20, no plausibles. Las oraciones no sensibles incluyeron cambios en el orden canónico de las acciones, fomentando un orden absurdo o imposible en lo que refiere a la secuencia de los eventos. Hubo 40 frases con la temporalidad simultánea (“Mientras”). Las oraciones plausibles incluyeron primero una acción no motora de larga duración y una segunda acción manual. Esto hizo plausible una interrupción para la ejecución de la segunda acción, para luego retomar la primera. De este modo, se dio lugar a una posible coherencia semántica en la primera cláusula adverbial. 20 fueron consideradas plausibles. Las otras 20, no plausibles. Finalmente, hubo 40 frases de

control. Estas oraciones fueron incongruentes en siete párrafos experimentales de ambos valores del tiempo, para desalentar a los sujetos de poner foco en la plausibilidad a la segunda cláusula.

3.3. Procedimiento

Los participantes fueron asignados al azar a una de las dos condiciones. Después de leer las instrucciones, el participante leyó cinco párrafos de entrenamiento. Al final de cada ensayo de prueba, se le proporcionó una retroalimentación a la respuesta. Finalmente, el participante recibió el conjunto completo de párrafos (experimental, control y rellenos) en orden aleatorio con la instrucción de comprender su contenido. El participante avanzó los cuatro segmentos de cada párrafo en un modo de autoadministración (presionando botón central del *Chronos* (PST, 2015) a su ritmo para avanzar la lectura). Después de ello juzgó si cada párrafo tenía sentido.

4. Diseño estadístico

Aquí probamos las latencias de las respuestas correctas. Para ello, elegimos un modelo mixto con interceptos aleatorios para el participante e ítem y efectos fijos para la Plausibilidad (Plausible vs. No_plausible), la Escala (Corta + Corta; Corta + Media; Corta + Larga; Media + Corta; Media + Media; Media + Larga; Larga + Corta; Larga + Media; Larga + Larga), la Estructura (Secuencial vs Simultáneo) y los Efectores (Restrictivo vs. No_restrictivo). Para informar de los resultados, seguimos las sugerencias de Meteyard y Davies (2020). Para nuestros modelos GLMM, el cálculo del análisis de potencia, para un tamaño del efecto de ($d = .80$) (ajustándose al valor calculado a priori), dio como resultado una potencia de .99. Para ese cálculo, utilizamos la herramienta <https://jakewestfall.shinyapps.io/crossedpower/> (Westfall et al., 2014; Judd et al., 2017). A diferencia del cálculo de potencia anterior con

G*Power, la nueva herramienta aquí incluida permite hacer estimaciones en diseños con al menos un factor aleatorio (Participante). En dicho análisis de potencia, todos los participantes fueron expuestos a los mismos estímulos en todas las condiciones de congruencia y la entrada fue estandarizada.

4.1. Modelo de especificación para las latencias

Calculamos los efectos utilizando el *software R* versión 3.6.3 (R Core Team, 2020). Utilizamos los paquetes *lmerTest* (Kuznetsova, et al. 2017, versión 3.1.2.) y *lme4* (Bates et al., 2015, versión 1.1.23.) para ajustar el modelo de efectos mixtos, proporcionando valores p, prueba anova y tablas de resumen para los ajustes del modelo lmer; *performance* (Lüdtke et al., 2021, versión 0.5.0.), para calcular el coeficiente de correlación para el modelo lineal mixto generalizado, y *rsq* (Zhang, 2016, versión 2.1.), para calcular la R-cuadrada generalizada para el modelo lineal mixto generalizado. Utilizamos el esquema de codificación por defecto de R en todas las especificaciones del modelo mixto.

Debido a la naturaleza confirmatoria de este estudio y a su diseño intra-sujetos, buscamos un modelo que incluyera los efectos simples de cada factor fijo, sus interacciones y la variación aleatoria de la pendiente por los participantes. En nuestro diseño, se presentan múltiples estímulos al mismo participante dentro de condiciones comunes para todos. Barr (2013) sugiere que el modelo que prueba un factor intrasujetos (i.e., Estructura, Plausibilidad, Efectores o Escala) debe incluir una pendiente aleatoria dentro de dichos factores. De acuerdo con estas sugerencias, evaluamos dos tipos de modelos: un modelo con las pendientes aleatorias para suma de los factores fijos internos (Estructura, Plausibilidad, Efectores o Escala). Debido a la gran complejidad de este tipo de modelos y la posibilidad de que -debido a submuestras muy pequeñas- la variación de la distribución se vuelve nula o singular, o no se alcance la convergencia, realizamos un conjunto de dos modelos con las pendientes aleatorias

para sólo alguno de los factores fijos de Plausibilidad, Efectores o Estructura. Entre los modelos con pendiente aleatoria que tuvieron convergencia, consideramos adecuado evaluar el más ajustado frente a su par sin pendientes aleatorias con el fin de contrastar los efectos de incluir dichas pendientes en el ajuste del modelo. Se utilizó el optimizador bobyqa -con un conjunto de 200.000 iteraciones- para acomodar la no normalidad de la variable de respuesta. Para todos los modelos probamos los parámetros con la distribución de la familia inversa.gaussiana (Para más detalles sobre esta estrategia, véase Lo & Andrews, 2015). Solo los modelos sin pendientes aleatorias, con el par de factores fijos Plausibilidad y Efectores y con el par de factores fijos Estructura y Efectores tuvieron convergencia. En la comparación entre modelos, según el criterio de información bayesiano (BIC), el modelo con los factores fijos Estructura y Efectores obtuvo un mejor ajuste. Cabe señalar que las variables plausibilidad y efectores están fuertemente relacionadas, toda vez que es la ausencia o presencia de restricciones en los efectores el definidor de la plausibilidad.

5. Resultados

Los errores ocurrieron en el 42.2% (359) de los ensayos y fueron excluidos del análisis. El rango de las latencias fue entre 40 y 20000 milisegundos, todas las puntuaciones corresponden al continuo de la distribución. Las latencias por abajo y arriba del umbral de 20000 milisegundos (límite inferior: 10 ms. a 26 ms.. Límite superior: 23087 ms. a 63469 ms.) fueron excluidas porque remiten a puntuaciones en las que se rompe el continuo de la distribución. Los datos y el script están disponibles en <https://osf.io/2zpj9/quickfiles>. La gran media fue de 1,492 ms. Las tablas 5 y 6 muestran las latencias y la proporción de aciertos por condición experimental.

Tabla 5

Medias de tiempo de reacción (ms.) y proporción de acierto para plausibilidad por efector para la estructura temporal de secuencialidad

Efectores	Plausible	No plausible
No restrictivo	1,419 (.52)	1,577 (.74)
Restrictivo	1,746 (.57)	1,291 (.75)

Tabla 6

Medias de tiempo de reacción (ms.) y proporción de acierto para plausibilidad por efector para la estructura temporal de simultaneidad

Efectores	Plausible	No plausible
No restrictivo	1,878 (.45)	962 (.68)
Restrictivo	1,401 (.50)	1,101 (.53)

Cuatro de cuatro efectos fijos fueron significativos (ver Table 7). Estas β s corresponden al parámetro asociado con el valor que toma Y cuando todas las Xs tienen el valor 0, el parámetro asociado con el efecto simple de cada factor fijo (Efectores y

Estructuras) y su interacción (β_3 and β_4). La figura 2 exhibe los resultados con las medias de los diseños entre sujetos.

Tabla 7

Modelo ajustado para latencias

Efectos fijos						
	Est/Beta	SE	95 % CI		t	p
Intercepto	1988.9	94.7	1803.33	2174.62	20.9	<2e-16 **
Estructura	-334.3	43.4	-419.32	-249.35	-7.710	1.25e-14 ***
Efectores	-119.7	49	-215.40	-23.94	-2.450	.0143*
EstructurasX Efectores	157.8	44	71.67	244.08	3.589	.000 ***
Efectos aleatorios						
	Varianza		SD			
Participante	1.535e+05		391.8			
Item	1.145e-03		.033			
Ajuste del modelo						
Condicional	1.000					
Marginal	.71					
Clave: Los p-valores para los factores fijos fue calculado usando la aproximación Satterthwaites. Los intervalos de confianza fueron claculados usado el método Wald.						
ModelA <- glmer(LATENCIAS~ ESTRUCTURA*EFECTORES + (1 PARTICIPANT), data=DATASEN, family=inverse.gaussian(link="identity"), glmerControl(optimizer = "bobyqa", optCtrl = list(maxfun = 200000)))						
Legenda: La parte alta de la tabla es similar a un reporte de regresión, con predictores, betas estimadas, error estándar (SE), y los intervalos de confianza (95% CI), con el test estadístico (t) y los valores p (p) pra los coeficientes. Este modelo incluye tres efectos principales (ESTRUCTURA y EFECTORES) y una interacción (ESTRUCTURA x EFECTORES). Los factores aleatorios fueron ajustados con los interceptos para Participante e Item.						

Los factores aleatorios están reportados debajo de los factores fijos con la varianza y la desviación estándar (SD) para cada uno.

SE incluye una medida del ajuste del modelo en la parte inferior de la tabla.

Usamos el esquema de codificación por defecto de R en todas las especificaciones del modelo mixto.

Finalmente, la tabla reporta como fueron calculados los valores p y los intervalos de confianza y se reporta la ecuación del modelo.

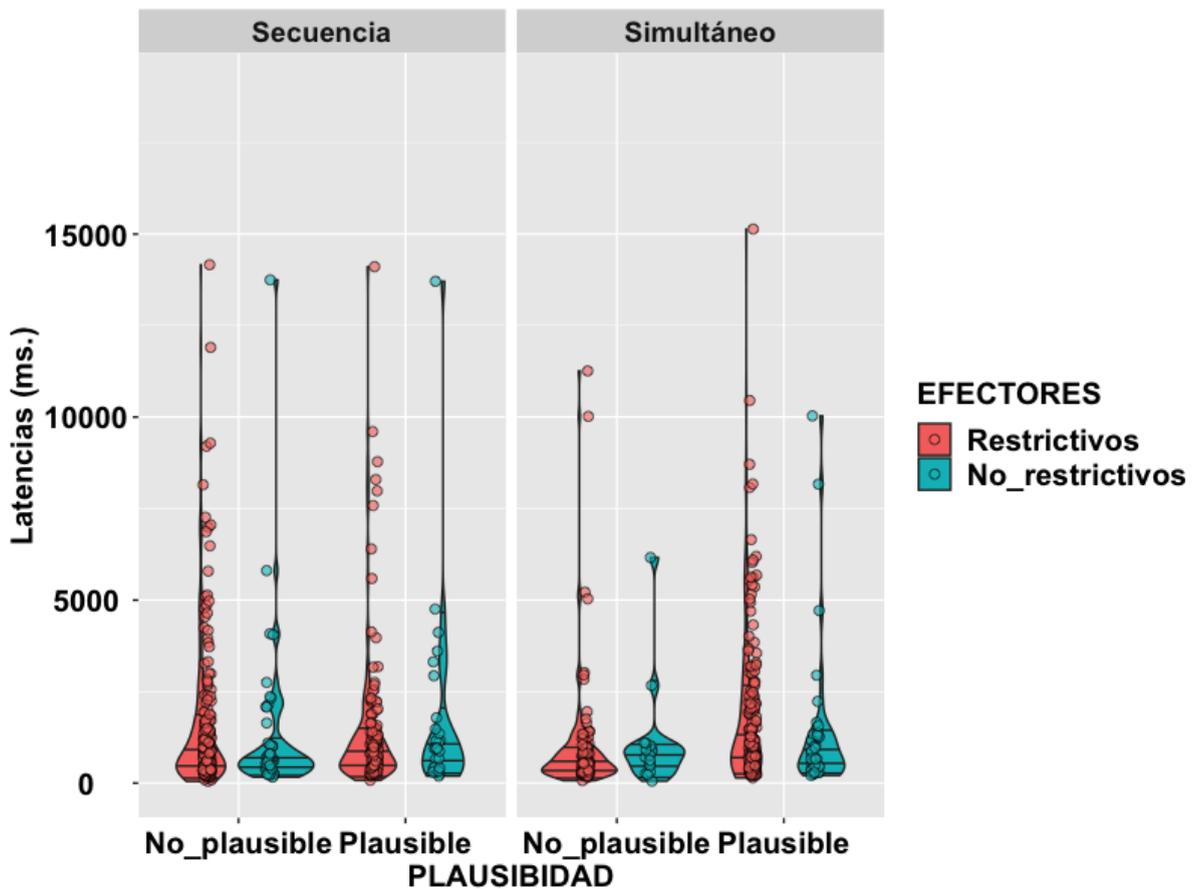


Figura 2

Distribución y densidad de latencias (ms) para la interacción plausibilidad y efector por estructura temporal. La tarea de los participantes fue pulsar una tecla para evaluar si una expresión les hace sentido.

6. Discusión

Nuestro modelo muestra que los eventos simultáneos se procesan más rápidamente cuando los efectores son no restrictivos respecto a los restrictivos y que, en esa misma estructura, los eventos no plausibles son identificados y procesados más rápidamente -con menor esfuerzo cognitivo- que los eventos identificados como plausibles. Por su parte, los eventos y acciones cuyo modelo situacional es secuencial no parece ofrecer diferencias de procesamiento importantes, independientemente de la plausibilidad los efectores con que se realizan. Entonces, según la evidencia antes expuesta, se lograron replicar los resultados obtenidos por Santana y De Vega (2013). Sin embargo, nuestros resultados apoyan la evidencia a favor de que los lectores tienen problemas para integrar dos acciones manuales de forma simultánea en un mismo modelo situacional, aun considerándolo un modelo plausible.

7. Discusión general

En este estudio buscamos testear algunas sugerencias de la Cognición corpórea. La propuesta de la Cognición corpórea aparenta dar una respuesta consistente a la problemática del papel de la actividad motora y la información temporal en la comprensión semántica. El paradigma de simulación mental plantea que, al momento de leer acciones asociadas a un efector en particular, se activa las mismas áreas del córtex pre frontal implicadas en la ejecución de la acción expresada en los verbos en cuestión. Esto sugiere que la actividad motora y perceptiva juega un rol en la comprensión del lenguaje.

El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la simulación mental de los aspectos motores y temporales de frases en la comprensión de las mismas, a través de la medición de los tiempos de lectura y la tasa de acierto en la asignación de la coherencia semántica. Partimos de la hipótesis de que la simulación mental del tiempo y de la estructura motora de las acciones facilitaría la comprensión del contenido semántico. Nuestras

predicciones fueron: mayores latencias de lectura y menores tasas de acierto (nivel de coherencia) cuando, para ser realizadas, las acciones referidas recaigan sobre los mismos efectores y sean descritas como simultáneas respecto a cuando sean descritas como sucesivas.

Se llevó a cabo tres estudios de evaluación de ítems para corroborar que estos eran adecuados y sin sesgos al momento de buscar respuestas a la pregunta que queríamos contestar. El primero se hizo para normalizar la temporalidad interna de los verbos; el segundo, para normalizar la preferencia de modalidad representacional (visual vs motora) de los mismos y, el tercero, para normalizar la plausibilidad de ejecución simultánea de las acciones descritas por estos. Como tarea experimental se pidió a los participantes una evaluación del sentido de las expresiones. El sentido de las expresiones remitió a la coherencia temporal y motora de los eventos o acciones en un modelo situacional.

Como evidencian los datos recabados, de la misma forma que Santana y De Vega (2013), los párrafos experimentales que describían dos acciones manuales ejecutadas de forma simultánea fueron más difíciles de entender -requirieron más esfuerzo cognitivo- que los párrafos experimentales que describían las mismas acciones de forma sucesiva. Nuestros resultados aumentan la evidencia a favor de nuestra hipótesis y de teorías de abordajes corporeizados, como la hipótesis de indexación, respecto a abordajes simbólicos, como el presupuesto de iconicidad temporal. Una pregunta interesante que a futuro se podría estudiar más en profundidad es si el cambio de efector en la situación secuencial es más costoso a nivel cognitivo.

Éste fue un estudio acumulativo. En otras palabras: es una réplica de una investigación ya hecha. Este tipo de estudios cobran relevancia por dos aspectos centrales. Primero, la reproducibilidad como un pilar del método científico. Las ciencias empíricas se fundamentan en la acumulación de evidencia a favor de sus teorías. Por esta razón, cuanto más se repliquen y obtengan los mismos resultados, más robustos resultan sus argumentos.

Sin duda, esta reproducibilidad es una manera de poner a prueba la falsabilidad de las teorías. Segundo, este tipo de estudios es sumamente rico para él que los hace en su proceso de formación. Al tener las directrices y expectativas de resultado bien claras, el experimentador novato tiene una mayor orientación respecto a que resultados debería obtener. En la ciencia siempre es posible cuestionar los hallazgos del más excelso y respetado investigador.

En cuanto a las limitaciones del estudio, la principal es el pequeño tamaño de la muestra, lo que exigió buscar un tamaño del efecto muy alto. La pandemia de COVID-19 incrementó significativamente el nivel de dificultad de obtención de participantes (lo que debió llevar seis meses, tomó dos años y la muestra no llegó a la esperada). Mi interés es aumentar la muestra hasta llegar al menos a la adecuada para un tamaño del efecto medio. A futuro, tengo interés en continuar el estudio empírico del procesamiento del tiempo y del lenguaje.

Referencias

- Aguirre, R., & Santiago, J. (2017). Do Potential Past and Future Events Activate the Left-Right Mental Timeline?. *Psicológica: International Journal of Methodology and Experimental Psychology*, 38(2), 231-255
- Anderson, S., Matlock, T., & Spivey, M. (2013). Grammatical aspect and temporal distance in motion descriptions. *Frontiers in Psychology*, 4, 337
- Barsalou, L. (2003). Situated simulation in the human conceptual system. *Language and Cognitive Processes*, 18(5-6), 513-562
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48.
<https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Barr, D. J., (2013). Random effects structure for testing interactions in the linear mixed.effects models. *Frontiers in Psychology*, 4, 328.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00328>
- Casasanto, D., & Boroditsky, L. (2008). Time in the mind: Using space to think about time. *Cognition*, 106(2), 579-593
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, 39(2), 175-191.
<https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Fischer, M.H., & Zwaan, R.A. (2008). Embodied language: A review of the role of the motor system in language comprehension. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(6), 825-850
- Glenberg, A. M., & Robertson, D. A. (1999). Indexical understanding of

instructions. *Discourse Processes*, 28, 1-26.

Judd, C. M., Westfall, J., & Kenny, D. A. (2017). Experiments with more than one random factor: Designs, analytic models, and statistical power. *Annual Review of Psychology*, 68(1), 601-625.
<https://doi.org/10.1146/annurev-psych-122414-033702>

Kent, P. (1977). Statistical package for the social sciences (second edition), N. H. Nie, C. H. Hull, J. G. Jenkins, K. Steinbrenner and D. H. Bent, McGraw-Hill, New York, 1975.
 No. of pages: 675. price: £5.90. Software: Practice and Experience, 7(2), 300–301.
<https://doi.org/10.1002/spe.4380070226>

Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B. (2017). lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software*, 82(13), 1–26. <https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>

Leete, M., Finkelstein, E., & Leete, M. (2004). *OpenOffice.org For Dummies*. Wiley.

Lo, S., & Andrews, S. (2015). To transform or not to transform: Using generalized linear mixed models to analyze reaction time data. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01171>

Lüdtke, D., Ben-Sachar, M. S., Patil, I., Waggoner, P. & Makowski, D. (2021). Performance: An R Package for Assessment, Comparison and Testing of Statistical Models. *Journal of Open Source Software*, 6(60), 3139,
<https://doi.org/10.21105/joss.03139>

Markman, K. D., Klein, W. M. P., & Suhr, J. A. (Eds.). (2009). *Handbook of imagination and mental simulation*. New York, NY, US: Psychology Press.

Meteyard, L., & Davies, R. A. (2020). Best practice guidance for linear mixed-effects models in psychological science. *Journal of Memory and*

Language, 112, 104092. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2020.10409>

Neisser, U., & Harsch, N. (1992). Phantom flashbulbs: False recollections of hearing the news about Challenger. In E. Winograd & U. Neisser (Eds.), *Affect and accuracy in recall: Studies of "flashbulb" memories* (4th ed.). New York: Cambridge University Press.

Psychology Software Tools, Inc. (2015). *Chronos Operator Manual* (1.^a ed., Vol. 1).

Psychology Software Tools, Inc.

<https://pstnet.com/wp-content/uploads/2017/09/Chronos-Operator-Manual.pdf>

Pulvermüller, F., Hauk, O., Nikolin, V. V., & Ilmoniemi, R. J. (2005). Functional links between motor and language systems. *European Journal of Neuroscience*, 21, 793–797.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Richardson, D.C., Spivey, M.J., Barsalou, L.W., & McRae, K. (2003). Spatial representations activated during real-time comprehension of verbs. *Cognitive Science*, 27(5), 767-780

Santana, E., & De Vega, M. (2011). Metaphors are embodied, and so are their literal counterparts. *Frontiers in psychology*, 2, 90

Santana, E., & de Vega, M. (2013). Temporal constraints on the comprehension of motor language. An embodied semantics approach. *Psicológica*, 34(2), 253–271.

Schacter, D. L. (1996). *Searching for memory: The brain, the mind, and the past*. New York: Basic Books.

Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2002). *E-Prime: User's guide*. Psychology

Software Incorporated

SPSS (25.0). (2017). [IBM SPSS Statistics for Windows]. IBM Corp.

<https://www.ibm.com/analytics/spss-statistics-software>

Suddendorf, T., Addis, D. R., & Corballis, M. C. (2011). Mental time travel and shaping of the human mind. *M. Bar*, 344-354.

Tettamanti, M., Buccino, G., Saccuman, M. C., Gallese, V., Danna, M., & Scifo, P. (2005).

Listening to action-related sentences activations fronto-parietal motor circuits.

Journal of Cognitive Neurosciences, 17, 273-281.

Westfall, J., Kenny, D. A., & Judd, C. M. (2014). Statistical power and optimal design in experiments in which samples of participants respond to samples of stimuli.

Journal of Experimental Psychology: General, 143(5), 2020-2045.

<https://doi.org/10.1037/xge0000014>

Wilson, N.L., & Gibbs Jr, R.W. (2007). Real and imagined body movement primes metaphor comprehension. *Cognitive Science*, 31(4), 721-731

Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 625-636

Zhang, D. (2016). A Coefficient of Determination for Generalized Linear Models. *The American Statistician*, 71 (4). 310-316.

<https://doi.org/10.1080/00031305.2016.1256839>

Zwaan, A., & Radvansky, G.A. (1998). Situation models in language comprehension and memory. *Psychological Bulletin*, 123(2), 162.

<https://doi.org/10.1037/0033-2909.123.2.162>