

Universidad de la República
Instituto Superior de Educación Física
Licenciatura en Educación Física
Tesina

**El lenguaje gestual durante la narración de historias con alto y bajo
contenido de acciones: Comparación cinemática de las características
espaciales de los movimientos manuales**

Nicolás Garín 4.496.733-9

Nicolás Gómez 4.462.800-6

Florencia Machín 5.287.895-4

Docente tutora:

Mag. CERVETTO, Sabrina

Grupo de investigación: Cognición en acción (CSIC Num 883569)

Montevideo, 2024

Resumen

Estudios previos proponen el marco teórico denominado “Gesto como Acción Simulada” que plantean una relación directa entre la producción de gestos y el contenido motor de las ideas que los hablantes expresan. La presente investigación, de corte cuantitativo, retoma las ideas teóricas que proponen esta hipótesis, y experimenta sobre la relación existente entre la cantidad de lenguaje de acción presente en un relato y la cantidad de gestos manuales producidos simultáneamente al mismo. Para evaluar esta relación los sujetos leyeron y relataron textos con mayor y menor contenido de lenguaje de acción. Mediante un programa de detección de movimiento se realizó la medición de la cantidad de desplazamiento generada por los sujetos con sus manos durante el relato para cuantificar la cantidad de gestos realizados. Los resultados reafirmaron la hipótesis propuesta de que una mayor presencia de lenguaje de acción en el relato está asociada con una mayor cantidad de desplazamiento de las manos durante el mismo. Se proponen discusiones acorde al resultado obtenido y se plantean futuras investigaciones.

Palabras claves:

Gestos. Desplazamiento. Lenguaje de acción. Verbos de acción. Verbos motores. Re-relato.

Tabla de signos y abreviaciones

CICEA - Centro Interdisciplinario en Cognición para la Enseñanza y el Aprendizaje

CNC - Centro de Neurociencias Cognitivas

DE - Desvío Estándar

Dif - Diferencia

DUR - Duración

EF - Educación Física

GAS - Gesto como acción simulada

PAL - Palabras

TM - Texto motor

TnM - Texto no motor

Tabla de variables

MOV_{der}^x	- Desplazamiento de mano derecha en el eje x
MOV_{der}^y	- Desplazamiento de mano derecha en el eje y
MOV_{der}^{xy}	- Desplazamiento en el plano frontal de mano derecha
MOV_{izq}^x	- Desplazamiento de mano izquierda en el eje x
MOV_{izq}^y	- Desplazamiento de mano izquierda en el eje y
MOV_{izq}^{xy}	- Desplazamiento en el plano frontal de mano izquierda
$MOV_{izq+der}^x$	- Sumatoria de desplazamiento de ambas manos en el eje x
$MOV_{izq+der}^y$	- Sumatoria de desplazamiento de ambas manos en el eje y
$MOV_{izq+der}^{xy}$	- Sumatoria de desplazamiento en el plano frontal de ambas manos
MOV_{der}/DUR	- Desplazamiento de mano derecha en el eje x por duración del relato
MOV_{der}^y/DUR	- Desplazamiento de mano derecha en el eje y por duración del relato
MOV_{der}^{xy}/DUR	- Desplazamiento en el plano frontal de mano derecha por duración del relato
MOV_{izq}^x/DUR	- Desplazamiento de mano izquierda en el eje x por duración del relato
MOV_{izq}^y/DUR	- Desplazamiento de mano izquierda en el eje y por duración del relato
MOV_{izq}^{xy}/DUR	- Desplazamiento en el plano frontal de mano izquierda por duración del relato
$MOV_{izq+der}^x/DUR$	- Sumatoria de desplazamiento de ambas manos en el eje x por duración del relato
$MOV_{izq+der}^y/DUR$	- Sumatoria de desplazamiento de ambas manos en el eje y por duración del relato
$MOV_{izq+der}^{xy}/DUR$	- Sumatoria de desplazamiento en el plano frontal de ambas manos por duración del relato
MOV_{der}^x/PAL	- Desplazamiento de mano derecha en el eje x por cantidad de palabras
MOV_{der}^y/PAL	- Desplazamiento de mano derecha en el eje y por cantidad de palabras
MOV_{der}^{xy}/PAL	- Desplazamiento en el plano frontal de mano derecha por cantidad de palabras
MOV_{izq}^x/PAL	- Desplazamiento de mano izquierda en el eje x por cantidad de palabras
MOV_{izq}^y/PAL	- Desplazamiento de mano izquierda en el eje y por cantidad de palabras
MOV_{izq}^{xy}/PAL	- Desplazamiento en el plano frontal de mano izquierda por cantidad de palabras

MOV^x_{izq+der}/PAL - Sumatoria de desplazamiento de ambas manos en el eje x por cantidad de palabras

MOV^y_{izq+der}/PAL - Sumatoria de desplazamiento de ambas manos en el eje y por cantidad de palabras

MOV^{xy}_{izq+der}/PAL - Sumatoria de desplazamiento en el plano frontal de ambas manos por cantidad de palabras

Índice

Resumen.....	pág.2
Tabla de signos y abreviaciones.....	pág.3
Tabla de variables.....	pág.4
1. Introducción.....	pág. 7
2. Antecedentes.....	pág.8
3. Problema de investigación.....	pág.10
4. Hipótesis.....	pág.11
5. Objetivos.....	pág.11
6. Marco teórico.....	pág. 11
7. Materiales y métodos.....	pág.13
7.1 Diseño del estudio.....	pág.13
7.2 Sujetos.....	pág.14
7.3 Instrumentos de evaluación	pág.14
7.4 Procedimiento.....	pág.16
7.5 Adquisición y procesamiento de datos.....	pág.17
7.5.1 Elaboración del código.....	pág.19
7.6 Variables de estudio.....	pág.21
7.6.1 Variables primarias.....	pág.22
7.6.2 Variables secundarias.....	pág.23
7.7 Análisis de datos.....	pág.25
8. Resultados.....	pág.26
9. Discusión.....	pág.30
10. Conclusiones.....	pág.36
Referencias bibliográficas.....	pág.37

1. Introducción

Este trabajo se enmarca en el Seminario “Cognición Motora: La relación entre el movimiento y las funciones cognitivas de alto orden”, dictado en el Instituto Superior de Educación Física (ISEF), correspondiente a la Licenciatura en Educación Física, a cargo de la docente y tutora Sabrina Cervetto, perteneciente al departamento académico Educación Física y Salud.

El interés que promovió este proyecto, se desarrolló en términos generales, bajo la investigación de la relación e interacción que ocurre entre las acciones corporales y los procesos cognitivos. Particularmente, se desprendió de una línea incipiente que busca estudiar la interrelación entre los movimientos gestuales y el habla, desde una perspectiva multimodal del lenguaje.

Consecuentemente, la presente investigación busca aportar nueva información acerca del relacionamiento de los gestos que las personas producen al hablar y el contenido de lo que se expresa. Sentaremos como base la teoría de la hipótesis de los Gestos como Acción Simulada (GAS), la cual postula que los gestos representacionales se producen cuando se simulan acciones como parte del pensamiento y el habla, resultando en la afirmación de que los hablantes producen más gestos representativos cuando describen patrones que han experimentado físicamente que cuando describen patrones que emergen fundamentalmente de una experiencia más visual.

Por lo tanto, este trabajo se posiciona en el campo de las ciencias cognitivas y toma de éste el encuadre teórico y los principales antecedentes en la temática estudiada. En la sección “Antecedentes” de esta tesina se logra observar cómo los resultados de las investigaciones escogidas apoyan la hipótesis antes mencionada. Por tal motivo, apuntamos a continuar investigando en esta temática con el objetivo de intentar aportar mayor claridad a este enfoque y pensar su importancia en nuestro campo. En el presente trabajo se pretende analizar la relación que existe entre la cantidad de verbos de acción presentes en los textos relatados por los oradores y los gestos que producen al expresarlo.

Se considera pertinente investigar las implicancias de la experiencia motora en relación al lenguaje y la manera en la que nos comunicamos fundamentado desde la neurociencia, dado

que se pueden aportar nuevos conocimientos que permitan discutir diferentes estrategias pedagógicas en el campo de la EF.

2. Antecedentes

La relación entre los gestos y el habla ha sido objeto de múltiples investigaciones en las últimas décadas, consolidando un campo de estudio que resalta el papel de los gestos como más que simples acompañantes del discurso. Los mismos son definidos por McNeill (2015) como acciones involuntarias producidas que no suelen ser accidentales y tampoco responden a una acción objetiva, sin embargo estos son originados por significados que el hablante crea para poder expresarse.

Estos estudios dieron origen a una de las principales hipótesis de esta línea, que es la hipótesis de los Gestos como Acción Simulada (GAS), que postula que los gestos representan simulaciones motoras vinculadas al pensamiento y al lenguaje. La evolución de esta línea de investigación ha permitido comprender cómo los gestos reflejan procesos cognitivos complejos, estableciendo un marco teórico que sigue enriqueciendo nuestro conocimiento sobre el vínculo entre acción, habla y cognición.

Uno de los aportes iniciales más relevantes proviene de Hostetter y Alibali (2008), quienes, desde la perspectiva de la cognición corporizada, plantearon que los gestos (fundamentalmente los representacionales) emergen de la simulación de acciones durante el proceso de pensamiento y comunicación. En estudios posteriores (2010), los autores demostraron empíricamente que los hablantes producen más gestos cuando describen patrones que han experimentado físicamente, en comparación con patrones observados, destacando la conexión entre la experiencia corporal y la producción de gestos.

Parrill (2010) profundizó en esta línea al analizar cómo los gestos se integran en el discurso según la perspectiva desde la cual se describe un evento. Sus resultados mostraron que los gestos tienden a ser más detallados cuando el hablante adopta una perspectiva interna, es decir, como si fuera el agente del evento, mientras que desde una perspectiva externa los gestos son más abstractos y se centran en la trayectoria del evento. Esto sugiere que los gestos reflejan simulaciones mentales específicas que acompañan al discurso, reforzando la

hipótesis del GAS.

Posteriormente, Masson-Carro, Goudbeek y Krahmer (2015) reafirmaron la importancia de la experiencia motora en la producción de gestos. Su estudio mostró que los hablantes realizaban más gestos al describir objetos manipulables, como un martillo, en comparación con objetos no manipulables, sugiriendo que las simulaciones motoras subyacen a la producción gestual. Este hallazgo fortalece la idea de que los gestos no solo complementan el habla, sino que reflejan procesos cognitivos basados en la acción.

Desde una perspectiva del desarrollo infantil, Lavelli y Majorano (2016) investigaron la producción espontánea de gestos en niños con Trastorno Específico del Lenguaje, comparándolos con niños típicamente desarrollados. Sus resultados revelaron que los niños con Trastorno Específico del Lenguaje utilizan los gestos con mayor frecuencia como un recurso compensatorio para expresar sus ideas, dada su dificultad en el lenguaje verbal. Además, encontraron que, tanto en niños con Trastorno Específico del Lenguaje como en aquellos sin dificultades, se producían más gestos al hablar de verbos que de sustantivos, lo que apoya la idea de que los gestos se relacionan estrechamente con la acción y el movimiento.

Kamermans et al. (2019) ampliaron esta perspectiva al investigar cómo la forma de aprender sobre un objeto afecta la gesticulación. En su primer experimento, los participantes gesticularon más al describir una figura aprendida mediante exploración manual que al describir una aprendida visualmente, lo que sugiere que los gestos emergen de la activación de representaciones sensoriomotoras. En un segundo experimento, los autores demostraron que la interferencia manual con la gesticulación reducía la calidad de la representación mental, subrayando la relevancia de los gestos en la manipulación y reinterpretación de imágenes mentales.

Más recientemente, Stark y Cofoid (2022) investigaron la relación entre la producción de gestos icónicos y ciertas variables extraídas de tareas discursivas en personas con afasia, un trastorno que afecta la capacidad de producir y procesar el lenguaje. Compararon dos tareas: la descripción de imágenes y el relato de cómo hacer un emparedado. Los resultados mostraron que los participantes con afasia produjeron más gestos en la tarea que involucró una acción, lo que indica que la naturaleza de la tarea y su contenido relacionado con

acciones estimulan una mayor producción gestual. Este hallazgo refuerza la idea de que los gestos no sólo complementan el discurso, sino que también representan procesos mentales subyacentes, especialmente en personas con limitaciones en el lenguaje.

Para concluir con esta sección es relevante mencionar que para la categorización y criterio de los verbos se tomó la referencia de Volta. et al (2017); quien indica que los verbos de acción se definieron como aquellos verbos que expresan una acción que involucra claramente un efector corporal, mientras que abstrae aquellos verbos que no se ajustan a esta definición, es decir que para ser considerado verbo motor es imprescindible que implique una acción que involucre un movimiento corporal. Cabe aclarar que a lo largo de esta investigación se hará referencia a estos como verbos motores, verbos de acción o lenguaje de acción de forma indistinta.

3. Problema de investigación

A partir de estos antecedentes, se observa una tendencia consistente: por un lado, la producción de gestos aumenta al describir acciones, lo que sugiere una relación proporcional entre la naturaleza del contenido discursivo y la gesticulación. Por otro lado, las evidencias muestran que el fenómeno de los gestos se reduce al intentar transmitir una idea o concepto de un objeto o acción con el cual el individuo no tuvo contacto en su experiencia motriz y sensorial. Sin embargo, la mayoría de los estudios previos se han centrado en poblaciones específicas, como niños con trastornos específicos del lenguaje o adultos con afasia, lo que limita la generalización de los resultados.

En este contexto, surge la necesidad de realizar un estudio que explore esta relación en adultos sin patologías previas, contemplando además similitudes demográficas y perfiles cognitivos y educativos. Esta investigación permitirá evaluar si las tendencias observadas en poblaciones con dificultades del lenguaje se mantienen en individuos neurotípicos, aportando una visión más amplia sobre la conexión entre gestos, habla y procesos cognitivos.

Para abordar la problemática presentada, se llevó a cabo un estudio destinado a explorar esta relación mediante un enfoque que consistió en cuantificar y analizar en qué medida la cantidad de verbos de acción presente en textos leídos y posteriormente narrados por los participantes puede influir en la producción gestual expresados durante la misma, en este

sentido es importante aclarar que a esto referiremos de aquí en más como re- relato que justamente es la acción del sujeto de relatar el texto leído previamente según su comprensión, interpretación y recuerdo del mismo. Este trabajo fue llevado a cabo con el fin de: continuar el acercamiento a esta temática, desarrollar instrumentos de análisis de los datos y avanzar en la comprensión de cómo los gestos se ajustan y complementan el lenguaje oral en un contexto específico de narración.

4. Hipótesis

A partir de la hipótesis del GAS, donde se propone que los hablantes activan de forma natural simulaciones de acciones cuando producen el habla, se espera que un sujeto que relata una historia con mayor presencia de lenguaje de acción genere más gestos que uno que relata una historia con menos lenguaje de acción.

5. Objetivos

General:

- ❖ Analizar la relación entre la cantidad de gestos producidos durante el re-relato en función del predominio de los verbos de acción presente en los textos narrados.

Específicos:

- ❖ Desarrollar un algoritmo de programación que permita la obtención de las variables cinemáticas de estudio.
- ❖ Comparar la cantidad de movimiento de las manos desde un plano frontal (ejes x e y) producidos durante el re-relato de dos textos, uno con mayor y otro con menor cantidad de verbos motores.

6. Marco teórico

La presente investigación se fundamenta en la hipótesis del GAS (Gesture as Simulated

Action), formulada por Hostetter y Alibali (2008). Esta hipótesis sostiene que los hablantes activan simulaciones mentales de acciones y estados perceptivos al producir el habla. Estas simulaciones involucran áreas de la corteza motora y premotora, responsables de la planificación y ejecución de movimientos. Si el nivel de activación de estas áreas supera un umbral, se generan movimientos motores visibles que se manifiestan como gestos. En este contexto, los factores lingüísticos pueden influir en la forma de los gestos, ya que tanto los gestos como el habla se originan de una misma simulación mental, reflejando una integración funcional entre lenguaje y movimiento.

Desde esta perspectiva, el habla implica la activación simultánea de procesos motores y perceptivos, y los gestos emergen de manera natural como expresiones externas de dichas simulaciones. Hostetter y Alibali (2010) profundizaron en esta idea a través de experimentos en los que demostraron que los hablantes producen más gestos representacionales al describir patrones o imágenes que han experimentado físicamente, en comparación con aquellos patrones únicamente observados. La hipótesis del GAS también predice que la producción gestual aumenta al describir objetos manipulables, como herramientas, ya que estas experiencias implican mayor activación motora, a diferencia de objetos no manipulables. De esta forma, los gestos no sólo acompañan el habla, sino que reflejan la experiencia previa del hablante, consolidando la idea de que la experiencia motora influye directamente en la expresión verbal y gestual.

En una investigación posterior, Hostetter y Alibali (2018) ampliaron su enfoque sobre los factores que determinan la producción de gestos, identificando tres elementos clave: la simulación mental de acciones, el estado perceptivo y la activación del sistema motor. Estos factores actúan de manera interrelacionada y explican cómo los gestos se integran tanto con el discurso hablado como con procesos mentales independientes del lenguaje.

La generación de gestos está vinculada con la creación de imágenes mentales y representaciones simbólicas, que pueden ser verbales o proporcionales. El sistema motor se activa para reflejar estas representaciones internas, lo que pone en evidencia la conexión entre la cognición y el movimiento. Así, los gestos pueden ser una vía de expresión de procesos simbólicos complejos que complementan la comunicación verbal.

Este factor resalta la relación entre la actividad motora y los procesos de percepción y

simulación cognitiva. En particular, los movimientos de manos y boca se coordinan en sincronía con el ritmo del discurso, reforzando la idea de que los gestos se alinean con el contenido lingüístico. Sin embargo, los gestos también pueden surgir en ausencia de discurso verbal, lo que demuestra que no dependen exclusivamente del habla. Esto sugiere que los gestos reflejan procesos de pensamiento autónomos, operando como expresiones externas de imágenes mentales o ideas, incluso sin necesidad de expresarse oralmente.

La producción de gestos también depende de la coherencia con el entorno comunicativo y la situación específica en la que se desarrolla el discurso. La gestualidad no solo refleja procesos internos, sino que también está sujeta a interpretaciones subjetivas del entorno. Esto implica que los gestos deben ajustarse a las demandas contextuales en función de su propósito representacional. La adecuación de los gestos al contexto revela una coherencia dinámica entre la intención comunicativa y la interpretación del simbolismo, lo que refuerza su papel como parte integral de la interacción.

En resumen, la hipótesis del GAS ofrece un marco teórico que integra la producción del habla con la activación de procesos perceptivos y motores, proponiendo que los gestos son manifestaciones naturales de simulaciones internas. Esta teoría no solo explica por qué los gestos acompañan al lenguaje, sino también por qué su forma y frecuencia varían en función del contenido discursivo y de la experiencia motora del hablante. Además, destaca que los gestos pueden emerger de manera independiente del lenguaje hablado, lo que resalta su papel como expresión de procesos mentales subyacentes. Este marco será clave en la presente investigación para comprender cómo la producción de gestos varía en función de la tarea discursiva y los contextos comunicativos.

7. Materiales y métodos

7.1. Diseño del estudio

La presente investigación se basó en una metodología científica de corte cuantitativo. Según Hernández, Fernández y Baptista (2004), las investigaciones con enfoques cuantitativos son secuenciales y probatorias; es decir, la metodología de investigación se realiza por etapas, las cuales no se pueden omitir. Se miden las variables de estudio en determinado contexto y se

analizan los resultados utilizando métodos estadísticos para luego extraer una serie de conclusiones. Se clasifica bajo los criterios de un diseño experimental, en el que se manipula directamente la variable independiente para determinar la influencia sobre la variable dependiente. La técnica de muestreo fue no-probabilístico por conveniencia, priorizando estudiantes universitarios, sin requerir un informe de búsqueda, .

7.2. Sujetos

La muestra de sujetos que se utilizó fue extraída de otra investigación que realizó el grupo de tesis: Mujica, Ramos y Vassallo (2024) en conjunto con otro equipo de la misma línea de investigación: Eastman, Gutiérrez, Laesprella (2024).

Esta muestra consistió en 27 sujetos y a los efectos de nuestra investigación el número final se redujo a 19 al ser excluidos algunos de ellos debido a que no se pudieron procesar los datos. Esto se debió a que en algunos casos faltó alguna fracción de los fotogramas de la grabación, resultando en un video con saltos entre cuadros, y en otros casos la grabación se cortó antes de que el sujeto pudiera finalizar su relato. De tal forma, la muestra quedó conformada por 12 sujetos de sexo femenino y 7 de sexo masculino.

Anteriormente todos los sujetos fueron informados sobre los aspectos vinculados a la participación libre y voluntaria, y la confidencialidad de los datos recabados. Todas las dudas fueron evacuadas y se solicitó la firma del consentimiento informado para continuar con el protocolo experimental.

7.3. Instrumentos de evaluación

El principal instrumento de evaluación que fue utilizado para este estudio fueron textos con mayor y menor cantidad de verbos de acción, esta cantidad de verbos de acción fue específicamente controlada. Este instrumento fue desarrollado por el equipo de investigación del Centro de Neurociencias Cognitivas (CNC) de la Universidad de San Andrés, Argentina.

La variable independiente en el diseño de estos textos fue la mayor o menor cantidad de verbos de acción, por tanto, los textos utilizados corresponden a 2 tipos: uno denominado “texto motor” (TM) y otro denominado “texto no motor” (TnM). Fueron diseñados por el

CNC minuciosamente para que los mismos fueran equivalentes en cuanto a variables como legibilidad, cantidad y tipo de oraciones, largo de sílabas, número de letras, imaginabilidad y cantidad de caracteres totales, logrando una similitud en la relación sintáctica, semántica, léxica, pragmática y variables del nivel de discurso, de forma que sean comparables. También fueron formulados cuidando la similitud en cantidad de palabras, verbos, adjetivos, adverbios y sustantivos (ver Tabla 1). Sin embargo, la diferencia central se encuentra en que el TM posee mayor cantidad de verbos de acción vinculados a los movimientos corporales. En este texto se observan frases tales como "Tomó a su hermano de la mano y corrieron hacia el mar", utilizando acciones concretas como "meterse, nadar, bucear, jugar, etc.". El TnM contiene mayor porcentaje de verbos que se denominan abstractos como soñar, pensar, divertir, entre otros. De esta forma se encontraron frases como: "imaginaba historias de la criatura". Todos los textos fueron presentados a los participantes en formato papel. Es importante aclarar que en virtud de que este protocolo se realizó en el marco de un proyecto de mayor magnitud, los participantes leyeron y re-relataron 4 textos (2 TM y 2 TnM), en donde un relato de cada tipo de texto se realizó en condiciones de restricción de gestos (no podían mover sus manos). En consecuencia, para esta tesina, se tomaron los relatos realizados en condiciones de libre gesticulación. De esta forma, todos los sujetos re-relataban un TM y un TnM en condiciones de libre gesticulación (utilizados en esta tesina) y el orden de presentación estuvo pre-establecido por un sistema de contrabalanceo entre los 4 textos; la mitad de los participantes relataron algún TM (con libre gesticulación) antes del TnM y visceversa.

Tabla 1

Tabla comparativa de datos entre los textos.

	Texto motor	Texto no motor
Verbos de acción	28	1
Verbos de no acción	4	31
Verbos totales	32	32
Palabras	204	204
Sustantivos	48	44
Adjetivos	8	9
Adverbios	8	8

Tabla comparativa de las características lingüísticas de los tipos textos; extraída y simplificada a partir de Birba et al. (2020). Se presenta la comparación de dos textos de los cuatro utilizados para la tarea.

7.4. Procedimiento

Como ya se mencionó, el siguiente experimento fue realizado por el grupo de tesina Mujica, Ramos y Vasallo (2024) con el que compartimos la misma línea de investigación, por lo cual son responsables del procedimiento que se detalla a continuación. El estudio consistió en la lectura de los textos mencionados anteriormente, seguida por una segunda etapa en donde los participantes fueron instruidos para re-relatar la historia que habían leído previamente.

Para la realización de las grabaciones el grupo de tesis antes mencionado coordinó con los sujetos la asistencia al Laboratorio de Cognición y Movimiento del Centro de Investigación en Cognición para la Enseñanza y el Aprendizaje (CICEA, Udelar), para realizar dicho experimento y los pasos previos a este.

En una primera instancia se les entregó a los sujetos la hoja de información del procedimiento y se realizó la firma del consentimiento informado. En la segunda instancia del proceso y previo al comienzo del experimento se llevaron a cabo consignas de familiarización con el procedimiento a realizar, así como la calibración de los equipos para cada sujeto.

Posteriormente se procedió con la explicación de la secuencia de actividades. Todos los sujetos realizaron la misma secuencia de tareas para los dos tipos de textos entregados: primero leyeron uno de los textos y a continuación se le solicitó relatarlo. Se le indicó al sujeto que debía contar con sus palabras la historia leída en el texto lo más fielmente posible, poniéndose de pie en la marca estipulada en el espacio, dirigiendo su narración a una cámara de celular ubicada en un estabilizador de manera frontal al sujeto. Cuando la persona se encontraba lista, se generaba una cuenta regresiva de diez segundos y se daba inicio a la grabación de audio y de imagen. Se les instruyó a los sujetos que debían comenzar su narración con la frase ‘¡No sabés lo que pasó!’, con los brazos a los lados del cuerpo. Finalizada la narración el sujeto daba aviso al experimentador para finalizar los registros visuales. Al término de esta tarea, el procedimiento continuó con la explicación de algunos

test pertinentes para el investigador (Test de vocabulario y Memoria de trabajo).

Para la grabación de cada video se utilizaron 3 cámaras fotográficas sincronizadas con una frecuencia de disparo de 30 fotogramas por segundo (solo las grabaciones de la cámara frontal al sujeto fueron utilizadas para nuestro análisis), de la marca Flir Blackfly S y conectadas a la interfaz de visualización SpinView®. Dichas cámaras fueron montadas sobre rieles en las paredes del laboratorio y podían desplazarse para abarcar diferentes perspectivas del espacio. Las imágenes capturadas fueron adquiridas en una computadora de alto rendimiento, a través de programas generados en ambiente C++, por el equipo de investigadores y técnicos del laboratorio.

Para la presente investigación, el material resultante de este proceso que se utilizó como insumo fueron dos videos por sujeto, uno con re-relato basado en un TM, y otro basado en un TnM. El orden de grabación de los mismos para cada sujeto fue controlado, siendo alternado de manera equitativa entre la cantidad de sujetos total.

7.5. Adquisición y procesamiento de datos

En el contexto de este trabajo y en función de los objetivos, fue necesario utilizar un sistema de detección del movimiento corporal mientras el sujeto relataba el TM y TnM. Se llevó a cabo una revisión bibliográfica para identificar las herramientas y técnicas más adecuadas para el análisis de posturas y gestos, privilegiando las herramientas con un sólido fundamento teórico, además de tomar en cuenta los avances tecnológicos en el área.

Analizamos las distintas opciones disponibles en la literatura científica, optando por “Media Pipe”, debido a su reconocimiento en la comunidad científica y su capacidad para proporcionar mediciones precisas para el seguimiento de puntos corporales.

El software Media Pipe es un sistema de detección de puntos corporales de referencia para el seguimiento de la posición del cuerpo en el espacio y tiempo. Este software es una herramienta de código abierto desarrollada por Google para realizar detección de poses humanas, así como detección de manos, rostro y trackeo de puntos en tiempo real a partir de

imágenes o videos. Específicamente, Media Pipe implementa una arquitectura de detección de puntos clave basada en redes convolucionales que permite ubicar de forma automática hasta 25 puntos clave del cuerpo humano, incluyendo manos, brazos, torso y cabeza (Figura 1).

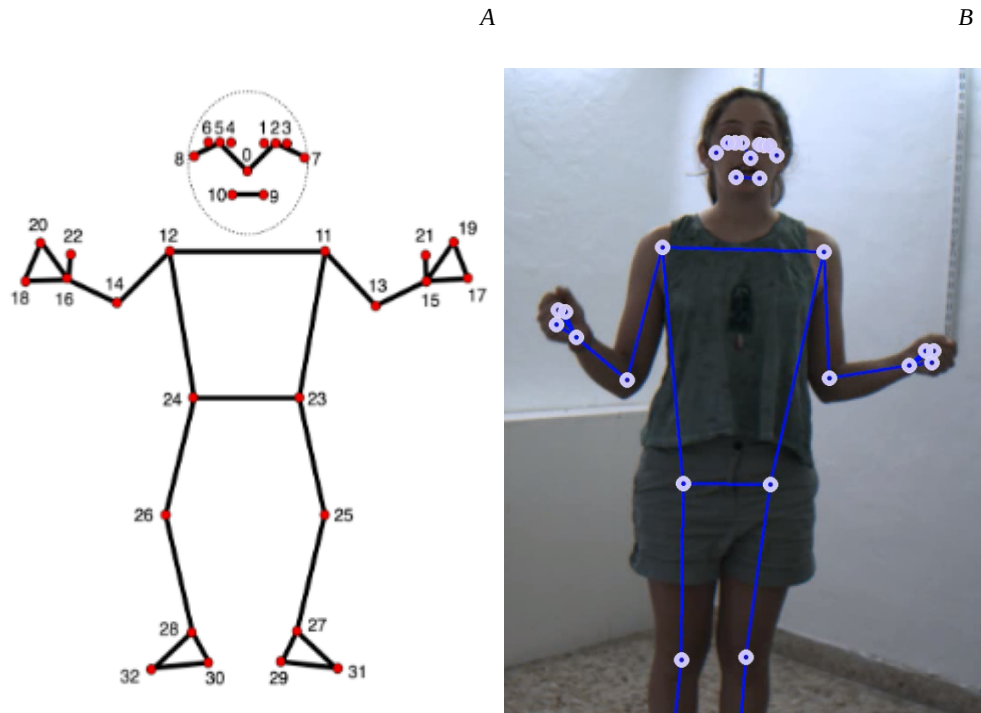


Figura 1. A - Esquema de puntos de referencia del cuerpo generado por MediaPipe Pose. Imagen extraída de Google. B - Resultado de aplicación de MediaPipe a los fotogramas de los sujetos utilizados para la obtención de datos

Como se muestra en la Figura 1, los puntos de referencia del cuerpo fueron identificados utilizando el modelo MediaPipe Pose de Google.

Media Pipe puede ser utilizado para cuantificar diferencias en el grado de movimiento de las manos al relatar historias con diferente cantidad de verbos de acción. En el artículo “Video-Based Hand Movement Analysis of Parkinson Patients before and after Medication Using High-Frame-Rate Videos and MediaPipe” (Güney et al., 2022), se evaluó el movimiento de las manos en pacientes con parkinson antes y después de la medicación utilizada para disminuir el movimiento, se destacó un alto rendimiento a altas tasas de fotogramas (180 fps según el artículo) que permitió captar con precisión los sutiles movimientos de la mano, incluso llegando a estar casi al mismo nivel que el acelerómetro “Natus Nicolet™ VikingQuest EMG/EP (Natus, Middleton, WI, EE. UU)”. El cual fue diseñado y fabricado

específicamente para mediciones de electromiografía (EMG) y potenciales evocados (EP), lo que implica que está altamente especializado para la detección de señales eléctricas en el cuerpo humano. El mismo cuenta con sensores y electrodos de alta calidad, los cuales minimizan la interferencia, capturando señales eléctricas de manera precisa. El error medio reportado en la estimación de frecuencia fue de sólo 0.229 Hz al comparar el rendimiento de Media Pipe con el acelerómetro Natus, lo que indica que Media Pipe proporciona medidas lo suficientemente precisas para utilizarlo en nuestro proyecto, demostrando que puede estimar con precisión la frecuencia y amplitud del movimiento de la mano a partir de imágenes, lo que es relevante para el seguimiento y trackeo de puntos claves en el relato de las historias que nos propusimos evaluar.

7.5.1 Elaboración del código

Se estableció un entorno de desarrollo controlado, siguiendo las mejores prácticas en ciencia computacional, implementando pruebas unitarias para validar la instalación y la funcionalidad de las bibliotecas utilizadas en lenguaje de programación Python. Se adoptaron estándares de codificación consistentes con las directrices de la comunidad científica para garantizar la legibilidad y la mantenibilidad del código, es decir, se desarrolló el código, no sólo utilizando las guías de iniciación de “google developers” sino que se revisaron repositorios de otras comunidades digitales como “Github” (GitHub es una plataforma donde puedes almacenar, compartir y trabajar junto con otros usuarios para escribir código, permite gestionar cambios en el código a lo largo del tiempo), además de detalles observados en varios trabajos académicos sobre la normalización de los puntos clave, independizando las variables de las propias imágenes, igualando de 0 a 1 (px) tanto el alto como el ancho de las imágenes.

Se seleccionaron imágenes secuenciales de alta calidad para capturar el movimiento de las manos en un contexto experimental específico. Se verificó la consistencia e integridad de los datos para garantizar su idoneidad para el análisis científico, realizamos varias pruebas utilizando distintas funcionalidades de las bibliotecas y evaluando cual se ajustaba más a nuestras necesidades de investigación, se aplicaron técnicas de depuración y optimización para mejorar la eficiencia y la precisión del algoritmo.

Una vez logrado dar con la extracción de las variables, se llevó a cabo una validación

exhaustiva del código para verificar su correcto funcionamiento y su conformidad con las especificaciones establecidas. Se realizaron distintas pruebas para detectar posibles errores, identificando y corrigiendo mediante un proceso sistemático de depuración y refactorización del código.

El programa elaborado midió el movimiento cuadro a cuadro en una relación de 30 cuadros por segundo, para poder tener el valor preciso del movimiento que se realizó en cada uno de los 2 ejes. A su vez, el programa efectuó el cálculo del desplazamiento en el espacio cuadro a cuadro, lo que dio como resultado el desplazamiento euclídeo (La geometría euclidiana es un sistema matemático atribuido al antiguo matemático griego Euclides, que describió en su libro de texto sobre geometría: *Los Elementos*. Es aquella que estudia las propiedades geométricas del plano afín euclídeo real y del espacio afín euclídeo tridimensional real mediante el método sintético, introduciendo los cinco postulados de Euclides) de ambos ejes, además de las coordenadas de cada uno de los ejes en cada cuadro. Una vez procesadas las imágenes se procedió a transformar los datos obtenidos en gráficas que permitieron visualizar y analizar de diferentes maneras la información obtenida.

Se realizó un análisis detallado de los datos recopilados para identificar tendencias significativas en el movimiento de las manos. Se utilizaron técnicas de visualización de datos para explorar y visualizar los resultados de manera efectiva, evaluando distintas formas en que los datos eran representados gráficamente, esto generó tablas descriptivas para comunicar de manera clara y concisa los resultados del análisis, además de probar gráficas de diferentes algoritmos matemáticos.

Además de los datos cuantificables extraídos de cada sujeto, dentro del propio código, al finalizar el procesamiento de las imágenes, generamos un vídeo de la secuencia con los puntos clave referenciados sobre el sujeto, realizando una evaluación visual, para detectar posibles errores en la secuenciación de las imágenes o irregularidades en el flujo de los datos.

Dada la cantidad de puntos anatómicos disponibles sobre los cuales hacer seguimiento con el programa (ver Fig.1), con la intención de tener varias opciones para evaluar y elegir para el análisis los puntos que representan el movimiento de manos con mayor precisión y estabilidad, se tomaron los datos de movimiento de los puntos 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22.

Tomamos la secuencia de imágenes de uno de los sujetos al azar y probamos en él, distintas variables de código analizando los distintos flujos de datos que producía cada uno, midiendo el remanente de movimiento que generaba cada punto al reubicarse imagen a imagen. Tras un análisis detallado, se determinó que los puntos 15 y 16 (muñeca izquierda y derecha, respectivamente) eran los más estables y, por lo tanto, los más adecuados para el análisis, además cuando se estudian los gestos manuales se suele utilizar el punto medio de la mano. La selección de estos puntos se basó en la observación de que los puntos no seleccionados mostraban un nivel significativo de inestabilidad y variabilidad no deseada, lo que le quitaría precisión a nuestra toma de datos, es decir, analizamos las coordenadas generadas de cada punto por separado, graficamos cada uno de los puntos y comparamos las gráficas con cada uno de los videos generados, determinando el por qué de la variabilidad de cada uno de los puntos y llegando a la conclusión de cuáles eran los puntos más idóneos, debido a que nuestro enfoque era medir el desplazamiento de las manos, utilizar todos los puntos solo sería una superposición de datos, generando interferencia y confusión a la hora de evaluar los resultados.

7.6 Variables de estudio

En este estudio se utilizó un procedimiento similar a la metodología implementada en la investigación de Trujillo y Holler (2021), quienes estudian los gestos que realizan las personas en una conversación diádica, haciendo énfasis en el análisis de la relación entre los movimientos gestuales y el tipo de preguntas que los sujetos formulan en el desarrollo de la comunicación. Los autores plantean que las señales visuales contribuyen al rápido procesamiento de las acciones que ocurren durante una conversación natural entre dos personas, observando que las intenciones moldean la forma en que nos movemos y proporcionan nuevas vías para comprender cómo este fenómeno puede facilitar la comunicación rápida de significado en la interacción conversacional.

A diferencia del estudio descrito, el cual analizó la cinemática del torso, la cabeza y las manos, en nuestro estudio se decidió incluir únicamente los gestos manuales, no sólo por razones de extensión de la investigación, sino por ser las manos el efector corporal más usado en el campo del análisis gestual (Trujillo y Holler, 2021).

Se decidió en este caso al igual que en la investigación de Trujillo, no realizar una

codificación de gestos, sino medir el movimiento total de las manos durante la producción verbal. Esto nos permitió también disminuir la extensión del estudio pero al mismo tiempo asumiendo el riesgo de contabilizar movimientos que podrían no entrar en la categoría de gestos. En esta investigación se tomó en el plano frontal desde el momento en que el sujeto comenzó a re-relatar el texto, hasta el momento en que concluyó el relato, teniendo en cuenta que esta decisión podría afectar en la cantidad real de gestos que realizó el sujeto al medir el movimiento de manos durante todo el relato. Desde este plano, se midió el movimiento de las manos con respecto al eje latero-lateral o transversal (a partir de ahora *eje x*), es decir el movimiento hacia la izquierda y la derecha, y con respecto al eje craneocaudal (a partir de ahora *eje y*), es decir hacia arriba y abajo.

La variable en la que se midió la cantidad de movimiento generado por los sujetos a través de sus manos durante el relato, es el desplazamiento. Este refiere al cambio de posición de un objeto desde un punto inicial hasta un punto final en un intervalo de tiempo determinado. En este caso para medir la cantidad total de movimiento a lo largo del relato se realizó la suma de los desplazamientos parciales, es decir cuánto se desplazó cada mano cuadro a cuadro en un espacio euclidiano en términos de coordenadas.

7.6.1 Variables primarias

En base al proceso de elaboración del código, ajustes entre el resultado que se iba obteniendo, y observaciones en las gráficas arrojadas se fueron definiendo las variables que el programa daría como resultado, siendo éstas las siguientes:

Desplazamiento de mano derecha en el eje x (MOV_{der}^x) (px)

Se trata de la sumatoria de la distancia entre cuadro y cuadro del punto de seguimiento de la mano derecha durante la duración del relato. Es decir, se mide la diferencia entre el valor absoluto de la coordenada en cuanto al eje x entre un cuadro y el siguiente, y se realiza la sumatoria de todos los valores de movimiento por cada cuadro, arrojando como resultado el desplazamiento total.

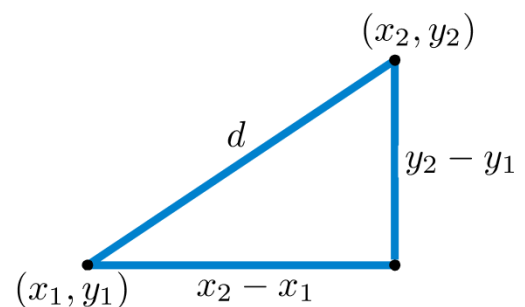


Fig 2. Distancia euclidiana entre dos puntos.
Imagen extraída de Google.

Desplazamiento de mano derecha en el eje y (MOV_{der}^y) (px)

Se trata del mismo procedimiento aplicado para MOV_{der}^x , pero tomando como referencia el eje y en este caso.

Desplazamiento en el plano frontal de mano derecha (MOV_{der}^{xy})(px)

Se construye a partir de la sumatoria de la distancia euclidiana entre cuadro y cuadro del punto de seguimiento de la mano derecha durante la duración del relato. En este caso se utilizan los dos valores de la coordenada para calcular la distancia bidimensional de los puntos en el plano frontal. La distancia euclidiana se calcula usando el teorema de Pitágoras, es decir, si tenemos los puntos $A(x_1, y_1)$ y $B(x_2, y_2)$, la distancia euclidiana entre ellos es

$$d(A, B) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Desplazamiento de mano izquierda en eje x (MOV_{izq}^x)(px)

Replica el cálculo de MOV_{der}^x pero aplicado a la mano izquierda.

Desplazamiento de mano izquierda en el eje y (MOV_{izq}^y) (px)

Como en el caso de la variable anterior, replica el cálculo de MOV_{der}^x pero tomando en cuenta la mano izquierda y el eje y.

Desplazamiento en el plano frontal en mano izquierda (MOV_{izq}^{xy})(px)

Replica el cálculo de MOV_{der}^{xy} para la mano izquierda en este caso.

7.6.2 Variables secundarias

El primer grupo de variables secundarias surge de la sumatoria de las primarias, tanto al colapsar ambos ejes como ambas manos. De aquí se desprenden las siguientes variables:

Sumatoria de desplazamiento de ambas manos en el eje x ($MOV_{izq+der}^x$)(px)

Se obtiene como resultado de la suma del desplazamiento de mano derecha e izquierda en el eje x.

Sumatoria de desplazamiento de ambas manos en el eje y ($MOV_{izq+der}^y$)(px)

Se obtiene como resultado de la suma del desplazamiento de mano derecha e izquierda en el eje y.

Sumatoria de desplazamiento en el plano frontal de ambas manos ($MOV_{izq+der}^{xy}$)(px)

Se obtiene como resultado de la suma del desplazamiento total de ambas manos en ambos ejes.

El segundo grupo de variables secundarias surge de la normalización de las variables primarias por los parámetros de producción del relato de cada sujeto. En otras palabras, debido a la diversidad de la duración del relato de cada participante (DUR)(s), y a la cantidad de palabras expresadas en cada uno (PAL), surgió la necesidad de comparar la producción de gestos independientemente de dichos parámetros. Éstos fueron obtenidos a partir del trabajo de tesina de Mujica, Ramos y Vasallo (2024).

A partir de las variables incorporadas, se generaron secciones nuevas a la tabla de resultados compuestas por las variables primarias y secundarias obtenidas hasta el momento, normalizadas en función de duración del relato y cantidad de palabras.

En cuanto a la sección ‘variables relativas a duración del relato’, cada variable anterior se dividió por el valor de la DUR correspondiente según sujeto y relato. Como ejemplo, la variable *Cantidad de desplazamiento de mano derecha en el eje x por duración del relato* (MOV_{der}^x/DUR) (px/s) consiste en MOV_{der}^x dividido por DUR .

Esta normalización se extendió a todas las variables primarias, así como a las variables secundarias obtenida de la sumatoria de ambas manos.

En cuanto a la sección ‘Variables relativas a cantidad de palabras’, se realizó el mismo proceso previamente mencionado, utilizando la variable PAL como factor de normalización, siendo un ejemplo de las variables obtenidas *Cantidad de desplazamiento de mano derecha en el eje x por cantidad de palabras* (MOV_{der}^x/PAL) (px/pal).

7.7 Análisis de datos

Para cada una de las variables mencionadas, tanto primarias como secundarias, en primer lugar se calculó la media de las mismas, siendo este valor la suma de los valores individuales dividido por la cantidad total de participantes. A su vez se realizó para cada variable también el cálculo de su desviación estándar, medida que sirve para cuantificar la dispersión o variación de un conjunto de valores numéricos.

Por otra parte, sobre las variables sobre las que se trabajaron para profundizar el análisis se aplicó el Test de Kolmogorov-Smirnov (KS) para evaluar si sus distribuciones eran normales o no. El análisis se realizó utilizando Matlab, una plataforma de programación y cálculo numérico ampliamente utilizada por ingenieros y científicos para analizar datos, desarrollar algoritmos y crear modelos. En el Test de KS, no se busca rechazar la hipótesis nula si se desea confirmar que la distribución es normal. Para considerar que una distribución es normal, el valor p debe ser mayor a 0,05. Si el valor p es menor a dicho umbral, se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que los datos no provienen de una distribución normal.

Cuando los resultados del Test de KS indican que los datos no siguen una distribución normal, se aplicó un test que no asume normalidad, específicamente el Test de los rangos de Wilcoxon. Este es un test no paramétrico utilizado para comparar el rango medio de dos muestras relacionadas y determinar si existen diferencias significativas entre ellas.

En este contexto, la hipótesis nula establece que no hay diferencias entre las muestras. Sin embargo, el objetivo es rechazar esta hipótesis para demostrar que existe una diferencia significativa. Esto se logra cuando el valor p es menor a 0,05. Dado que el valor se expresa a dos colas, el valor p debe dividirse entre dos para obtener el resultado final.

Cuando los resultados del Test de KS indican que los datos siguen una distribución normal, se utiliza el Test T para analizar las diferencias entre medias. En este contexto, los datos en el vector x tienen una distribución con media cero. El objetivo es obtener un valor p menor a 0,05, lo que indicaría una diferencia significativa y permitiría rechazar la hipótesis nula. Dado que se trata de una prueba de dos colas, el valor “p” obtenido debe dividirse entre dos para interpretar correctamente los resultados. En resumen, el Test T permite determinar si las

diferencias observadas entre medias son estadísticamente significativas, siempre y cuando se cumpla la suposición de normalidad en los datos evaluada previamente con el Test KS.

Los datos obtenidos se muestran en la sección resultados con gráficas de cajas y líneas el cual es un método estandarizado para representar gráficamente una serie de datos numéricos a través de sus cuartiles. De esta manera, se muestran a simple vista la mediana y los cuartiles de los datos, describe varias características importantes, al mismo tiempo, tales como la dispersión y simetría así como también pueden representarse sus valores atípicos.

8. Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos respecto a la hipótesis que utilizamos como punto de partida. Como se describió en la sección “Metodología” se llevó adelante la elaboración de un código para un posterior procesamiento de los datos en el cual se obtuvo una tabla (Tabla 2) donde se muestra la media y el desvío estándar (DE) de las variables de cantidad de desplazamiento durante la gesticulación, en donde se puede visualizar por separado los resultados de los dos textos (TM y TnM), así como también se distingue mano derecha y mano izquierda (DER e IZQ), el eje de desplazamiento analizado (MOVx y MOVy). También se muestra la sumatoria del desplazamiento en ambos ejes, a través de la suma euclidiana (MOVxy) y la sumatoria de ambas manos para todas las variables. Además, la tabla 2 está agrupada en tres secciones en donde se repiten los resultados mencionados para las variables calculadas en términos absolutos, así como también el resultado de normalizar dichos valores por el tiempo que tardó cada sujeto en el re-relato y por otro lado, la cantidad de palabras que expresó.

Tabla 2 - Tabla de variables primarias y secundarias absolutas y variables relativas

	TM						TnM					
	DER		IZQ		Suma 2 manos		DER		IZQ		Suma 2 manos	
	Media (px)	DE	Media (px)	DE	Media (px)	DE	Media (px)	DE	Media (px)	DE	Media (px)	DE
Variables Primarias y Secundarias absolutas												
MOVx	5,160	2,32	4,895	2,20	10,056	4,42	4,803	3,20	4,804	3,25	9,607	6,16
MOVy	6,198	2,66	5,779	2,59	11,977	5,03	5,825	3,69	5,625	3,25	11,450	6,69
MOVxy	8,993	3,79	8,437	3,70	17,430	7,26	8,412	5,36	8,247	5,05	16,659	10,01
Variables secundarias relativas a la duración del relato												
MOVx	0,061	0,02	0,058	0,02	0,118	0,05	0,056	0,02	0,057	0,02	0,113	0,04
MOVy	0,074	0,02	0,068	0,03	0,142	0,05	0,067	0,02	0,066	0,02	0,134	0,04
MOVxy	0,107	0,04	0,099	0,04	0,206	0,08	0,098	0,03	0,097	0,03	0,195	0,06
Variables secundarias relativas a la cantidad de palabras												
MOVx	0,023	0,01	0,022	0,01	0,045	0,02	0,021	0,01	0,022	0,01	0,043	0,02
MOVy	0,028	0,01	0,026	0,01	0,054	0,02	0,026	0,01	0,025	0,01	0,051	0,01
MOVxy	0,041	0,02	0,038	0,01	0,079	0,03	0,037	0,01	0,037	0,01	0,074	0,02

En esta tabla se muestra la Media y el DE para las variables primarias y secundarias absolutas así como para las variables secundarias relativas. en mano derecha e izquierda y la suma de las dos manos tanto para el TM como para el TnM, en ambos ejes.

La Tabla 2 permite visualizar de qué manera varió la cantidad de desplazamiento de la mano derecha, izquierda y la sumatoria de valores de ambas, en el eje x e y, y la cantidad de desplazamiento en el plano de cada mano, entre los dos textos re-relatados. Estos resultados serán descritos y analizados gráfica y estadísticamente a lo largo de esta sección.

Dada la gran cantidad de variables que se consideran en este análisis y con el fin de reducir dicha dimensionalidad, generamos una nueva variable que consiste en la diferencia (resta) entre textos. Así, la Tabla 3 se generó a partir de los valores medios luego de restar para cada sujeto y cada variable, el valor obtenido en el TM menos el obtenido en el TnM.

Tabla 3 - Variables en base a la diferencia entre textos por sujeto

	Dif entre textos por sujeto					
	DER		IZQ		Suma 2 manos	
	Media (px)	DE	Media (px)	DE	Media (px)	DE
Variables Primarias y Secundarias absolutas						
MOVx	0,36	2,32	0,09	2,33	0,45	4,34
MOVy	0,37	3,05	0,15	2,53	0,53	5,43
MOVxy	0,58	4,18	0,19	3,84	0,77	7,68
Variables secundarias relativas a la duración del relato						
MOVx	0,004	0,018	0,001	0,017	0,005	0,032
MOVy	0,007	0,024	0,002	0,018	0,009	0,040
MOVxy	0,009	0,033	0,002	0,027	0,011	0,055
Variables secundarias relativas a la cantidad de palabras						
MOVx	0,002	0,006	0,000	0,006	0,002	0,011
MOVy	0,003	0,008	0,001	0,006	0,004	0,014
MOVxy	0,004	0,011	0,001	0,010	0,005	0,019

Esta tabla muestra las variables en base a la diferencia generada a partir de los valores medios luego de restar para cada sujeto y cada variable, el valor obtenido en el TM menos el obtenido en el TnM

Con el objetivo de simplificar el análisis de los datos, y una vez corroborado que las variables relativas mantienen las tendencias de las variables primarias y secundarias absolutas, se tomó la decisión de continuar el análisis a partir de este punto utilizando las variables absolutas.

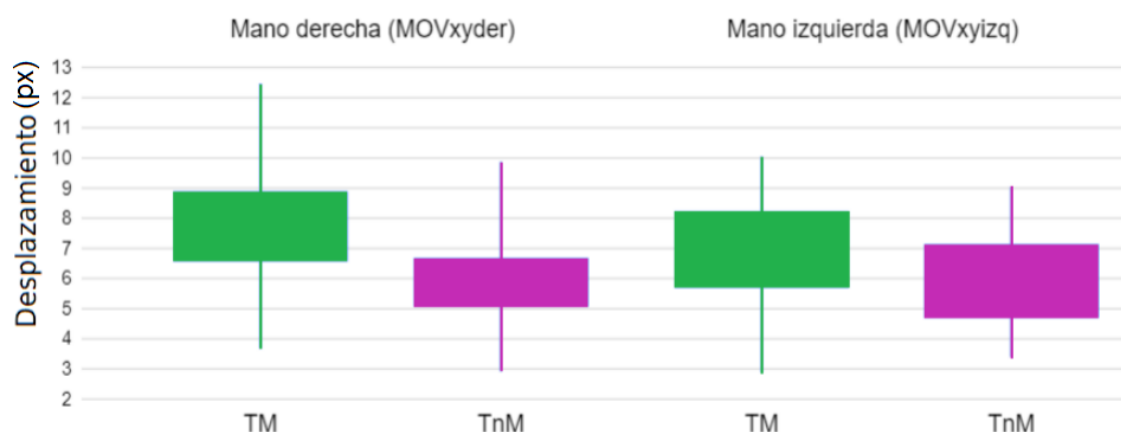


Figura 3 - Comparación de desplazamiento de ambas manos en TM y TnM. En este gráfico de cajas y bigotes se muestra el desplazamiento en el plano frontal para cada mano tanto en el TM como en el TnM, mostrando además el comportamiento para la mano derecha y la mano izquierda.

En la Fig. 3 se compara mediante un gráfico de cajas y bigotes el desplazamiento en el plano frontal para cada mano en los TM y TnM. A su vez se puede comparar también las similitudes en el comportamiento entre manos (derecha vs. izquierda). En ambos casos es

visiblemente mayor este promedio en TM, además de visualizarse que esta diferencia fue mayor para la mano derecha.

Si contrastamos esta figura con los datos de la Tabla 3, se puede observar que los valores de las diferencias entre sujetos son positivos en todos los casos. Esto significa que los participantes realizaron en promedio un mayor desplazamiento de sus manos cuando relataron el TM. Además, si se analiza con más detalle, se puede ver que esta media arrojó un valor bastante mayor para la mano derecha tanto para eje x, eje y y el plano frontal (0.36, 0.37 y 0.58) que para la mano izquierda (0.09, 0.15 y 0.19).

Con respecto al análisis estadístico, se aplicaron los tests correspondientes a cada variable para verificar si la diferencia fue estadísticamente significativa, confirmando que las variables MOV^y , y MOV^{xy} tanto para mano derecha como para mano izquierda tuvieron diferencias significativas (Tabla 4). Cabe destacar que todos los valores que no fueron significativos, excepto MOV_{izq}^x , estuvieron muy cerca de la significancia.

Tabla 4 - Resultados del análisis estadísticos

	Contraste de medias											
	DER				IZQ				Suma 2 manos			
	K-S test	Normalidad	Test W	Dif signif	K-S test	Normalidad	Test W	Dif signif	K-S test	Normalidad	Test W	Dif signif
Variables Primarias y Secundarias absolutas												
MOV_x	0.017	No normal	0.05	No	0.090	Normal	0.43	No	0.004	No normal	0.06	No
MOV_y	0.040	No normal	0.06	No	0.030	No normal	0.04	Si	0.002	No normal	0.06	No
MOV_{xy}	0.002	No normal	0.04	Si	0.016	No normal	0.03	Si	<0.001	No normal	0.05	No

En esta tabla se pueden observar los resultados de la aplicación de los test de Kolmogorov - Smirnov para saber si los datos siguen una distribución normal, y de la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, para saber si existe una diferencia significativa entre las variables de los TM y los TnM. Estos test se aplicaron a las variables absolutas.

Cabe aclarar que en todos los casos, excepto uno, el test de Kolmogorov Smirnov indicó distribuciones no normales, por lo que se aplicó el test (no paramétrico) de los rangos con signo de Wilcoxon. Mientras que para la variable con distribución normal se aplicó T Test.

Para visualizar de otra forma en qué medida los sujetos mostraron diferencias de desplazamiento durante el relato del TM en comparación al TnM, se calculó el porcentaje de sujetos que tuvieron mayor desplazamiento en el TM para cada variable (Fig. 4).

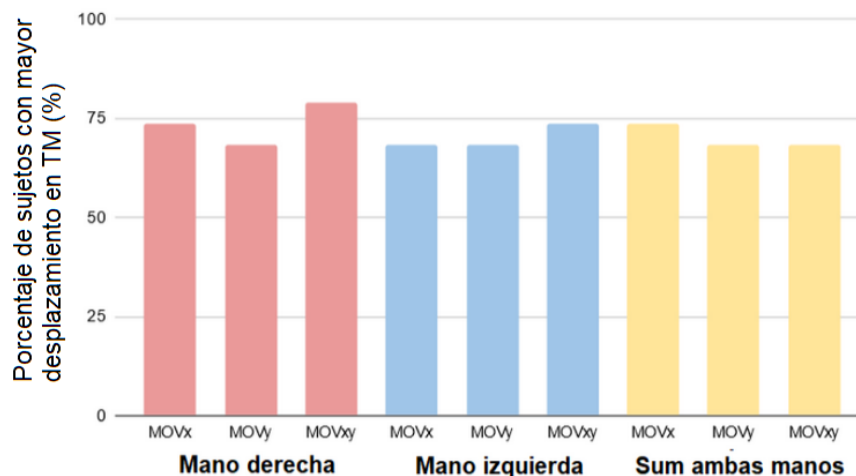


Figura 4 - Gráfica comparativa que muestra el porcentaje de sujetos con mayor desplazamiento durante el relato del TM en comparación al TnM para las variables absolutas.

Para esto, contabilizamos la cantidad de sujetos que tuvieron valor positivo en su Dif TM-TnM. Se observa que en todos los casos fue una amplia mayoría, oscilando estos porcentajes entre el 68,4% y 78.9%. En este caso las diferencias son levemente mayores en mano derecha (73.7%, 68.4% y 78.9%) en relación a la mano izquierda (68.4%, 68.4% y 73.7%), lo que significa que esta tendencia de mayor desplazamiento en el TM es consistente en ambas manos.

9. Discusión

Hipótesis del trabajo y hallazgos relevantes

El propósito de este estudio fue analizar la relación entre la cantidad de gestos producidos durante los re-relatos en función del predominio de verbos de acción presente en dicha narración. Se comparó el desplazamiento neto de las manos en un plano frontal durante la narración de dos textos con mayor y menor cantidad de verbos de acción. Tras el procesamiento de los datos y el análisis estadísticos correspondientes, se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar el desplazamiento de las manos durante el re-relato del TM en comparación al re-relato del TnM.

En base a esto, los resultados obtenidos validan la hipótesis planteada y desarrollada en la sección de “Antecedentes”, siendo la hipótesis del GAS (Hostetter & Alibali 2008, 2010) la que da sustento a nuestra investigación y brinda una posible explicación de qué procesos mentales dan origen a los gestos. Ésta argumenta que los mismos surgen como consecuencia de procesos de simulación cuando un hablante expresa información relacionada a acciones. Dicha simulación nace cuando el hablante se imagina o percibe una acción sin realizarla. En este sentido, el hecho de imaginar una acción produce activación en áreas motoras del cerebro vinculadas a la planificación y ejecución de acciones corporales. Es por esta razón que en este estudio se hizo énfasis en investigar si se da una mayor gesticulación en los relatos de textos con mayor cantidad de verbos de acción, intentando comprobar que cuando un hablante narra verbos relacionados a acciones es más probable que produzca algún tipo de gesto. Esta probabilidad debería acentuarse si esa acción o verbo al que se refiere al hablar ha pasado previamente por su experiencia corporal. Por ejemplo si los factores lingüísticos intervienen en la forma que un hablante simula a un niño corriendo hacia abajo, también influenciará en la forma del gesto que él mismo utiliza para describir tal situación, ya que para dicho marco el gesto y el habla son expresiones de lo mismo (Goldin-Meadow & Alibali 2013). Al respecto Hostetter & Alibali (2008) sostienen que los hablantes deberían gesticular más cuando describen imágenes motoras que cuando describen imágenes visuales ya que las primeras implican simulaciones de acción más activas y además requieren una representación de las interacciones del cuerpo con el entorno.

Teniendo en cuenta que la presente investigación analizó la relación de los gestos producidos en los relatos de textos con una mayor y menor predominancia de verbos de acción en los mismos, podemos decir que este trabajo tiene un fuerte vínculo con la investigación de Mujica, Ramos y Vasallo quienes realizaron un estudio similar utilizando como base la misma muestra, y desarrollaron su estudio partiendo de una hipótesis compatible con la que se presentó en nuestra investigación. Es decir que se utilizó el mismo material audiovisual para demostrar una hipótesis similar pero utilizando una manera diferente de cuantificar la gestualidad de los participantes (su variable principal fue el tiempo de gesticulación), podemos decir que ambas investigaciones pueden considerarse complementarias.

Uno de los aportes novedosos que presentó este trabajo fue el desarrollo de algoritmos para procesar y analizar aspectos cinemáticos de los gestos, aportando mayor objetividad y exactitud a los datos obtenidos.

Un factor a tener en cuenta a la hora de concluir sobre si los resultados respaldaron la hipótesis planteada o no, es observar en qué variables la diferencia de desplazamiento generada entre textos por sujeto fue estadísticamente significativa. Si bien todos los valores de esta diferencia fueron positivos para todas las variables analizadas, dos variables que nos resultó interesante que sí mostraran diferencia significativa fueron aquellas que midieron el desplazamiento de cada mano (MOV_{izq}^{xy} y MOV_{der}^{xy}), ya que estas variables son las que representan el desplazamiento bidimensional observado en las grabaciones y no al desplazamiento en un sólo eje.

Otro factor que se pudo observar y tener en cuenta para llegar a la conclusión final fue el hecho de que al comparar cada sujeto por separado, algunos por mayor y otros por menor margen, la cantidad de desplazamiento generada durante el TM fue mayor en al menos el 68.4% de los casos en todas las variables, llegando incluso en MOV_{der}^{xy} al 78.9% (Fig. 4).

Un aspecto interesante que surgió a lo largo del proceso de análisis de los datos obtenidos fue la clara diferencia entre las mediciones de desplazamiento de ambas manos por separado. Si bien se observa que el desplazamiento durante el relato del TM fue mayor que en el TnM para todas las variables (eje x e y en el plano frontal), esta diferencia fue considerablemente mayor para la mano derecha (Tabla 2, Tabla 3, Fig. 3, Fig. 4). Sin embargo, una limitación del estudio es que no profundizó en la influencia de la mano dominante de los participantes, lo que podría haber aportado información relevante sobre la preferencia motora y su impacto en la gestualidad.

De acuerdo con el meta-análisis de Papadatou-Pastou et al. (2020), que incluyó datos de más de 2,3 millones de personas, aproximadamente un 10,6 % de la población mundial tiene predominio de la mano izquierda (es decir, 1 de cada 10 personas) esto sugiere que la muestra de participantes utilizada para la presente investigación, proporcionalmente debería ser mayor la cantidad de personas diestras que las zurdas. Esto evidenciaría que el uso predominante de la mano derecha en los relatos motrices podría haber influido en la cantidad de gestos producidos, dado que verbos como “agarró” y “sacó” implican un uso más activo de la mano dominante. Si bien este no fue nuestro enfoque en esta investigación, es muy interesante de analizar en futuras investigaciones y, si por ejemplo en personas con predominancia de la mano izquierda, estos verbos podrían evocar un mayor movimiento de dicha mano.

Si tomamos en cuenta el contenido de los textos y cómo estos pueden haber influenciado en el resultado obtenido, podríamos decir que. El TnM, que presenta una predominancia de verbos más abstractos como (“admiraba”, “deseaba”, “recordaba”), muestra una gesticulación inferior, lo que sugiere que la falta de verbos de acción podría limitar la expresión gestual. Esto refuerza la idea de que la acción y la gestualidad están intrínsecamente ligadas; si los hablantes utilizan verbos de acción, como “corrieron”, “tomó” y “pateó”, es probable que también se impliquen físicamente al contar su historia, evocando imágenes claras de movimiento, estimulando una respuesta motora, ya que, están vinculados a experiencias físicas. Entonces los verbos no motores son menos evocativos en términos de acción física y no necesariamente implican movimiento (o éste no está directamente vinculado), su naturaleza abstracta limitaría la activación de áreas motoras en el cerebro, resultando en una gesticulación reducida o inferior al compararlas con los verbos de acción.

Ahora bien, Stark et al. (2022) demostraron que los pacientes con afasia producían más gestos al describir cómo hacer un sándwich que al describir una imagen, lo cual apoya la idea discutida de que determinadas palabras evocan más gestos, especialmente al referirse a acciones concretas frente a descripciones abstractas. Desde la perspectiva del narrador que plantea Parrill (2010), al describir la tarea del sándwich, los narradores adoptan una perspectiva interna, mientras que en la descripción de una imagen asumen una perspectiva externa, lo que podría explicar la mayor frecuencia de gestos en la primera tarea. Masson-Carro et al. (2016) también sugieren que los objetos manipulables tienden a evocar más gestos, lo cual es consistente en el caso de la tarea de hacer un sándwich como acción manipulativa frente a la descripción de una imagen. En este sentido, parece haber una tendencia a gesticular más cuando se articulan verbos de acción. Lavelli y Majorano (2016) también observaron que los niños producían más gestos al hablar de verbos que de sustantivos, lo que reafirma cómo el lenguaje y los verbos de acción activan áreas corticales vinculadas a una mayor producción gestual. Además, Kamermans et al. (2019) encontraron que los participantes gesticulaban más al describir un objeto que habían manipulado previamente, lo que respalda la idea de representaciones sensoriomotoras y de las áreas corticales involucradas. Ampliando nuestra comprensión de la teoría de los Gestos como Acción Simulada ya que esta sugiere que las experiencias físicas previas moldean la gestualidad, por lo tanto esto refuerza la multidimensionalidad de los gestos, consideramos

que los resultados de este estudio son consistentes y coherentes a la hipótesis antes mencionada.

Principales limitaciones del estudio

Las principales limitaciones de este estudio pueden estar dadas por algunos sesgos metodológicos que pudieran estar afectando la precisión de las mediciones. Durante la filmación, los participantes debían estar parados dentro de un cuadrante indicado en el piso, con el fin de limitar el desplazamiento en el espacio. Sin embargo, varios tipos de movimientos, no sólo de traslación sino también de rotación de diferentes segmentos corporales, pudieron afectar la precisión de las mediciones cuadro a cuadro, y también la comparación entre condiciones. También es importante mencionar que no se codificaron gestos es decir que no se descartaron segmentos de filmación que contuvieran movimientos que no fueran tipificados como gestos. Por todo esto, consideramos que éste es un análisis inicial que podría seguir siendo mejorado para obtener resultados más potentes y con mayor grado de información. No obstante, es un aspecto positivo el hecho de que aún sin discriminar gestos y sin discriminar por tipo de gestos. se encontraron resultados significativos.

Otro aspecto a mencionar es que debido a la posición de las cámaras y a un tiempo de trabajo limitado solo se proceso y utilizo el plano frontal y sería bueno para futuras investigaciones poder analizar el plano sagital o incluso generar un análisis tridimensional

Aportes del tema de estudio al campo de la educación física y su relación con el lenguaje y la experiencia

Es importante el aporte de la neurociencia respecto al estudio del sistema nervioso en relación a sus procesos motores y cognitivos, ambos procesos estrechamente vinculados al campo de la EF. Como menciona Glenberg (2012) la cognición es, para la acción y la función básica del sistema nervioso, guiar la acción. En lo que respecta a procesos semánticos, la comprensión del lenguaje involucra simulaciones de acción que realizan los sistemas neurales que a su vez son encargados de la percepción, la acción y el procesamiento emocional (Grush 2004). Afirmamos que en consecuencia de lo anterior el estudio de los gestos desde una perspectiva cognitiva es importante para el campo de la Educación Física ya que cumple un rol directo en procesos de desarrollo, aprendizaje, comunicación e interacción social.

En este sentido la interconexión entre el lenguaje, el movimiento y la experiencia corporal constituye un eje fundamental en la EF, respaldado tanto por las neurociencias como por la obra de Bracht (2019). Este autor subraya que el cuerpo no solo actúa como un objeto físico, sino como un medio para la expresión y la construcción de significados. En este sentido, la hipótesis del GAS (Hostetter y Alibali, 2008, 2010) complementa esta visión al destacar que el lenguaje y la comunicación están profundamente entrelazados con nuestras experiencias físicas y el movimiento.

Este enfoque tiene implicaciones significativas para la EF, donde la comprensión de la relación entre lenguaje y movimiento podría contribuir a pensar estrategias de enseñanza más integrales. Los gestos representan la síntesis entre la experiencia corporal y los procesos reflexivos, transformando el movimiento en una herramienta para la construcción de conocimiento significativo. En este sentido se podría pensar las formas de discutir e integrar estos conocimientos en la práctica profesional con el fin de articular los ámbitos teóricos y prácticos, facilitando el intercambio de conocimientos entre la comunidad científica y los profesionales de la EF.

La visión de Bracht se alinea con esta propuesta al promover una EF que no se limite al desarrollo de habilidades motoras, sino que también fomente competencias sociales y emocionales como propone Bracht. En este sentido, la narrativa se convierte en una herramienta pedagógica clave, permitiendo transformar la experiencia motriz en un proceso reflexivo que enriquezca la comprensión y el aprendizaje.

En este contexto, la idea de que los gestos y el habla son expresiones de la misma simulación mental refuerza la importancia de un enfoque más holístico, donde el movimiento no se vea solo como un fin en sí mismo, sino como un recurso para mejorar la comunicación y el pensamiento. De esta manera, ambos paradigmas pueden enriquecerse mutuamente, superando las dicotomías tradicionales y creando una EF más inclusiva y significativa.

No obstante, sería un reto y a su vez una oportunidad interdisciplinaria la integración de estas perspectivas. La incorporación de conceptos y enfoques provenientes de distintos campos requiere un diálogo interdisciplinario profundo y sostenido. La necesidad de colaboración entre neurociencias, pedagogía y ciencias del deporte es evidente, ya que abordar la EF desde una perspectiva integradora implica repensar modelos tradicionales y adaptar nuevas

metodologías. Esto supone un esfuerzo por superar los límites entre disciplinas, promoviendo una visión más amplia del desarrollo humano así como lo plantea Bracht.

En resumen, la intersección entre la hipótesis del GAS y la visión de Bracht ofrece una base sólida para una EF con un enfoque más integral, donde el cuerpo, el lenguaje y la cognición se articulen en una dinámica enriquecedora. La incorporación de estas perspectivas no solo beneficia el aprendizaje en el ámbito académico y profesional, sino que también contribuye al desarrollo personal y social de los estudiantes. Sin embargo, lograr esta integración exige un abordaje interdisciplinario consciente, que valore las distintas contribuciones sin subordinar unas perspectivas a otras, sino reconociendo su complementariedad.

Proyecciones a futuro

El presente trabajo representa una continuación del grupo de investigación al análisis de los gestos y su relación con la cognición semántica. Desde este lugar entendemos que este trabajo logra aportar resultados interesantes y más aún interesantes nos parecen la cantidad de preguntas que se desprenden del análisis anterior. Por ejemplo, consideramos interesante continuar explorando cómo la experiencia motora de los sujetos impacta en su capacidad de gesticular y cómo ésto se articula con sus capacidades comunicativas y cognitivas, no sólo para el desarrollo individual del sujeto sino también para su desarrollo social. En esta línea recordamos el trabajo de Hostetter & Alibali (2008) quienes mostraron que los hablantes gesticularon más al describir acciones que habían experimentado. También es interesante pensar cómo la experiencia motora puede permitir a los sujetos imaginar las acciones y expresarse de mejor manera a través de sus gestos. Desde este lugar enfatizamos el rol de la EF y el desarrollo de las capacidades motoras para favorecer el desarrollo integral del sujeto.

10. Conclusiones

Desde la perspectiva del GAS, la cognición y el lenguaje están moldeados por la manera en que interactuamos corporalmente con el entorno. Los gestos que acompañan al habla no son elementos decorativos, sino herramientas que estructuran el pensamiento y refuerzan la claridad del mensaje. Los hallazgos de nuestra investigación respaldan esta teoría, ya que los narradores en la condición de TM produjeron más gestos en comparación con la condición TnM. Esto confirma que las ideas relacionadas con la acción motora activan una mayor

producción gestual, mostrando la complejidad de los procesos mentales subyacentes a la comunicación así como lo plantearon los autores Hostetter y Alibali. De todas formas, resaltamos la importancia de continuar estudiando en qué modo las acciones corporales y la experiencia individual de los sujetos, aportan al lenguaje y su respectiva comunicación y cómo esto tiene directa relación con nuestro rol como educadores del cuerpo.

Referencias bibliográficas

Bracht, V. (2019). Educação física escolar no Brasil: o que ela vem sendo e o que pode ser. Inijui.

Cervetto, S., Birba, A., Pérez, G., Amoruso, L., & García, AM (2022). Cuerpo en narrativa: firmas conductuales y neurofisiológicas del procesamiento de textos de acción después del entrenamiento motor ecológico. *Neurociencia* , 507 , 52-63.

Cervetto, S. Eastman, M. Gutiérrez, D. Laesprella, C. (2024). Influencia de la co-producción de movimiento gestual y habla en la memoria declarativa. Exploración de una metodología para su estudio (Tesis inédita de grado). Instituto Superior de Educación Física, Uruguay.

Cervetto, S. Mujica, R. Ramos, M. Vassallo, G. (2024). El relato en el cuerpo: Diferencias en el tiempo de co-producción de gestos durante re-relatos de textos con alto y bajo contenido de acción. Grupo de investigación: Cognición en acción. Instituto Superior de Educación Física, Uruguay.

Fey Parrill (2010) Viewpoint in speech–gesture integration: Linguistic structure, discourse structure, and event structure, *Language and Cognitive Processes*, 25:5, 650-668, DOI:[10.1080/01690960903424248](https://doi.org/10.1080/01690960903424248)

Goldin-Meadow, S., y Alibali, M. W. (2013). Gesture's role in speaking, learning, and creating language. *Annual Review of Psychology*, 64, 257-283.

Glenberg, A. M. (2012). Toward the integration of bodily states, language, and action. <https://www.cambridge.org/core>. The Librarian-Seeley Historical Library

Google. (2024). MediaPipe Pose.

https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/vision/pose_landmarker

Grush, R. (2004). The emulation theory of representation: Motor control, imagery, and perception. *Behavioral and Brain Sciences*, 27, 377–396.
<https://doi.org/10.1017/S0140525X04000093>

Güney, G., Jansen, T. S., Dill, S., Schulz, J. B., Dafotakis, M., Hoog Antink, C., & Braczynski, A. K. (2022). Video-based hand movement analysis of Parkinson patients before and after medication using high-frame-rate videos and MediaPipe. *Sensors*, 22(20), 7992.
<https://doi.org/10.3390/s22207992>

Hernández Sampieri, R., Fernandez Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2004). Metodología de la investigación (Vol. 4, pp. 310-386). México: McGraw-Hill. Interamericana.

Hostetter, A. B., & Alibali, M. W. (2007). Raise your hand if you're spatial: Relations between verbal and spatial skills and gesture production. *Gesture*, 7, 73–95.

Hostetter, A. B., & Alibali, M. W. (2008). Gesture as simulated action: Revisiting the framework. *Psychonomic Bulletin & Review*, 15(3), 495–514.
<https://doi.org/10.3758/PBR.15.3.495>

Hostetter, A. B., & Alibali, M. W. (2010). Language, gesture, action! A test of the Gesture as Simulated Action framework. *Journal of Memory and Language*, 63(2), 245-257.

Hostetter, A. B., & Alibali, M. W. (2018). Gestures as simulated action: Revisiting the framework. *Psychonomic Bulletin & Review*, 26(3), 721-752.
<https://doi.org/10.3758/s13423-018-1548-0>

Kevin L. Kamermans, Wim Pouw, Luisa Fassi, Asimina Aslanidou, Fred Paas, Autumn B. Hostetter. The role of gesture as simulated action in reinterpretation of mental imagery, *Acta Psychologica*, Volume 197, (2019), Pages 131-142, ISSN 0001-6918.

Lavelli, M., & Majorano, M. (2016). Spontaneous gesture production and lexical abilities in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 59(6), 1264-1276.
https://pubs.asha.org/doi/epdf/10.1044/2016_JSLHR-L-14-0356

McNeill, D., Levy, E. T., y Duncan, S. D. (2015). Gesture in discourse. En D. Tannen, H. E. Hamilton, y D. Schiffrin. (Ed.), *The handbook of discourse analysis* (pp. 262-289).

Masson-Carro, I., Goudbeek, M., & Krahmer, E. (2016). Can you handle this? The impact of object affordances on how co-speech gestures are produced. *Language, Cognition and Neuroscience*, 31(3), 430-440. <https://doi.org/10.1080/23273798.2015.1108448>

Papadatou-Pastou, M., Ntolka, E., Schmitz, J., Martin, M., Munafò, M. R., Ocklenburg, S., & Paracchini, S. (2020). Human handedness: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 146(6), 481–524. <https://doi.org/10.1037/bul0000229>

Stark, L., & Cofoid, A. (2022). The relationship between iconic gesture production and discourse tasks in individuals with aphasia. *Neuropsychological Rehabilitation*, 32(3), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.nur.2022.01.001>

Trujillo, J. P., & Holler, J. (2021). The kinematics of social action: Visual signals provide cues for what interlocutors do in conversation. *Brain Sciences*, 11(8), 996. <https://doi.org/10.3390/brainsci11080996>

Volta RD, Avanzini P, De Marco D, Gentilucci M, Fabbri-Destro M (2017). From meaning to categorization: the hierarchical recruitment of brain circuits selective for action verbs. *Cortex*, 100, 95-110. Doi: 10.1016/j.cortex.2017.09.012.