



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Procesamiento Visoespacial en la Percepción y Comprensión de Verbos de Acción en Personas Mayores que Reportan Vértigo Moderado a Severo**

**Liliana Akli Serpa**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Medicina, Maestría en Neurociencias  
Bogotá, Colombia  
2020



# **Procesamiento Visoespacial en la Percepción y Comprensión de Verbos de Acción en Personas Mayores que Reportan Vértigo Moderado a Severo**

**Liliana Akli Serpa**

Tesis presentada para optar al título de:

**Magister en Neurociencias**

Directora:

María Fernanda Lara Díaz

Profesora Asociada, Departamento de la Comunicación Humana

Línea de Investigación:

Comportamiento humano

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Maestría en Neurociencias

Bogotá, Colombia

2020



*Esta tesis se la dedico a Dios por bendecirme con la vida, por guiarme a lo largo de toda mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.*

*A mi esposo y mi hijo por su apoyo incondicional.*

*"la gratitud se da cuando la memoria almacena en el corazón y no en la mente"* Lionel Hampton

## Agradecimientos

En primera instancia deseo expresar mi agradecimiento a la Dra. María Fernanda Lara Díaz, directora de esta tesis de maestría, por sus enseñanzas y respeto por las ideas propuestas. Siempre su actitud conciliadora y orientadora ayudaron a encontrar una vía para lograr el objetivo. He aprendido mucho de la profesora Lara, pero tal vez lo más importante es que la ciencia siempre es el camino para demostrar que todo es posible.

A la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional, específicamente al Laboratorio de Neurociencia Cognitiva y Comunicación en donde se dispone de alta tecnología aplicable a todos los procesos de investigación y los investigadores tenemos cabida para desarrollar nuestros experimentos. Al Centro de la Comunicación Humana, por permitir que el grupo Mentes en Acción hiciera parte de este proyecto.

A la profesora Liliana Neira Torres Directora del Departamento de la Comunicación Humana al cual pertenezco, por su apoyo desde lo laboral para hacer posible esta meta de ser Magister en Neurociencias.

Al Hospital Universitario Nacional por ser parte de esta investigación permitiéndome acceder a los servicios de audiología y sus usuarios.

A la Flga. Claudia Ramírez Fajardo, Audióloga del Hospital Militar Central, sin su apoyo no hubiese logrado acceder a las pruebas de Vhit, muchas gracias.

Angélica Mateus y a Constanza Beltrán , gracias a estos dos excelentes seres humanos y profesionales con todo el futuro por delante, me compartieron su conocimiento de forma incondicional, solidaria y ante todo con un apoyo infinito con gran lealtad de amigas y compañeras.

Gracias infinitas a mi familia, a mi esposo Mauricio Sánchez y a mi hijo Andrés Felipe Sánchez a quienes abandoné por aprender más, pero al mismo tiempo me mostraron admiración y respeto por mi decisión de siempre avanzar en el conocimiento.

## Resumen

El propósito investigativo fue explorar la relación entre la percepción y comprensión de verbos de acción y términos visoespaciales en personas con y sin vértigo entre los 50 y 80 años. La muestra fue de 12 participantes; se evaluaron con el *Dizziness Handicap Inventory (DHI)*, la Videoelectro-oculografía, la prueba de impulso cefálico asistida por video (Vhit), el *Montreal Cognitive Assessment (MoCA)* y las pruebas neuropsicológicas de Neuronorma Colombia. Ellos realizaron cuatro tareas con verbos y términos visoespaciales en el equipo de rastreo visual *EyeTracker Tobii Tx300*. Los resultados se analizaron en el programa SPSS 21, mediante comparaciones de medias, correlaciones entre variables con relación a género, edad, escolaridad, desviaciones, U Mann-Whitney, prueba de rangos de Wilcoxon y regresión lineal de pasos sucesivos. Se concluyó: La relación entre procesamiento de la señal de movimiento y las funciones ejecutivas en las personas con vértigo evidenció mayor uso de recursos atencionales y cognitivos con diferencias en el tiempo de procesamiento. La corporeidad se basa en la experiencia y genera representaciones, las personas con vértigo se afectan por el input recibido durante el periodo agudo, interfiriendo en la percepción visoespacial y lingüística con relación al movimiento. En lo cognitivo hay diferencias en el procesamiento de información en las personas con vértigo en los dominios de memoria, atención, habilidades visoespaciales y funciones ejecutivas. El aspecto emocional de las personas con vértigo debe ser medido con escalas de ansiedad y depresión para establecer la relación directa con el vértigo.

**Palabras clave:** vértigo, procesamiento del lenguaje, procesamiento visoespacial

## Abstract

The research purpose was to explore the relationship between the perception and understanding of action verbs, visuospatial terms in people with and without vertigo between 50 and 80 years of age. The sample consisted of 12 participants; they were evaluated with the Dizziness Handicap Inventory (DHI), Videoelectronystagmography, the video-assisted head impulse test (Vhit), the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) and the neuropsychological tests of Neuronorma Colombia. They performed four tasks with verbs and visuospatial terms on the EyeTracker Tobii Tx300 visual tracking device. The results were analyzed in the SPSS 21 program, by means of comparisons of means, correlations between variables in relation to gender, age, education, deviations, U Mann-Whitney, Wilcoxon rank test and linear regression of successive steps. It was concluded: The relationship between movement signal processing and executive functions in people with vertigo showed greater use of attentional and cognitive resources with differences in processing time. Corporeity is based on experience and generates representations, people with vertigo are affected by the input received during the acute period, interfering with the visuospatial and linguistic perception in relation to movement. There are cognitive differences in information processing in people with vertigo in the domains of memory, attention, visuospatial skills and executive functions. The emotional aspect of people with vertigo should be measured with anxiety and depression scales to establish a direct relationship with dizziness.

**Keywords:** Dizziness, language processing, visual and spatial processing



# Contenido

	<b>Pág.</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>VII</b>
<b>Lista de figuras .....</b>	<b>XI</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>XII</b>
<b>Lista de abreviaturas .....</b>	<b>XIII</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Justificación .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>9</b>
2.1 Objetivo general .....	9
Explorar la relación existente entre la percepción y comprensión de verbos de acción, términos visoespaciales y el vértigo moderado a severo en personas entre los 50 y 80 años con vértigo que asisten a consulta de audiología y otorrinolaringología en la ciudad de Bogotá.....	9
2.2 Objetivos específicos.....	9
<b>3. Marco teórico.....</b>	<b>11</b>
3.1 Sistema Vestibular.....	11
3.1.1 El Reflejo Vestíbulo Ocular (RVO).....	14
3.1.2 El Reflejo Vestíbulo Espinal (RVE).....	14
3.1.3 El Reflejo Vestíbulo Cervical (RVC) .....	15
3.2 Funciones cognitivas y lingüísticas .....	19
3.2.1 Cognición visoespacial.....	20
3.2.2 Cognición visoespacial y lenguaje.....	23
3.3 Eye tracking como instrumento de observación objetiva de la función cognitiva y lingüística .....	24
<b>4. Metodología.....</b>	<b>27</b>
4.1 Participantes.....	27
4.1.1 Criterios de inclusión .....	28
4.1.2 Criterios de exclusión .....	28
4.2 Instrumentos.....	29
4.2.1 Evaluación vestibular .....	29
4.2.2 Evaluación cognitiva .....	31
4.2.3 Pruebas experimentales.....	33
4.3 Procedimiento.....	38

---

4.3.1	Primera fase.....	39
4.3.2	Segunda fase.....	39
4.3.3	Tercera fase.....	40
4.4	Consideraciones éticas.....	43
<b>5.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>45</b>
5.1	Características sociodemográficas .....	45
5.2	Caracterización auditivo – vestibular.....	47
5.2.1	Caracterización de la función auditiva .....	47
5.2.2	Caracterización de la función vestibular .....	47
5.3	Perfil neuropsicológico de los participantes .....	52
5.3.1	Relación entre el vértigo y las funciones cognitivas.....	54
5.4	Resultados de las tareas experimentales .....	55
5.4.1	Tarea 1 .....	55
5.4.2	Tarea 2 .....	58
5.4.3	Tarea 3 .....	61
5.4.4	Tarea 4 .....	63
<b>6.</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>66</b>
<b>7.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>78</b>
<b>8.</b>	<b>Limitaciones y perspectivas futuras.....</b>	<b>79</b>
<b>A.</b>	<b>Anexo 1: Dizziness Handicap Inventory (DHI).....</b>	<b>81</b>
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>83</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Resultados de la prueba de estimulación calórica .....	30
<b>Figura 2.</b> Resultado del VHIT del canal lateral.....	31
<b>Figura 3.</b> Verbo de acción sin desplazamiento: caer.....	34
<b>Figura 4.</b> Verbo de acción con desplazamiento: bajar.....	35
<b>Figura 5.</b> Verbo dinámico con desplazamiento visualmente similares.....	35
<b>Figura 6.</b> Ejemplo de la presentación de la tarea dos: Verbo Volar - arriba.....	36
<b>Figura 7.</b> Escenario utilizado para la tarea 3.....	37
<b>Figura 8.</b> Escenario utilizado para la tarea 4.....	38

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Fases de la investigación .....	38
<b>Tabla 2.</b> Datos cualitativos y cuantitativos analizados .....	41
<b>Tabla 3.</b> Características sociodemográficas de los participantes .....	45
<b>Tabla 4.</b> Características sociodemográficas: comparación entre grupos .....	46
<b>Tabla 5.</b> Descripción de resultados audiológicos.....	47
<b>Tabla 6.</b> Resultados DHI .....	48
<b>Tabla 7.</b> Resultados Vhit .....	49
<b>Tabla 8.</b> Hallazgos estadísticos de variables estudiadas.....	50
<b>Tabla 9.</b> Resultados de pruebas neuropsicológicas .....	53
<b>Tabla 10.</b> Modelo de regresión lineal: MOCA - Vértigo.....	54
<b>Tabla 11.</b> Modelo de regresión lineal: Pruebas Eye tracking .....	54
<b>Tabla 12.</b> Resultados tarea experimental 1 .....	55
<b>Tabla 13.</b> Resultados Eye Tracking: Tarea experimental 1 .....	56
<b>Tabla 14.</b> Tiempo en la primera fijación: tarea 1.....	58
<b>Tabla 15.</b> Prueba de Rango de Wilcoxon: Análisis de verbos .....	58
<b>Tabla 16.</b> Aciertos tarea 2 .....	59
<b>Tabla 17.</b> Tiempo a la primera fijación: Tarea 2 .....	60
<b>Tabla 18.</b> Duración de la visita: Tarea 2.....	60
<b>Tabla 19.</b> Relación entre estímulos: Tarea 2.....	61
<b>Tabla 20.</b> Tiempo a la primera fijación: Tarea 3 .....	62
<b>Tabla 21.</b> Tiempo total de la tarea 3.....	63
<b>Tabla 22.</b> Tiempo a la primera fijación: tarea 4.....	63
<b>Tabla 23.</b> Duración de la visita: tarea 4 .....	64
<b>Tabla 24.</b> Modelo de regresión: Términos visoespaciales .....	64

## Lista de abreviaturas

<b>Símbolo</b>	<b>Abreviatura</b>
AV	Atención Visoespacial
CS	Canales Semicirculares
GOC	Centro de Gravedad Corporal
CV	Cortez Vestibular
CVPI	Corteza Vestíbulo Parieto Insular
ELA	Esclerosis Lateral Amiotrófica
EM	Enfermedad de Meniere
EP	Enfermedad de Parkinson
MeV	Memoria Visoespacial
MV	Migraña Vestibular
NV	Neuritis Vestibular
SS	Sistema Somatosensorial
SVi	Sistema Visual
SV	Sistema Vestibular
RVC	Reflejo Vestíbulo Cervical
RVE	Reflejo Vestíbulo Espinal
RVO	Reflejo Vestíbulo Ocular
VHIT	Video Head Impulse Test
VPPB	Vértigo Postural Paroxístico Benigno



## Introducción

El Sistema Vestibular (SV) detecta el movimiento y la orientación de la cabeza en el espacio a través del Reflejo Vestíbulo Ocular (RVO), que es el responsable de fijar la visión para asegurar la estabilidad postural y proporciona el sentido del movimiento propio. El SV es multisensorial y depende de la interrelación permanente entre los sistemas vestibular, visual y propioceptivo (Purves et al., 2012). Un desorden en el SV resulta en una información errada del movimiento, generando anormalidad tanto de los reflejos como de la información de los receptores vestibulares periféricos y centrales (Brandt & Dieterich, 1999).

La información relacionada con los cambios de posición en el espacio es transmitida por redes neuronales ubicadas en la corteza cerebral, que incluyen áreas multisensoriales alrededor de la corteza somatosensorial, la unión temporoparietal, la ínsula posterior y anterior, la corteza parietal, frontal y medial, el hipocampo y el cíngulo (Sánchez A, Collao C, & Délano J P, 2016). La identificación de la corteza vestibular y las diferentes contribuciones anatomofisiológicas en la percepción del movimiento, permiten establecer una correlación desde la neurofisiología hacia la neurociencia cognitiva, explorando cómo diferentes procesos cognitivos influyen en el movimiento y la orientación en el espacio. La relación entre la cognición y el sistema vestibular es el producto del vínculo entre la entrada sensorial y la salida de información motora que finalmente permite la integración sensoriomotora y da lugar a funciones cognitivas superiores que evolucionan por las capacidades de acción del individuo, que dependen de la percepción que se establezca del espacio (Medendorp & Selen, 2017). Por lo tanto, la percepción y la acción son dos funciones que determinan el conocimiento del espacio a través de los sistemas sensoriales.

Diferentes estudios demuestran que la función del SV se deteriora con la edad, generando un alto impacto en la calidad de vida. Sin embargo, poco se conoce acerca de los factores

de riesgo y los procesos neurodegenerativos involucrados (Huang, Burgess, Weber, & Greenwald, 2006). Los desórdenes vestibulares tienen una prevalencia del 58% después de los 60 años (Neuhauser, 2007) y en la Encuesta Nacional de Salud realizada en Estados Unidos en la primera década del 2000 se estimó que el 11.5 % de los estadounidenses presentaron mareo en los últimos 12 meses, el 14.8 % presentaban mareos o problemas de equilibrio y a su vez, el 19.6% eran mayores de 65 años. Estas dos variables (mareo y desequilibrio) estaban relacionadas con inestabilidad en un 68%, caminar sobre superficies irregulares 55%, vértigo y desmayo en un 30% (Lin & Bhattacharyya, 2012). Por otra parte, según el Análisis de la Situación de la Salud Auditiva y Comunicativa en Colombia (2016), el vértigo es la segunda causa de consulta para la atención de las enfermedades del oído y las alteraciones en la audición. Esta condición está asociada con la disfunción del SV, donde la primera causa es Vértigo Posicional Paroxístico Benigno (VPPB), seguido de Migraña Vestibular (MV), Neuritis Vestibular (NV) y Enfermedad de Meniere (EM) (Neuhauser, 2007).

Los datos registrados en la *National Health Interview Survey (NHIS)* en el 2008 se aproximaron a la posible relación entre el vértigo vestibular (incluyendo mareo y desequilibrio) con la función cognitiva. Los hallazgos permitieron predecir que existía un incremento de ocho veces más en la posibilidad de presentar dificultades de concentración y memoria, y cuatro veces más la posibilidad de limitación de la actividad por dificultades o confusión al recordar (Bigelow, Semenov, du Lac, Hoffman, & Agrawal, 2016). Este hallazgo ha abierto una ventana al conocimiento en relación con el SV, donde se incluyen afecciones a nivel cognitivo y de lenguaje, relacionándose estas con el funcionamiento vestibular de la persona.

La evidencia acerca de la relación entre las funciones cognitivas y lingüísticas ha dado lugar a diferentes modelos de procesamiento dentro de los cuales se encuentra el *Modelo de Cognición Corporeizada* (Zwaan, 2004) que ha permitido determinar la relación entre el procesamiento de la información visoespacial y el procesamiento del lenguaje, específicamente con la predicción e inducción de movimientos, lo que incluye el procesamiento de los verbos en sus diferentes formas.



Reportes investigativos acerca de la cognición corporeizada, han demostrado el efecto generado por patologías neurodegenerativas con componente motor en aspectos lingüísticos. Una de las patologías más estudiadas es la enfermedad de Parkinson (EP). Herrera, Bermúdez-Margaretto, Ribacoba y Cuetos (2015) analizaron el procesamiento de verbos de acción en personas que presentan EP, estableciendo la relación anatomofisiología y determinando la relación entre los efectos dopaminérgicos con la fluidez verbal. Dichos hallazgos coinciden con los de Fernandino et al. (2013), quienes afirman que el procesamiento de verbos se ve afectado en tareas implícitas y explícitas.

Esta evidencia abre una ventana a la comprensión de la arquitectura cognitiva del lenguaje en la cual, los aspectos de tipo motor tienen influencia en los componentes verbales. Por lo tanto, es necesario continuar explorando estas relaciones, que permitan ampliar la comprensión en torno a los procesos sensoriales, motores y cognitivos. Una oportunidad en este sentido la constituye el análisis de la influencia de los trastornos del movimiento en el lenguaje, específicamente los trastornos relacionados con el SV.



# 1. Justificación

Las interacciones entre las habilidades lingüísticas y los componentes cognitivos es uno de los temas más interesantes en las ciencias cognitivas. Sin embargo, sobre la interacción y grado de dependencia de estas habilidades y componentes, se sabe que de acuerdo con la lengua que hable un individuo se generan modificaciones en la forma de representar el mundo, simultáneamente, puesto que el lenguaje ayuda a dar forma a los esquemas cognitivos de las personas (Lupyan, 2016; Perlovsky, 2007).

De acuerdo con Perlovsky (2011) el lenguaje y la cognición son dos mecanismos separados pero que interactúan estrechamente. El lenguaje acumula sabiduría cultural; la cognición desarrolla representaciones mentales que modelan el mundo circundante y adapta el conocimiento a circunstancias concretas de la vida (Berwick, Friederici, Chomsky, & Bolhuis, 2013). En el caso específico del SV es importante estudiar las variables físicas, cognitivas y lingüísticas por separado para aportar evidencias acerca de cómo interactúan y de los posibles efectos en el deterioro de estas funciones.

Desde el punto de vista neurobiológico, se establece que una lesión a nivel del sistema vestibular periférico trae consigo implicaciones a nivel central debido a su componente multisensorial, cuya información se transmite vía ascendente al sistema límbico y a la neocorteza (Aedo Sánchez et al., 2016). Estas redes son necesarias para tener una información interna precisa, que permite la formación de una representación del Yo y el entorno espacial, relacionado con eventos como la percepción del propio movimiento, la percepción de la inclinación, la actualización de la señal visoespacial y el mantenimiento del entorno espacial (Angelaki, Klier, & Snyder, 2009), por lo tanto, si estos eventos no

ocurren, la información se vuelve inexacta y ambigua afectando el rendimiento cognitivo (Smith & Zheng, 2013).

En las dos últimas décadas, la relación del funcionamiento vestibular con los procesos comportamentales que implican información espacial se ha estudiado mediante modelos de animales y humanos. En los primeros estudios realizados en roedores, en cuyos experimentos se indujo una lesión vestibular bilateral (LVB), se encontró que los sujetos con LVB mostraban déficit profundo de memoria espacial en la oscuridad. Estudios en humanos como el realizado por Laczó y colaboradores (2017) demuestran cómo alteraciones en la navegación y en la memoria visoespacial reflejan disminución del tamaño del hipocampo en personas mayores y de otras estructuras cerebrales que tienen relación con la función vestibular.

Otros estudios en humanos con función vestibular normal establecieron la relación existente entre los cambios posturales inducidos por palabras, evidenciando la interacción entre las representaciones léxico semánticas y motoras, demostrando que contrariamente a los verbos de estado mental (pasivo), los verbos que implican movimiento físico inducen cambios transitorios en la postura del cuerpo, mediados por el control neuromotor (Shiller et al., 2013).

Dado que en el vértigo se combinan componentes sensoriales e interacciones transmodales entre lo somatosensorial, la audición y la visión, es necesario observar diferenciadamente la posible influencia del procesamiento visoespacial en el desempeño de la persona en tareas que incluyen habilidades cognitivas que pueden contribuir con la representación cognitiva y lingüística. Por lo que si se altera la representación visoespacial que incluye la percepción sensoriomotora, la percepción de verbos de acción que se relacionan con el movimiento estaría afectada, por lo tanto, se podría estar abriendo una ventana al conocimiento en relación con la interacción de las funciones cognitivas y lingüísticas con el SV.

Los estudios que involucran enfermedades neurodegenerativas cuyo principal signo son alteraciones motoras, han ido dilucidando la relación entre la representación o corporeidad cognitiva y del lenguaje corporeizado o representación del lenguaje, donde se ha logrado establecer la relación causal de estas con déficit cognitivos (Bocanegra et al., 2015), luego si una persona cuya información vestibular está errada, su representación sensoriomotora que incluye la representación visoespacial podría llegar a presentar alguna alteración de las funciones lingüísticas.

Glenberg y Gallese (2012) proponen que la información sensoriomotora contribuye en la formación de representaciones léxicas que se activan como parte del proceso que permite la construcción del significado. Por lo tanto, una representación léxica de acción (verbos de acción) contribuiría en la construcción o modificación de un significado (Glenberg & Gallese, 2012).

Para contribuir con la evidencia científica, en esta investigación se propuso desarrollar una cadena de eventos donde se observará cómo un desorden en el sistema vestibular puede afectar procesos cognitivos de primer orden, determinando que una alteración en la representación visoespacial tiene inferencias directas sobre aspectos lingüísticos. De tal forma que, si se tiene en cuenta la evidencia mencionada, en la que se establece esa relación entre la representación corporal y la recuperación léxica, se podría inferir que los aspectos lingüísticos de orden visoespacial que impliquen movimientos corporales mediante la evocación de términos verbales se encuentran relacionados y pueden estar afectados en personas con alteración de la información vestibular. Esto permitirá relacionar los tres pilares del modelo de procesamiento: la función cerebral, cognitiva y comportamental, permitiendo la identificación de variables específicas a estudiar que contribuyen a la comprensión de la compleja arquitectura cognitiva en el procesamiento lingüístico. Finalmente, la relación del SV con funciones cognitivas y lingüísticas abre una ventana de conocimiento para el abordaje de los desórdenes vestibulares que impacta los procesos de intervención y la calidad de vida de las personas (Zwaan, 2004).

Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación tiene como objetivo explorar la relación existente entre la percepción y comprensión de verbos de acción, términos visoespaciales y el vértigo moderado a severo en personas entre los 50 y 80 años con vértigo que asisten a consulta de audiología y otorrinolaringología en la ciudad de Bogotá, con vértigo.

De acuerdo con los antecedentes expuestos y el objetivo planteado, este estudio se formuló a partir de las siguientes preguntas:

¿Cuál es el perfil de desempeño neuropsicológico de las personas con vértigo?

¿Cómo son los patrones de seguimiento ocular en tareas visoespaciales y lingüísticas con verbos de acción?

¿Cuáles son las diferencias de los perfiles neuropsicológicos con los patrones de percepción visoespacial y lingüístico en personas con vértigo?

¿Cuál es la posible relación entre la percepción de términos visoespaciales y verbos de acción con el grado de discapacidad de vértigo reportados según el DHI?

## **2.Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Explorar la relación existente entre la percepción y comprensión de verbos de acción, términos visoespaciales y el vértigo moderado a severo en personas entre los 50 y 80 años con vértigo que asisten a consulta de audiología y otorrinolaringología en la ciudad de Bogotá.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Describir el perfil neuropsicológico de las personas con vértigo.
- Caracterizar los patrones de seguimiento ocular en tareas visoespaciales y lingüísticas con verbos de acción.
- Identificar las diferencias de los perfiles neuropsicológicos con los patrones de percepción visoespacial lingüístico en personas con vértigo.
- Observar la posible relación entre la percepción de términos visoespaciales y verbos de acción con el grado de discapacidad de vértigo reportados según el DHI.





## 3. Marco teórico

En el siguiente apartado se describirán tres grandes temas. En primer lugar, se establecerá la relación neurobiológica de la fisiología del sistema vestibular y las conexiones que se generan con las diferentes redes corticales para producir una respuesta motora denominada equilibrio. En segundo lugar, se abordará la cognición desde el concepto visoespacial y finalmente se describirá cómo esta se transforma en una representación denominada cognición corporeizada, que tiene una relación directa con procesos lingüísticos que se transforman en la representación del lenguaje.

### 3.1 Sistema Vestibular

El vértigo genera alteraciones del equilibrio. Se define como un proceso complejo que involucra la coordinación de actividades de múltiples componentes: sensorial, motor y vestibular I (Carmona & Asprella Libonati, 2013). La posición del cuerpo con relación a la gravedad y el entorno es identificada por información visual, vestibular y somatosensorial (propioceptiva). Adicionalmente, todos los movimientos de balance requeridos para mantener el equilibrio involucran múltiples articulaciones y músculos que actúan sobre la superficie de sustentación a través de la base de soporte, el límite de estabilidad y el límite de influencia (Nashner, 2014).

Particularmente, los tres sistemas que intervienen en el equilibrio: el sistema propioceptivo, sistema visual y sistema vestibular, tienen la misma importancia en esta función, por lo tanto, una alteración en cualquiera de sus procesos puede generar un riesgo de caída acompañado de mareo o vértigo, especialmente cuando involucra el sistema vestibular (Hansson & Magnusson, 2013). Nashner (2014) determina que estos sistemas son requeridos para medir permanentemente la posición del centro de gravedad corporal (Body's Center of Gravity COG). El sistema somatosensorial (SS) provee información de la posición y soporte del cuerpo en el espacio; el Sistema Visual (SVi) mide la orientación

de los ojos y la cabeza en relación con los objetos circundantes y el sistema vestibular (SV) mide la aceleración gravitacional, lineal y angular de la cabeza con relación al espacio inercial. El SV no tiene mucha inferencia en el COG, su relación básicamente está en el control preciso de la cabeza, los ojos y la mirada, los cuales son muy importantes en la ejecución de actividades motoras complejas, como por ejemplo correr o tomar un objeto en movimiento.

La información vestibular es esencial para el equilibrio. En el momento en que se presenta un conflicto entre lo visual y lo somatosensorial, se requiere que el individuo corrija rápidamente el error de información a través del SV; si esto no sucede, se genera un déficit vestibular relacionado con la presencia de vértigo e inestabilidad durante la exposición a estímulos visuales y de soporte contradictorios en la superficie. Esta condición se relaciona como una simulación de Zero Gravedad, cuya información de orientación se envía por la vía de interpretación de orientación cerebral que da el sistema vestibular. El conflicto de la información de la aceleración lineal y de inclinación de cabeza está dada por los otolitos utriculares y es captada y analizada por el cerebro, generando conflicto con la información de los otros sistemas, cursando con inestabilidad y frecuentemente vértigo (Roland, 2016; Roland, Sinks, Goebel, Shepard, & Jacobson, 2016).

El Sistema Vestibular (SV) como responsable del control sensoriomotor y perceptual, mediante el análisis de la aceleración codifica movimientos tridimensionales de la cabeza en el espacio, activa sistemas reflejos que actúan sobre los músculos extraoculares (dedicados a la estabilización de la mirada) y reflejos posturales que intervienen sobre los músculos para dar orientación corporal y estabilización en el espacio (Wilson, 2013). De acuerdo con sus funciones, tiene en cuenta procesos superiores donde se relaciona el procesamiento vestibular, que es considerado como la forma en que los seres humanos emplean la memoria para integrar y memorizar un camino durante la navegación y procesamientos de tipo cognitivo donde crea mapas que le permiten al ser humano posteriores desplazamientos visoespaciales (López & Blanke, 2011).

Las estructuras neuronales y las señales vestibulares involucradas son indispensables para identificar el auto movimiento y el movimiento del objeto, percibiendo el mundo como vertical (López, Lacour, El Ahmadi, Magnan, & Borel, 2007), creando un modelo interno de

gravedad del propio movimiento corporal y la percepción visual relacionada con la gravedad. (Lenggenhager, Mouthon, & Blanke, 2009).

Ahora bien, la información vestibular se da vía aferente y eferente. Las señales vestibulares que son enviadas vía aferente son identificadas y controladas por los órganos sensitivos, relacionados con la aceleración y el control postural para dar información visoespacial que debe ser reservada para posteriores acciones de ejecución rápida y casi automática como la memoria de un trayecto, el reconocimiento e identificación de un espacio, la reacción ante un objeto en movimiento, la perspectiva de un campo visual, entre otras. Es aquí donde no es posible separar lo visoespacial de lo vestibular.

La orientación visoespacial que se deriva de la información vestibular es una forma de percepción vestibular, que consiste en diferenciar el movimiento con relación a la cabeza (self-motion), con respecto a la verticalidad y la gravedad. Por su parte, la aceleración y la gravedad son fuerzas similares donde una refleja el movimiento y la otra la postura, permitiéndole a las células sensoriales diferenciar entre una ganancia baja postural y una ganancia elevada dinámica (Lévêque, Seidermann, Ulmer, & Chays, 2009). Esta información tiene un papel multisensorial y es enviada a través de vías centrales activando información visual, auditiva y propioceptiva.

El procesamiento vestibular central es multisensorial porque muchas neuronas de los núcleos vestibulares reciben información visual. Muchas de estas funcionan como neuronas premotoras, dando lugar a proyecciones ascendentes que permiten al arco sensoriomotor dar una compensación rápida a los movimientos de los ojos y la cabeza en respuesta a la estimulación vestibular.

La comunicación entre el extremo de los órganos vestibulares con la rama vestibular del VIII par craneal, vía cerebro y cerebelo, permite el procesamiento de mucha información relacionada con la posición y el movimiento de la cabeza que llega a los núcleos vestibulares, los cuales son un centro importante de integración recibiendo información de los núcleos vestibulares del lado opuesto, así como del cerebelo y de los sistemas visual y somatosensorial (Purves et al., 2012).

En este sentido, las proyecciones centrales del SV se realizan mediante tres reflejos principales: El Reflejo Vestíbulo Ocular (RVO), el Reflejo Vestíbulo Espinal (RVE) y el Reflejo Vestíbulo Cervical (RVC); como se ha dicho hasta ahora, son los encargados de regular la información a través de los movimientos oculares y del control postural con relación a los movimientos de la cabeza.

### **3.1.1 El Reflejo Vestíbulo Ocular (RVO)**

Su función es la estabilización de la mirada durante los movimientos cefálicos, mediante la acción de los órganos sensoriales ubicados en los Canales Semicirculares (CSC) (ámpulas) y de los otolitos; estos responden a la aceleración y traducen el movimiento de la cabeza.

El RVO es la activación de un arco de tres neuronas que dan información en las tres dimensiones alrededor de algunos de los tres ejes de rotación: vertical, horizontal y torsional (Carmona & Asprella Libonati, 2013). Una alteración del RVO se evidencia a través del nistagmo espontáneo relacionándolo con patología vestibular central o periférica. En el primer caso, el nistagmo no se inhibe mediante la fijación de la mirada y se acompaña de diferentes signos y síntomas que lo asocian a patología central y en el segundo caso, el nistagmo se inhibe mediante la fijación de la mirada y tiene características que se desencadenan mediante algunas maniobras diagnósticas, que dan cuenta del tiempo de inicio del nistagmo, duración y dirección del mismo, estableciendo un patrón de diagnóstico para diferentes patologías vestibulares de origen periférico.

### **3.1.2 El Reflejo Vestíbulo Espinal (RVE)**

Es la respuesta que se genera ante los movimientos de aceleración de la cabeza a nivel corporal activando miembros superiores e inferiores, teniendo como resultado que los miembros ipsilaterales a la aceleración se extienden y los contralaterales se inhiben (Pompeiano & Allum, 1988). Por lo tanto, la función del RVE es mantener la postura y el centro de masa corporal sobre una base de soporte. Este reflejo está mediado por una combinación de vías que incluyen el tracto vestíbulo espinal lateral y medial y el tracto retículo espinal. Cuando los otolitos se activan, las señales llegan hasta la parte media del

cuerno ventral y por activación de las neuronas motoras ipsilaterales inervan los músculos extensores del tronco y las extremidades manteniendo el balance y la postura vertical.

### 3.1.3 El Reflejo Vestíbulo Cervical (RVC)

Este reflejo se encarga de regular la posición de la cabeza por la actividad refleja de los músculos del cuello, como respuesta a la activación de los canales semicirculares ante los movimientos de aceleración angular. Este reflejo involucra el núcleo vestibular medial; los axones de este núcleo descienden hacia el fascículo longitudinal medial alcanzando el nivel cervical superior del cordón espinal.

Toda la información se transmite vía cortico-talámica, compuesta por la Corteza Vestibular (CV), definida como un conjunto de redes neuronales ubicadas en la corteza cerebral cuyas neuronas son activadas por algún estímulo de origen vestibular. Las redes que la componen incluyen áreas multisensoriales alrededor de la corteza somatosensorial, unión temporo-parietal, ínsula posterior, corteza parietal posterior, corteza frontal, medial e ínsula anterior (López & Blanke, 2011).

Otras regiones que también se han reportado como parte de la CV, a través de estudios con neuroimagen son: el hipocampo, el giro parahipocampal y el giro del cíngulo. Se considera que un grupo de células ubicadas en el hipocampo denominadas “place cells” están relacionadas con los inputs vestibulares (Wiener, Berthoz & Zugaro, 2002), de otro modo se cree que la descarga neuronal de otro tipo de células hipocámpales como “Head dirección cells” dependen fuertemente de la información vestibular.

Sin embargo, la interacción de estas áreas corticales con la información de la dimensión del espacio y el movimiento se relaciona con la información general de automovimiento, pero esto aún no es claro. Al comparar la funcionalidad de la CV con otras cortezas sensoriales como la visual se puede inferir que existe una región que tiene una relación con el procesamiento vestibular identificada como la fisura Silvana Mediposterior, considerada como el centro de respuestas vestibulares (Lopez, Blanke, & Mast, 2012).

Estudios que inicialmente se realizaron en modelos de animales revelan la ubicación de la Corteza Vestibular Parieto Insular (CVPI) como la responsable del procesamiento vestibular, según Brandt and Dieterich (1999) ubicada en la ínsula posterior. Sin embargo existe una ambigüedad acerca de su ubicación y extensión espacial la cual se ha ido resolviendo mediante la comparación con el funcionamiento cerebral de primates no humanos, lo que ha llevado a considerar que la CVPI está formada por dos áreas separadas anatómica y funcionalmente (Frank & Greenlee, 2018) .

Otros estudios basados en imágenes cerebrales funcionales muestran la existencia de un área visual vestibular cerca e inmediatamente posterior a CVPI denominada la Corteza Insular Posterior (CIP) con ubicación y conectividad anatómica diferente y que genera respuesta a las señales de movimiento visual (Shiller et al., 2013). Hallazgos en estudios con imágenes de alta resolución han demostrado la existencia de estas dos áreas CVPI y CIP, como responsables del procesamiento vestibular pero con funciones altamente diferentes ante la información visual donde CIP se activa y CVPI se suprime, lo que sugiere que las dos áreas son anatómicamente y funcionalmente diferentes (Smith A.T et al., 2017).

Frank and Greenlee (2018) sugieren que el procesamiento visual vestibular depende de CVPI+ (corresponde a las áreas CVPI y CIP) y que esta información es enviada a la Junción Temporal Parietal (JTP) que corresponde al área donde se integran las señales visuales vestibulares, donde se procesan señales de automovimiento con relación a la dirección de la cabeza, para ser integradas como una representación del Yo en el espacio. Estos autores proponen un esquema de estas conexiones e interrelaciones corticales donde sugiere la interrelación de las diferentes conexiones entre la corteza vestibular, visual y somatosensorial.

Aunque se ha avanzado en la comprensión de la corteza vestibular aún quedan muchos interrogantes relacionados en cómo es la interrelación de las áreas CIPV+ con otras regiones corticales donde se pueda definir aspectos relacionados con la influencia de la dominancia hemisférica, las implicaciones de la disminución en el funcionamiento de CIPV o CIP y como los desórdenes vestibulares centrales se relacionan con estas áreas. Por lo tanto, aún falta mucho por investigar al respecto.

De otro lado, se ha demostrado que el SV es multisensorial y por lo tanto una disfunción a este nivel trae consigo alteraciones en la memoria visoespacial, la atención y las funciones ejecutivas. Desde los 90 hasta las últimas décadas investigaciones como las de Manzey et.,al (1993) relacionan la función vestibular con funciones cognitivas, luego Barin et.,al (1997) determinan la relación de la atención visoespacial con las interacciones vestibulares y Cohen (2000) concluye que la información de entrada vestibular es empleada para la integración mental de la información visoespacial.

Más adelante con un enfoque neurocognitivo, otros estudios comparan las variaciones anatómicas con relación a funciones cognitivas. Schautzer, Hamilton, Kalla, Strupp y Brandt (2003) evidencian en pacientes con Vestibulopatía Bilateral (VB), una disminución en el volumen del hipocampo en comparación con un grupo control. Así mismo, Hübner et al. (2011) observó el volumen del hipocampo en profesionales bailarines, determinando que el entrenamiento del equilibrio con estimulación vestibulo-visual se asocia con volúmenes alterados del hipocampo; los hallazgos mostraron que existe una diferenciación anatomofisiológica en el hipocampo humano si el análisis de la información espacial se genera desde la entrada vestibular o visual.

Las funciones vestibulares se relacionan con tareas cognitivas en pacientes con VPPB (Roberts, Cohen, & Sangi-Haghpeykar, 2011), estudios reportan que pacientes con VPPB requieren más recursos atencionales, particularmente si las señales visuales estaban ausentes. Posteriormente, en la búsqueda de la relación entre las funciones vestibulares y cognitivas, otros autores basados en la importancia de las señales vestibulares, la percepción e imagen mental del propio cuerpo y la autoconciencia, evidenciaron que la estimulación vestibular modula y facilita la perspectiva mental en la relación cuerpo y espacio, resaltando la importancia de integrar la información corporal de forma multisensorial para tener una perspectiva espacial adecuada (Van Elk & Blanke, 2014).

Asimismo, se encuentran las investigaciones que estudian el procesamiento de la información visoespacial y la representación de esta. Pecher & Zwaan (2005) consideraron

que los sistemas perceptivos y motores son centrales para la cognición superior, es decir, representan la información a través de la información visual y motora disponible durante el aprendizaje, donde la comprensión del lenguaje es una simulación perceptual de una situación. Más adelante en un estudio realizado por Weiskopf (2010) afirmó que los defensores de la cognición corporeizada establecen que la representación conceptual y lingüística no es única, sino que también implica reutilizar las capacidades de representación sensoriomotora. Mas adelante, las postulaciones de los estudios de Weiskopf (2010) relacionaron el procesamiento del lenguaje con enfermedades neurodegenerativas que implican alteraciones del movimiento, como es el caso de la Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA) y la Enfermedad de Parkinson (EP). Luego, en investigaciones realizadas Cardona y cols (2013) e Ibañez y cols (2013) evidenciaron la relación de la funcionalidad de los Ganglios Basales en el procesamiento de verbos de acción, como soporte de los enfoques del Modelo de Cognición Corporeizada. Así mismo, estos últimos evidenciaron que personas con EP presentaban déficit en la ejecución de tareas que implican acciones semánticas y en la integración de los verbos de acción con información motora, pero no fueron asociados con daños en las funciones ejecutivas y a nivel cognitivo.

Ahora bien, estos estudios se relacionan con un modelo de organización del conocimiento conceptual en el cerebro que incluye la teoría de la zona de convergencia (ZC) y el principio de Similitud Topográfica (ST). ZC implica la conexión de diferentes mapas sensoriales que van de acuerdo a la representación de imágenes de información que varían de acuerdo a la entrada interna o externa, compartiendo categorías neuronales que se manifiestan como patrones similares de activación de diferentes mapas corticales que definitivamente se relacionan con áreas de asociación de nivel superior (Damasio, 1989), permitiendo tanto el reconocimiento como la recuperación de la información.

Las ZC están distribuidas en diferentes zonas del cerebro situadas estratégicamente para el procesamiento de la información; es así como la ZC para la acción se implementa en la región premotora/prefrontal izquierda, la región parietal izquierda y la región temporal media posterior izquierda las cuales participan en el sistema de las neuronas espejo (Adolphs, Tranel, & Damasio, 2003). Este sistema juega un papel importante en el principio ST que hace referencia a la proximidad espacial de dos neuronas en una ZC que se activa a medida que se comparte información con características similares, acercando las neuronas a ZC en la topografía espacial (Simmons & Barsalou, 2003). Por lo tanto, desde



la teoría se afirma que el sistema de neuronas espejo no solo interviene en el procesamiento de conceptos de acción no lingüística sino también en el significado de los verbos de acción.

El sistema de neuronas espejo (NE) se descarga durante la ejecución y observación de acciones y su nombre surge del hecho a que la acción observada parece reflejarse en la representación motora de la misma acción (Gallese, Fadiga, Fogassi, & Rizzolatti, 1996) las NE tienen componentes motores para conceptos de acción que hacen parte del repertorio de cada persona (Saygin, et al. 2004). Por lo tanto, los verbos de acción no forman parte de una representación simbólica abstracta en el cerebro, están vinculados a estructuras corticales que dirigen la ejecución y la acción (Kemmerer, 2006), que se encuentran representadas en las regiones frontales. Ahora bien, se ha evidenciado mediante estudios con imágenes que el componente semántico de los verbos transitivos se encuentra representado en la corteza parietal inferior izquierda y los patrones de movimiento visual relacionados con el procesamiento semántico de verbos de acción se procesa en la corteza temporal media posterior izquierda (Wu & Chatterjee, 2004)

Los estudios descritos anteriormente, evidencian cómo interactúan el sistema sensoriomotor con las funciones cognitiva y lingüística; evidenciando la relación neurobiológica, neurocognitiva y neurolingüística referida al procesamiento del movimiento y la acción, por lo tanto, de acuerdo a lo propuesto por Kelly & Reitter (2018) se debe continuar con investigaciones que contribuyan con un modelo cognitivo, computacional y unificado que permita dilucidar cómo la mente interactúa en la producción del lenguaje humano, comprendiendo la naturaleza del procesamiento del lenguaje.

### **3.2 Funciones cognitivas y lingüísticas**

Purves et al. (2012) definen las funciones cognitivas como las habilidades orientadas a atender, identificar y actuar de manera significativa ante estímulos complejos internos y externos, que tienen lugar en las áreas de asociación del cerebro. La corteza de asociación parietal está involucrada en la atención y la memoria del cuerpo y de los estímulos; la corteza de asociación temporal se relaciona con el reconocimiento y la identificación de información sensorial altamente procesada y la corteza de asociación frontal procesa información importante para guiar el comportamiento complejo mediante la planificación

de una respuesta ante una estimulación dada. Este complejo de áreas de asociación es lo que permite soportar los procesos cognitivos que definen la cultura humana (Purves et al., 2012).

Dichos procesos considerados de dominio general implican dominios específicos de orden superior que dentro de la investigación cognitiva incluyen la cognición visoespacial, la cual a pesar de ser concebida como de dominio general, implica unos dominios específicos como son: la atención, la memoria y la representación, pero que a su vez son funciones cognitivas de orden superior (Taylor & Brunyé, 2013).

### **3.2.1 Cognición visoespacial**

En el procesamiento visoespacial intervienen dominios específicos como son la atención, la memoria y la representación, los cuales son definidos a continuación:

La Atención Visoespacial (AV), directamente relacionada con la percepción y memoria, mantiene una interrelación permanente con el entorno. Es la encargada de seleccionar la información relevante e ignorar aquella que no lo es, para lograr almacenarla inicialmente en la memoria a corto plazo dependiendo de la tarea ejecutada, por lo tanto, se puede decir que la esencia de la atención es la focalización, la concentración y la conciencia (James, 1890).

La atención visoespacial se refiere al “qué” y al “dónde”, explicando la interrelación permanente con la memoria de trabajo a través de la cual es posible almacenar detalles de la ubicación y su identificación o significado. Awh & Jonides(2001) argumentaron que dirigir o sesgar el procesamiento a ubicaciones específicas sirve directamente a la memoria de trabajo. Ahora bien, la atención visoespacial es procesada en diferentes vías neuroanatómicas, es decir, se procesan en lugares diferentes. Postma, Kessels, & Van Asselen (2008) determinaron que la atención visoespacial implica la vinculación permanente de la identidad y la ubicación de esta, por lo que, si se afecta esta relación, trascendería hasta una alteración de la memoria.

La *memoria visoespacial (MeV)* se refiere al almacenamiento de información. Para su estudio se ha partido de los hallazgos relacionados con los procesos de atención, con modelos que describen el desarrollo y funcionamiento de la memoria, especialmente con relación al aprendizaje visoespacial y la memoria de trabajo. Es así como a partir del modelo de (Baddeley, 2002) se determinan cuatro subcomponentes relacionados con la memoria como son: el bucle articulatorio, la agenda visoespacial, el bucle ejecutivo y el búfer episódico (Baddeley, 2002) . La función de estos se ha estudiado mediante la exploración de actividades cognitivas de orden superior de doble tarea que incluyen la comprensión lectora (Kintsch, 1994); (Seigneuric, Ehrlich, Oakhill, & Yuill, 2000), resolución de problemas (Pretz, Naples, & Sternberg, 2003), razonamiento (Lohman & Lakin, 2011) y aprendizaje procedimental (Taylor & Brunyé, 2013), demostrando la interacción compleja de estos. Así mismo, es posible afirmar que los procesos de memoria visoespacial juegan un papel importante en el aprendizaje de rutas, considerados aprendizajes en serie, donde el ejecutivo central está directamente relacionado con la actualización e integración de la información y son la base para la creación de modelos mentales visoespaciales (Taylor & Brunyé, 2013). Es así como la memoria visoespacial procesa y materializa información a partir de experiencias verbales y no verbales, que van siendo organizadas con base en categorizaciones y asociaciones, que pueden ser semánticas o de eventos y más adelante van a jugar un papel esencial en los procesos de recuperación de la información, para ser usada en un momento determinado.

La *representación visoespacial (RV)* hace referencia a las experiencias perceptivo-motoras que tiene un individuo como recurso en tareas visoespaciales. La RV cuenta con una base de información lingüística. Levinson (1996) describe tres marcos de referencia visoespaciales utilizados en el lenguaje: el marco intrínseco, relativo y absoluto, donde el intrínseco utiliza un sistema de coordenadas centrado en el objeto (u otro centrado en la persona), un marco relativo que utiliza el sistema de coordenadas del hablante y un marco absoluto que evoca un sistema de coordenadas centrado en el entorno.

La representación, en este caso la RV, se estructura con base en la ejecución de eventos tanto verbales como no verbales. Estos son la base de la experiencia humana, es decir, la

forma como se percibe, concibe, habla y recuerda alguna información (Radvansky & Zacks, 2014). Existen modelos que describen estos procesos cognitivos, uno de ellos es el Modelo de Procesamiento de Eventos "The Event Horizon Model" (Radvansky, 2012) que permite determinar cómo se crean, estructuran y recuerdan las representaciones en el cerebro. El modelo propone que cada persona experimenta una actividad y luego la segmenta en eventos más pequeños o grandes, pero el evento principal se mantiene como representación de la memoria a corto plazo para construir al mismo tiempo una representación de la memoria a largo plazo que se va a constituir en un recurso importante en la recuperación de información relacionada con eventos ya finalizados.

El modelo consta de cinco principios dentro de los cuales incluye segmentación de eventos, permitiendo la formación de predicciones, la memoria de trabajo, como la posibilidad de responder con la recuperación mediática de la información, memoria a largo plazo como un recurso en la velocidad de procesamiento de la información, la recuperación de información con atributos no competitivos convirtiendo la memoria a largo plazo como un recurso importante para la segmentación de la información y la recuperación de información ante múltiples eventos basado en las asociaciones de representación interna que dependen de un evento común. Alguna interferencia de estos principios puede afectar la velocidad de procesamiento (Radvansky & Zacks, 2014).

La RV, depende de procesos de atención y memoria que se estructuran mediante aprendizajes denominados Activos y Pasivos. En el caso del aprendizaje Activo, no se puede limitar al movimiento físico, en este, intervienen otros componentes que dependen de diferentes estructuras y redes neuronales que van a contribuir en el aprendizaje de entornos, rutas y el uso de estas. La exploración activa contribuye al conocimiento visoespacial, mediante comandos motores que determinan el camino a seguir, incluyendo la información receptiva y vestibular con respecto al movimiento del propio cuerpo, la atención al entorno especialmente durante la navegación, las decisiones cognitivas sobre la ruta a seguir y la manipulación mental de la información visoespacial (Taylor & Brunyé, 2013), estos componentes pueden estar agrupados tanto en los que involucran actividad física como en los que involucran actividad cognitiva. Esto evidencia que el término Activo no solo hace relación al movimiento físico, sino que involucra la actividad cognitiva. Sin

embargo, es difícil hablar de una exploración totalmente pasiva, puesto que la ejecución de una respuesta seguramente siempre implica una respuesta motora (Seemungal, 2015).

### **3.2.2 Cognición visoespacial y lenguaje**

De otro modo, es importante resaltar la relación entre la cognición visoespacial y las habilidades del lenguaje, y cómo a través de la RV se genera el conocimiento del espacio tridimensional con relación a su propio cuerpo, el cual se desarrolla por medio de la información recibida del sistema vestibular, somatosensorial y visual. Esto es lo que se denominaría cognición corporeizada, donde los modelos psicolingüísticos proponen que el significado de las palabras se adquiere a partir de las representaciones somatosensoriales en el cerebro (Glenberg & Gallese, 2012). Esto se relaciona con los reportes de investigaciones de Shiller et al.(2013) donde se evidencia la incapacidad de ejecutar acciones relacionadas con órdenes verbales a pesar de tener preservado el discurso receptivo.

Basados en la teoría del síndrome de desconexión propuesta por Geschwind (1974), se puede afirmar que el lenguaje media el control motor. Lo anterior evidencia el vínculo existente entre las representaciones léxicas y corporales que involucran la experiencia de todo el cuerpo con relación al espacio. Estudios de neuroimagen, muestran que los cambios funcionales en las áreas motoras corticales, luego de la presentación de información verbal pasiva, se relacionan con la activación motora al momento del procesamiento léxico y no en los procesos posléxicos en situaciones con imagen en movimiento (Pulvermüller, 2005). Estos procesos se evidencian desde la evolución del lenguaje donde a través de procesos cognitivos los niños desarrollan gradualmente construcciones lingüísticas que van siendo cada vez más abstractas y similares a las de un adulto (Tomasello, 2011).

Los hallazgos que establecen la relación entre la recuperación léxica y la representación cognitiva generan algunos interrogantes donde es claro cómo la función vestibular es una relación bottom-up que influye en procesos cognitivos visoespaciales y lingüísticos. De acuerdo con lo expuesto, es posible afirmar que un individuo con disfunción vestibular tiene dificultades en su representación visoespacial y esta interfiere en el procesamiento léxico semántico, compuesto por sintagmas que incluyen verbos de acción y complementos de

lugar. Glenberg & Gallese (2012) han discutido sobre cómo la información motora es la responsable de procesos de adquisición del lenguaje relacionados con la acción, sin embargo, consideran que dicha función depende de construcciones abstractas que incluyen las habilidades sociocognitivas. Efectivamente, la información sensoriomotora se relaciona con la formación de representaciones léxicas que se van agrupando como parte de un proceso activo en la formación del significado, dando lugar a los conceptos, cuya función es servir de rutas para la construcción de modelos cognitivos. La investigación centrada en el procesamiento léxico debe permitir aclarar o aportar evidencia que establezca esta relación.

### **3.3 Eye tracking como instrumento de observación objetiva de la función cognitiva y lingüística**

La tecnología de *Eye Tracking* o seguimiento ocular se basa en el rastreo y registro de los movimientos oculares y del supuesto que la habilidad de atención y las fijaciones visuales están íntimamente relacionadas con el desempeño cognitivo superior (Popa et al., 2015). Su origen data de los estudios realizados por Bell (1823) quien le atribuyó al cerebro el control de los movimientos oculares, además de clasificarlos y describir el efecto del movimiento ocular en la orientación visual. Esta conexión fisiológica permite establecer la relación entre los procesos neurológicos y cognitivos dando lugar al estudio del funcionamiento interno de la mente. Así, el avance tecnológico ha contribuido sustancialmente en el desarrollo de un método que permite medir el seguimiento ocular de una forma muy precisa y en tiempo real (Carter & Luke, 2020).

Definir dónde, cómo y en qué orden se mueven los ojos ante situaciones determinadas es la función del equipo de eye tracking. El ojo limita la visión de alta agudeza a un campo visual; cuando se explora visualmente una escena, los ojos no se mueven suavemente, sino realizan saltos o movimientos rápidos (30-120ms) llamados 'sacadas'. Entre una sacada y la siguiente, se produce una fijación (200-600ms), periodo de relativa quietud del ojo que posibilita ver nítidamente la zona enfocada. A través de este equipo se visualizan y registran movimientos sacádicos y anti sacádicos del ojo, fijaciones cortas, cambios en el tamaño de la pupila y parpadeos. Sin embargo, a pesar de que una persona puede elegir

donde y cuando mirar un objeto, los detalles más finos de un movimiento ocular son en su mayoría reflejos y las personas no recuerdan fácilmente el orden de cómo miraron algo, por lo tanto la tecnología eye tracking aprovecha el procesamiento no consciente a partir del cual se estudian procesos cognitivos, lingüísticos e incluso tendencias o preferencias de las personas como es el caso de neuromarketing (Clarke, Mahon, Irvine, & Hunt, 2017).

El seguimiento ocular se ha empleado en el abordaje de los comportamientos visuales en tareas cognitivas (Schall & Bergstrom, 2014). Los patrones de movimiento ocular pueden ayudar a esclarecer incógnitas relacionadas con los procesos visuales que participan en la atención, la evolución en el tiempo de procesamiento de la información visual y cómo el cerebro controla los ojos para seleccionar, extraer y utilizar la información visual en la comunicación (Swanson & Siller, 2013).

Al respecto de la relación del seguimiento ocular en relación con el lenguaje en el envejecimiento, se han realizado diferentes investigaciones que lo posiciona como una metodología de gran relevancia y auge (Carter & Luke, 2020). Por ejemplo, recientemente se han publicado estudios en adquisición del lenguaje (Christou et al., 2020), y otros referentes al envejecimiento (Ferreira & Rehrig, 2019; Lenoble, Corveleyn, Szaffarczyk, Pasquier, & Boucart, 2018). Otros estudios analizaron el procesamiento de verbos mediante los movimientos oculares evidenciando que el contexto con base en los verbos y la acción representada es el medio para la comprensión (Knoeferle & Crocker, 2006). Así mismo en estudios más recientes hablan del enfoque pluralista del procesamiento predictivo del lenguaje a través del verbo en el que intervienen múltiples mecanismos, factores mediadores y el contexto de la situación los cuales interactúan de forma dinámica (Hintz, Meyer, & Huettig, 2017).





## 4. Metodología

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal.

### 4.1 Participantes

La muestra estuvo conformada por 12 personas entre 50 y 80 años residentes en la ciudad de Bogotá y estaban divididos en 2 grupos: El grupo estudio con diagnóstico de vértigo y el grupo control. Todos participaron de forma voluntaria y fueron convocados a través del Servicio de Audiología del Hospital Universitario Nacional (HUN) y del Programa Docente Asistencial Centro de la Comunicación Humana (CCH) de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional. Los controles fueron convocados por las redes sociales y directamente a través del grupo Mentes en Acción del CCH. Inicialmente se contó con 13 personas con vértigo, pero uno fue excluido por presentar un antecedente de trauma craneoencefálico y otro por no pasar la prueba cognitiva tamiz MOCA y dos no lograron finalizar el estudio.

Del grupo control solo se logró evaluar 3 personas teniendo en cuenta que, por la situación de pandemia mundial, la universidad se vio obligada a restringir el acceso total a los laboratorios; se inició un periodo de cuarentena el cual tuvo una duración de seis meses continuando con restricción hacia las personas mayores de 60 años hasta la fecha, lo cual imposibilitó continuar con la evaluación de la muestra.

### 4.1.1 Criterios de inclusión

#### *Grupo Estudio (vértigo)*

Los participantes de este grupo cumplieron los siguientes criterios: a) Estar en un rango de edad entre 50 y 80 años b) ser remitidos de la consulta de audiología y otorrinolaringología del Programa Docente Asistencial Centro de la Comunicación Humana de la Facultad de Medicina o del Hospital Universitario Nacional o de algún servicio de otorrinolaringología o audiología de la ciudad de Bogotá c) Contar con diagnóstico audiológico cuyo reporte sería audición dentro de parámetros normales o hipoacusia hasta con un descenso auditivo de 40 dB en las frecuencias agudas a partir de 4000Hz y función de oído medio normal d) realizar el cuestionario del *Dizziness Handicap Inventory (DHI)* y calificar con discapacidad de moderada a severa en por lo menos uno de los tres aspectos relacionados con criterios emocional, funcional o físico e) los hallazgos de las pruebas vestibulares estaban relacionados con componentes periféricos o en su defecto deben estar normales f) No tener antecedente neurológico g) en caso de presentar alguna enfermedad crónica no transmisible como hipertensión, hipotensión, diabetes o enfermedad metabólica, debían estar en manejo de paciente crónico con tratamiento controlado h) aceptar la participación en la investigación con firma del consentimiento informado.

#### *Grupo Control (sin vértigo)*

Los participantes de este grupo cumplieron con los siguientes criterios: a) Estar en un rango de 50 y 80 años. b) Audición dentro de parámetros normales o hipoacusia con un máximo descenso auditivo de 40 dB en las frecuencias agudas a partir de 4000Hz, con función de oído medio normal c) El cuestionario del DHI calificó sin discapacidad d) Los hallazgos de las pruebas vestibulares evidenciaron resultados dentro de los parámetros normales e) Aceptaron su participación en el estudio y firmaron el consentimiento informado.

### 4.1.2 Criterios de exclusión

Los participantes del presente estudio no debían: a) Presentar antecedentes neurológicos b) En caso de diagnóstico de hipertensión, hipotensión, diabetes o problemas metabólicos, estos debían estar controlados con tratamiento farmacológico c) No debían contar con diagnóstico de alteración neurológica

asociada a mareos o a nistagmo espontáneo que no se inhibe con la fijación de la mirada.

## 4.2 Instrumentos

A cada participante se le administró de manera individual cada uno de los instrumentos que se describen a continuación:

### 4.2.1 Evaluación vestibular

#### a. *Dizziness Handicap Inventory (DHI)*

Este cuestionario estableció el nivel de percepción de discapacidad del vértigo mediante una calificación cualitativa que corresponde a tres aspectos evaluados por la persona. La percepción desde lo emocional, funcional y físico donde cada uno es calificado por medio de una escala que los cualifica en: a) Ausencia de discapacidad b) Discapacidad moderada c) Discapacidad severa (Jacobson & Newman, 1990). Este cuestionario se puede revisar en el anexo 1.

#### b. *Videoelectronistagmografía (VNG)*

Esta prueba evaluó la integridad del sistema oculomotor y del sistema vestibular. Consta de tres pruebas:

- 1) Pruebas oculomotoras: evaluó los movimientos oculares en mirada primaria, seguimiento ocular, movimientos sacádicos y optokinéticos (Jacobson & Shephard, 2014).
- 2) Pruebas posicionales: se realizan dos pruebas posicionales mediante las técnicas Dix Hallpike y Roll Test. Con estas se estudió la funcionalidad de los canales semicirculares y se verificó el cumplimiento de las leyes mecánicas de los canales semicirculares permitiendo confirmar o descartar vértigo posicional periférico.

- 3) Pruebas calóricas: es una prueba semicuantitativa y cualitativa que evalúa la funcionalidad del canal semicircular horizontal mediante el registro del RVO, el cual se desencadena mediante la estimulación a alta y baja temperatura del canal semicircular horizontal generando la expansión o contracción de la endolinfa lo que lleva a una diferencia de densidad con el resto de la endolinfa. Esto permite determinar la actividad refleja de cada oído y su integración con el Sistema Nervioso Central (Vázquez & Gutiérrez, 2018). La forma de visualizar los resultados se evidencia en la figura 1.



Figura 1. Resultados de la prueba de estimulación calórica

### c. Video Head Impulse Test (VHIT)

A través de esta prueba se midió la funcionalidad de los canales semicirculares mediante el registro del reflejo vestibulo ocular con respecto a la aceleración o movimientos de cabeza. Se midieron los seis canales semicirculares (anterior, posterior y horizontal) (Jacobson & Shephard, 2014). En la figura 2 se muestra el resultado del VHIT del canal lateral de uno de los participantes.

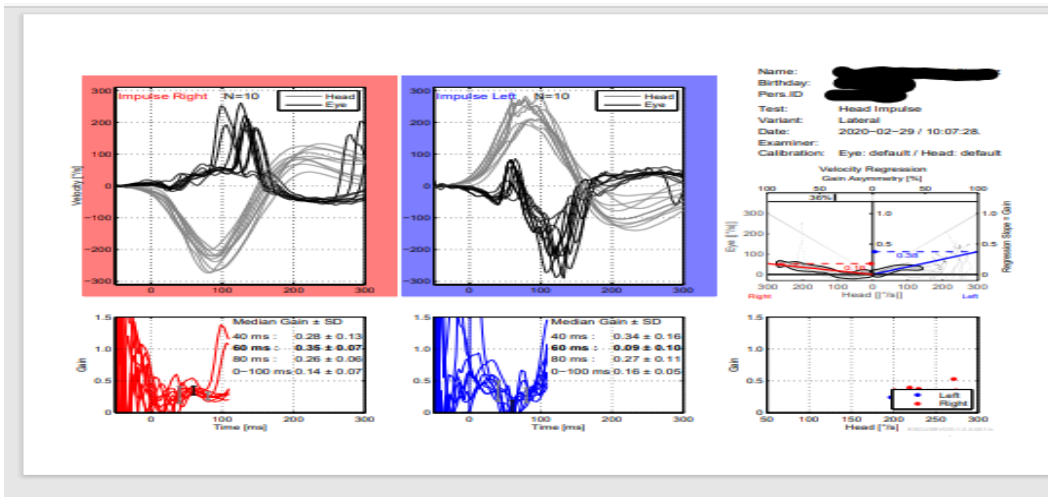


Figura 2. Resultado del VHIIT del canal lateral

#### 4.2.2 Evaluación cognitiva

Se administraron las siguientes pruebas neuropsicológicas incluidas en el proyecto Neuronorma Colombia, las cuales fueron suministradas y analizadas por un profesional en psicología. A continuación, se describen las pruebas:

##### a. Montreal Cognitive Assessment (MoCA)

Este es un instrumento de tamizaje en atención primaria, empleado para la detección del deterioro cognitivo leve y la demencia con puntos de cohorte que varían según la escolaridad de la población estudiada (Pedraza et al., 2016). Consta de 19 ítems y ocho dominios cognitivos que valoran habilidades como visoespacial/ejecutiva, denominación, memoria, atención, lenguaje, abstracción, recuerdo diferido y orientación (Nasreddine et al., 2005).

##### b. Tareas de fluidez verbal y semántica

En esta tarea se solicitó una búsqueda verbal de ítems de una categoría semántica (animales) y de una categoría fonológica (P) durante un tiempo determinado (ISAACS & Kennie, 1973).

c. *Tarea de aprendizaje y memoria con codificación controlada*

Esta prueba evaluó la especificidad de codificación, aprendizaje y recobro. Consiste en el uso de claves tanto en adquisición como en recobro (Hernández, Montañés, Gámez, Cano, & Núñez, 2007).

d. *Trail Making Test (Formas A y B)*

A través de esta prueba se evaluó la velocidad de búsqueda visomotora, atención dividida, flexibilidad mental y funcionamiento motor. Existen dos formas: Forma A, evalúa de manera específica la atención sostenida y se pide dibujar una línea conectando números en orden ascendente. En la forma B se evalúa de manera específica la atención dividida y la flexibilidad mental, solicitándole a la persona que dibuje una línea conectando de manera intercalada número en orden ascendente y letras en orden alfabético (Strauss, Sherman, & Spreen, 2006).

e. *Symbol Digital Modalities Test*

Con esta prueba evaluó la atención dividida, búsqueda visual y velocidad perceptual. Consiste en 9 diseños geométricos relacionados con dígitos, que la persona debe seguir para asociar tantos ítems como pueda con su dígito correspondiente (Smith, 1982).

f. *Figura Compleja de Rey- Osterrieth (copia y memoria)*

A través de esta prueba evaluó la percepción visual, la habilidad visuoconstruccional y la memoria visual. También evalúa planeación y estrategias de resolución de problemas. La instrucción consistió en la copia de una figura compleja de fácil realización gráfica y sin significado aparente (Rey, 1999).

g. *Tarea de Cubos de Corsi Weschler Memory Scale*

Esta tarea evaluó la memoria de trabajo visoespacial y consiste en el seguimiento y repetición en orden directo e inverso por parte del evaluado, de una serie de movimientos que el evaluador realiza a partir del señalamiento de 10 cubos ubicados en una posición determinada sobre una tabla (Tamayo et al., 2012).

*h. Torre de Londres*

Esta tarea evalúa la capacidad de resolución de problemas y la capacidad de planeación. Implica la realización u ordenamiento de una serie de esferas de diferentes colores desde una organización inicial a una final, a partir del seguimiento de reglas particulares dadas por el examinador para llevar a cabo dichos movimientos (Culbertson & Zillmer, 2001).

*i. Test de Vocabulario de Boston*

Esta prueba evaluó la capacidad para denominar a partir de estímulos presentados de manera visual; permite identificar el deterioro cognitivo en casos de demencias y posible anomia (Kaplan, Goodglass, & Weintraub, 1986).

### **4.2.3 Pruebas experimentales**

Para explorar la relación existente entre la percepción y comprensión de verbos de acción, términos visoespaciales y el vértigo moderado a severo se desarrollaron cuatro experimentos.

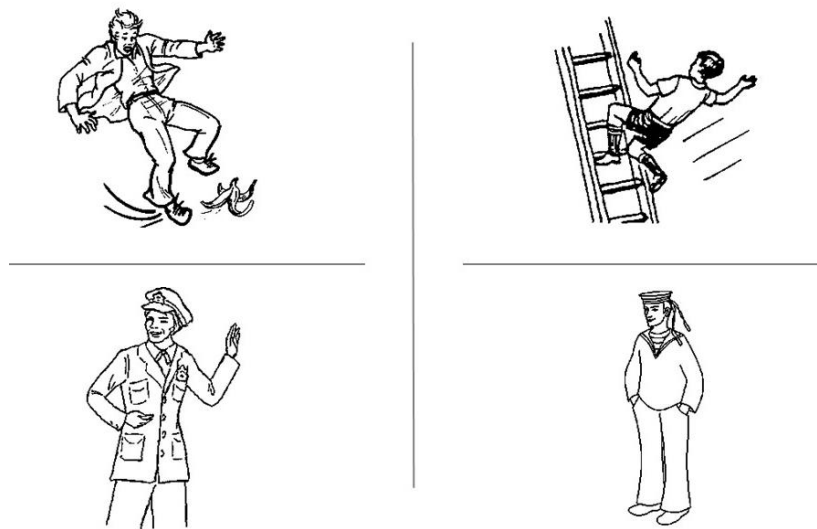
Las tareas se realizaron mediante el equipo de rastreo visual EyeTracker Tobii Tx300. Este dispositivo reconoce y almacena información sobre el comportamiento de los movimientos de los ojos con una frecuencia de 300Hz. Cuenta con una pantalla LCD de 23 pulgadas y resolución de 1920×1080, que se utiliza para la presentación de los estímulos y un dispositivo hardware ubicado debajo de la pantalla que emite luz infrarroja y posee cámaras que captan los reflejos de las emisiones de luz. Se calcularon como métricas el tiempo a la primera fijación y el tiempo de fijación en cada área de interés (Aoi). Los datos se exportaron del programa Tobii Studio a Excel para su registro posterior.

Estuvo conformado por cuatro tareas cuya duración máxima fue de 5 minutos por prueba. Previamente se verificó el tiempo de ejecución y control de riesgos de eventos adversos. Antes de cada tarea se realizaba la calibración y se le daba la instrucción a la persona. Los datos registrados fueron exportados a una base de datos en Excel y luego al Programa SPSS 21 para su análisis posterior.

### Tarea 1

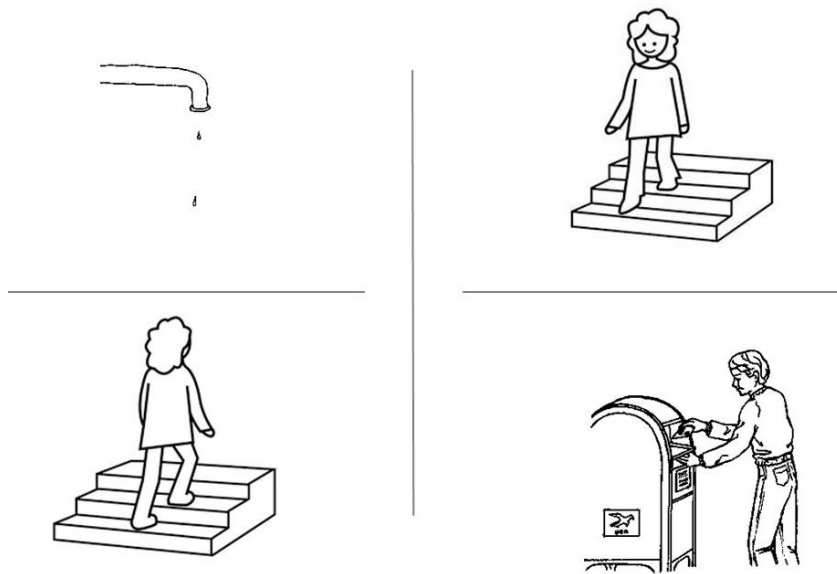
El participante estuvo sentado a 60 cm y 90 grados frente a la pantalla LCD del EyeTracking Tobii Tx300 en donde se le presentaron un grupo de 10 imágenes que contenían verbos de acción frecuentes y que a su vez implicaban la evocación de un movimiento. Estos verbos fueron seleccionados de la base de datos de frecuencias del español LEXESP (Sebastián-Gallés, 2000). Las imágenes fueron presentadas mediante fotografías en blanco y negro y con ellas se diseñó el experimento en el programa Tobii Studio 2.0. El experimento se expuso a una serie de dos repeticiones.

La tarea consistió en la exploración libre de la imagen durante un periodo de 5 segundos. Las imágenes de acciones se contrabalancearon entre aquellas que incluían verbos de desplazamiento y aquellas que no. También se presentaron imágenes con incongruencia entre lo estático y lo dinámico. Se calcularon como métricas el tiempo a la primera fijación y la duración de la fijación en cada área de interés (Aoi). Los datos fueron exportados del programa Tobii Studio a Excel y SPSS 17 para su registro posterior y análisis correspondiente. En la figura 3, 4 y 5 se visualizan algunos ejemplos de la tarea.

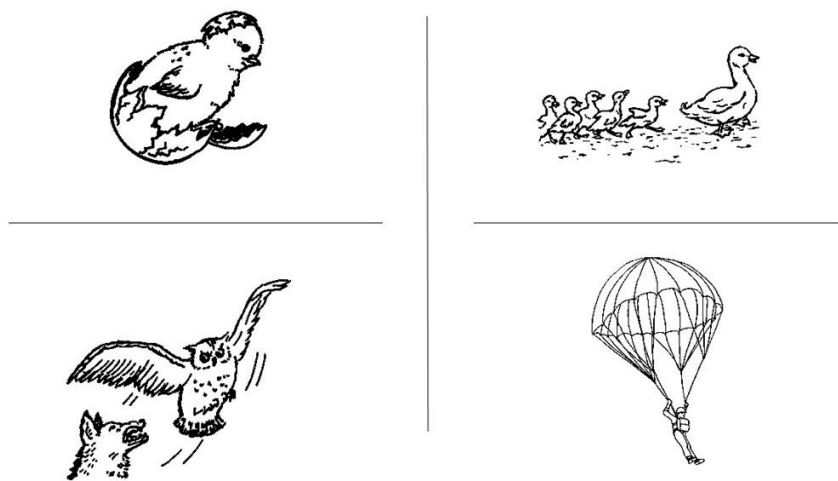


**Figura 3.** Verbo de acción sin desplazamiento: caer





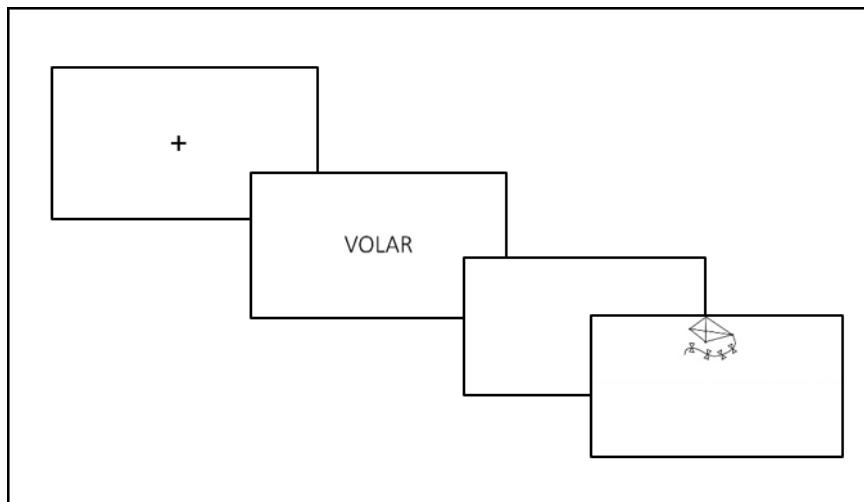
**Figura 4.** Verbo de acción con desplazamiento: bajar



**Figura 5.** Verbo dinámico con desplazamiento visualmente similares

## Tarea 2

Esta tarea se denomina paradigma arriba-abajo. En este, el participante debía asociar el concepto arriba con la palabra volar y abajo con la palabra pasear. Es una tarea implícita donde solo se debe centrar la mirada, leer el verbo y observar la ubicación correcta de la imagen presentada en la pantalla. Este experimento evalúa la condición espacial arriba – abajo desde el contenido y la asociación verbo imagen con ubicación visoespacial. Es de anotar que en la imagen apareció de forma aleatoria en el lugar correcto e incorrecto observando si la persona asociaba el verbo con la ubicación espacial. Para esto se definieron las áreas de interés (Aoi) como la respuesta correcta esperada. Se calcularon como métricas el tiempo a la primera fijación y el tiempo de fijación en cada área de interés (Aoi). En la figura 6 se visualiza la presentación de la tarea 2.

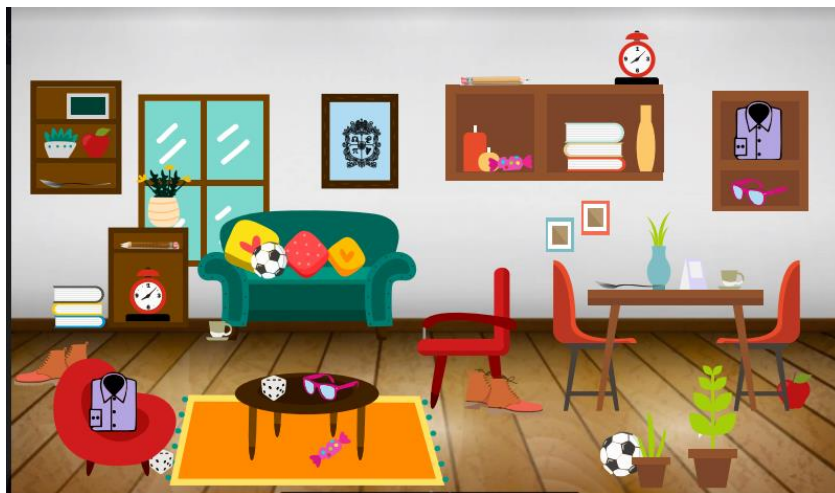


**Figura 6.** Ejemplo de la presentación de la tarea dos: Verbo Volar - arriba

## Tarea 3

En este experimento se presentó en la pantalla una imagen a color con una escena al interior de una casa. En ella hay objetos ubicados en diferentes posiciones; cada objeto estaba dos veces representando la respuesta correcta y el opuesto. Después de escuchar la instrucción, el participante debía buscar en la imagen (figura 7) el objeto correspondiente. A continuación, se describen las instrucciones presentadas durante la tarea:

- Busque el dado que está arriba
- Busque la manzana que está abajo
- Busque el dulce que está abajo
- Busque los libros que están arriba
- Busque los zapatos que están adelante
- Busque las gafas que están atrás
- Busque la camisa que está adelante
- Busque la cuchara que está atrás
- Busque el pocillo que está a la derecha
- Busque el lápiz que está a la derecha
- Busque la pelota que está a la izquierda
- Busque el reloj que está a la izquierda



**Figura 7.** Escenario utilizado para la tarea 3.

#### **Tarea 4**

Para esta tarea se empleó una imagen (figura 8) donde se combinaron dos elementos: el verbo y el complemento de ubicación (arriba, abajo) dentro de una escena, donde el participante debía encontrar las acciones en la ubicación dada, una vez el experimentador diera la instrucción. Para cada condición había un opuesto en el lado contrario de la instrucción meta. Las instrucciones dadas fueron:

- Busque lanzar arriba
- Busque bailar abajo
- Busque correr arriba
- Busque saltar abajo
- Busque colgar arriba



**Figura 8.** Escenario utilizado para la tarea 4.

### 4.3 Procedimiento

Este estudio se desarrolló en tres fases. En la tabla 1 se resumen los procedimientos realizados en cada una de las fases.

**Tabla 1.** Fases de la investigación

Fase	Procedimientos
Primera Fase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección de los participantes (pacientes y control).</li> <li>• Organización de protocolo de evaluación vestibular y cognitiva.</li> <li>• Creación de las tareas experimentales.</li> </ul>

---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realización de prueba piloto de tareas experimentales.</li> </ul>
Segunda Fase	Toma de datos <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Primera Sesión:</b> Entrevista inicial y realización de prueba auditiva y primera parte de evaluación vestibular y evaluación cognitiva.</li> <li>○ <b>Segunda sesión:</b> Finalización de evaluación vestibular y realización de tareas experimentales.</li> </ul>
Tercera Fase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extracción y análisis de datos.</li> </ul>

---

### 4.3.1 Primera fase

Durante esta fase se realizó la búsqueda y convocatoria de participantes según los criterios de inclusión y exclusión anteriormente descritos. Una vez habiendo obtenido la intención de participar se procede a la firma del consentimiento informado y la programación de la realización del procedimiento. En un primer momento de evaluación se programó en el HUN y el segundo en la facultad de Medicina de la Universidad Nacional. En este mismo momento se realizó el diseño de las tareas experimentales y luego se realizó la prueba piloto donde se ajustaron las imágenes, las instrucciones y el tiempo de presentación.

### 4.3.2 Segunda fase

Esta fase corresponde a la ejecución de las pruebas de evaluación audiológicas vestibulares, cognitivas y la realización de las tareas experimentales. Se llevó a cabo en dos sesiones de la evaluación de 90 minutos cada una. En la primera se le realizó a cada participante una audiometría tonal y timpanograma; luego se les presentó el cuestionario DHI, y se realizó la Videoelectronistagmografía. En la segunda sesión se administró la

evaluación cognitiva, la prueba de impulso cefálico asistida por video (Vhit) y se llevaron a cabo los cuatro experimentos propuestos.

Las pruebas audiológicas, cognitivas y experimentales fueron realizadas en el laboratorio de Audiología y Neurociencias del CCH y en el Servicio de Audiología del HUN. De acuerdo con esto, la primera sesión se llevó a cabo en el HUN, allí se cuenta con el Videoelectroistagmografo Interacustic en su versión 7.0.9.6 y se cuenta con el Audiómetro Interacustic A330 y el impedanciometro Interacustic AT220, los cuales tienen su certificado de calibración e historia de mantenimiento de acuerdo con los lineamientos establecidos en la norma ANSI S3.6-1989. Luego se programó la segunda sesión en la Facultad de Medicina en el CCH en los Laboratorios de Audiología y Neurociencias, en este momento se administró la prueba de Vhit con equipo Vhit Interacustic el cual fue facilitado en calidad de préstamo por un servicio de audiología de la ciudad de Bogotá. La evaluación cognitiva fue suministrada por un profesional en Psicología y luego se realizaron las cuatro tareas experimentales donde se cumplían los requisitos relacionados con instrucción y ejecución descritos anteriormente.

Debido a la situación de pandemia por el COVID19, faltando tres semanas para la finalización de esta fase se inició una cuarentena, y se ordenó cierre total de la universidad, por ende, de la facultad de medicina y se restringió la salida de las personas mayores de 60 años por ser consideradas de riesgo. Esto generó suspensión total del proceso de toma de datos, los cuales en ningún momento fue posible reanudar.

### **4.3.3 Tercera fase**

En la tercera fase de esta investigación, se realizó la recolección y análisis de datos:

#### *Recolección de datos*

Para la recolección de los datos se siguió la metodología de toma de datos tradicional. Los datos cualitativos se codificaron numéricamente asignando un valor nominal a cada variable. En la Tabla 2 se realiza una relación de los datos cualitativos que fueron tomados en el estudio a cada uno de los participantes. Los datos cuantitativos fueron extraídos de forma directa a partir de la puntuación obtenida en cada uno de los ítems de las pruebas. Toda la información fue registrada en una base de datos de Excel para luego ser tratados y analizados.

**Tabla 2.** Datos cualitativos y cuantitativos analizados

<b>Dato</b>	<b>Valor Nominal</b>
<b>Datos sociodemográficos:</b>	
Género masculino	1
Género femenino	2
Edad 50 – 60	1
Edad 61-70	2
Edad 71-80	3
Escolaridad primaria	1
Escolaridad bachillerato	2
Escolaridad universidad	3
Paciente vértigo	1
Paciente control	2
<b>Pruebas audiológicas:</b>	
Audiometría con audición normal	1
Audiometría con descenso en agudas leve a moderado	2
Audiometría con hipoacusia en todas las frecuencias	3

---

Timpanograma normal	1
---------------------	---

---

Timpanograma alterado	2
-----------------------	---

---

**VNG:**

---

VNG nistagmo espontaneo ausente	1
---------------------------------	---

---

VNG nistagmo presente	2
-----------------------	---

---

VNG nistagmo periférico: unilateral horizontal menos evidente con fijación de Alexander o cumple leyes mecánicas de los CSC	3
---	---

---

VNG nistagmo central: Multidireccional o vertical	4
---	---

---

**VNG Mirada**

---

VNG Mirada nistagmo ausente	1
-----------------------------	---

---

VNG Mirada nistagmo presente horizontal	2
---	---

---

VNG Mirada nistagmo presente vertical	3
---------------------------------------	---

---

**VNG Pruebas posicionales DixHalpike y Roll Test**

---

Nistagmo ausente	1
------------------	---

---

Nistagmo presente que cumple con las leyes mecánicas	2
--	---

---

Nistagmo presente que no cumple con las leyes mecánicas	3
---	---

---



- Tareas experimentales

Las tareas experimentales fueron realizadas mediante el equipo *Eye Tracker Tobii TX300*. Cada tarea contaba con sus imágenes que fueron visualizadas en una pantalla de acuerdo con la forma de presentación que indicaba la prueba. El área de interés fue seleccionada de acuerdo con el objetivo de cada tarea. La tarea de verbos (tarea 1) se seleccionó el verbo escuchado, en la tarea dos se seleccionó la ubicación espacial de acuerdo con el verbo escuchado, las tareas tres y cuatro constaban de una escena en imagen y allí se seleccionaron todas las áreas de interés correspondiente a la instrucción verbal.

Las métricas analizadas en el *Eye tracker* fueron:

- Tiempo de la primera fijación: esta métrica indica el tiempo transcurrido desde la instrucción escuchada hasta la ubicación visual del objetivo.
- Duración de la visita: Esta métrica indica el tiempo total que los participantes observan el área de interés.

#### *Análisis de datos*

Todas las repuestas de los participantes se registraron en hoja de cálculo en el programa Excel para luego ser exportadas al programa SPSS 21. De acuerdo con el cumplimiento de los supuestos se realizó un análisis mediante métodos no paramétricos como comparaciones de medias, correlaciones entre las diferentes variables de estudio donde se tuvo en cuenta la relación género, edad, escolaridad, como base para la realización del análisis de la información. Comparaciones de medias, desviaciones, U Mann-Whitney, prueba de rangos de Wilcoxon y regresión lineal de pasos sucesivos.

## **4.4 Consideraciones éticas**

De acuerdo con los principios establecidos en la Declaración de Helsinki (2008) en los capítulos A. Introducción y B. Principios Básicos para toda Investigación Médica y según la Resolución 8430 de Ministerio de Salud (1993) se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones éticas en la presente investigación:

Se realizó una especial atención con cada una de las personas que participaron en el estudio y por la situación presentada se les envió vía correo los resultados del estudio. Una vez recibidos los mismos se realizó una llamada telefónica para confirmar el recibido del mismo y despejar dudas. Así mismo, se orientó a algunos participantes sobre la importancia de ser valorados en su Entidad Prestadora de Salud por especialista en otorrinolaringología e iniciar tan pronto fuera posible rehabilitación vestibular.

De acuerdo con la Resolución 8430 del Ministerio de Salud por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, este proyecto fue considerado de riesgo mínimo por lo que “son estudios prospectivos que emplean el registro de datos a través de procedimientos comunes consistentes en: exámenes físicos o psicológicos de diagnóstico” (art. 11). No hubo riesgos físicos, emocionales, sociales o legales. Las pruebas hacen parte del protocolo de evaluación diagnóstica del paciente con vértigo propuesto por la Asociación Americana de Audición, Habla y Lenguaje (ASHA); las otras pruebas son comportamentales que no involucran riesgos.

Ninguna persona se retiró del proyecto y todos los participantes firmaron el consentimiento informado una vez se realizó lectura conjunta de este. Durante la ejecución de la evaluación audiológica y cognitiva no se presentaron eventos adversos y finalmente un participante que no pasó la prueba tamiz cognitiva MOCA fue orientado a recibir atención especializada por neurología y neuropsicología.

## 5. Resultados

A continuación, se presentan los resultados de la investigación por medio de los siguientes apartados de análisis: En primer lugar, se realiza una caracterización sociodemográfica de las personas que participaron en el estudio. En segundo lugar, se reportan los resultados obtenidos en cada una de las pruebas realizadas en el siguiente orden: Evaluación auditivo – vestibular, descripción del perfil cognitivo de las personas que presentan vértigo. En cuarto lugar, se reportan las métricas registradas en cada una de las tareas realizadas en *Eye Tracking*. En quinto lugar, se realiza una descripción de la relación de las variables. Por último, se realiza una correlación entre las variables y los valores normativos relacionados entre la función vestibular, desempeño neurocognitivo en funciones visoespaciales, memoria y fluidez verbal.

### 5.1 Características sociodemográficas

La presente investigación contó con la participación de 16 personas en total, de las cuales nueve son mujeres y siete hombres, se excluyeron cuatro: uno no pasó la prueba tamiz de neurocognición MOCA, otro no completó el protocolo de evaluación del lenguaje y dos no lograron completar el protocolo vestibular debido a las condiciones de confinamiento y aislamiento físico impuestas por la pandemia por COVID 19. Los estadísticos descriptivos se presentan en la Tabla 3. Para efectos de este análisis se incluyeron 12 personas. Los participantes se clasificaron en dos grupos: el Grupo con vértigo y el Grupo Control.

**Tabla 3.** Características sociodemográficas de los participantes

Participante	Genero	Edad	Escolaridad	Vértigo	MOCA
1	1	65	2	2	25

7	2	80	3	2	24
8	2	67	3	2	30
2	1	62	1	1	25
3	1	72	2	1	22
4	1	60	3	1	25
5	2	73	3	1	24
6	2	79	2	1	23
9	2	64	2	1	28
10	2	60	1	1	20
11	2	56	2	1	27
12	2	57	2	1	27

Nota: género: 1= masculino, 2= Femenino, escolaridad 1= Primaria, 2= Bachillerato, 3= Universidad. Grupo vértigo =1, Grupo control =2.

La tabla 4 muestra la distribución por grupos. El grupo de estudio estuvo conformado por nueve participantes con vértigo y el grupo control tuvo tres participantes. Dentro de las variables independientes se analizaron el género, la edad, la escolaridad y el valor obtenido en la prueba cognitiva tamiz MOCA. Al ser una muestra pequeña se utiliza la prueba U de Mann Whitney determinando que no hay diferencia estadística significativa entre los grupos según las variables sociodemográficas analizadas.

**Tabla 4.** Características sociodemográficas: comparación entre grupos

<b>Variables</b>	<b>Grupo Vértigo n=9</b>	<b>Grupo Control n=3</b>	<b>Z U Mann-Whitney</b>
Género	1,67(0,50)	1,67(0,57)	0,00
Edad	1,78(0,83)	2,00(1,00)	-0,39
Escolaridad	2,00(0,70)	2,67(0,57)	-1,41
Moca	24,55(2,60)	26,33(3,21)	-7,47

*Resultados en medias. Entre paréntesis, desviación estándar. \*p. <0.05*

## 5.2 Caracterización auditivo – vestibular

### 5.2.1 Caracterización de la función auditiva

Se estableció el perfil auditivo de los participantes mediante la realización de audiometría y timpanograma. Según se observa en la Tabla 5, en el Grupo Control la audición está en límites normales en dos participantes y con descenso en agudas en uno de ellos, lo cual no lo excluye del estudio. En el Grupo de Vértigo se encuentra un participante con audición dentro de parámetros normales, seis personas con sensibilidad auditiva con descenso en frecuencias agudas y uno con descenso auditivo con configuración audiométrica plana que no supera los 40dB cumpliendo con los criterios de inclusión.

**Tabla 5.** Descripción de resultados audiológicos

Variable	Grupo Control n=3	Grupo con vértigo n=9
audición normal	1	2
descenso en agudas	2	6
descenso en todas las frecuencias		1
Timpanograma Normal	9	3

### 5.2.2 Caracterización de la función vestibular

Este procedimiento estuvo conformado por la administración de la escala *Dizziness Handicap Inventory (DHI)* (Jacobson & Newman, 1990), la Videoelectronistagmografía (VNG) con las pruebas oculomotoras, posicionales y calóricas y el *Video Head Impulse Test (VHIT)*.

Con relación al DHI se calificaron los tres aspectos: Emocional, Funcional y Físico. Se incluyeron aquellas personas que calificaron con discapacidad de moderada a severa por lo menos en uno de esos aspectos. Como se observa en la tabla 6, en el Grupo Control todos los resultados son coincidentes con ausencia de vértigo. En el Grupo Vertigo, en la

escala emocional cinco calificaron dentro del parámetro de normalidad, tres de ellos calificaron con discapacidad moderada (entre 15 -24) y uno con discapacidad severa (más de 24). En el aspecto funcional seis calificaron dentro del parámetro de normalidad y tres con discapacidad moderada (entre 15-24). En el aspecto físico uno calificó dentro de parámetros normales, cinco con discapacidad moderada (entre 10-16) y uno con discapacidad severa (17 o más).

Para la VNG se encuentra que, para las pruebas oculomotoras, once participantes presentan ausencia de *Nistagmo espontáneo* y dos participantes presentan nistagmo presente de forma unidireccional horizontal o vertical, lo cual está asociado a un componente periférico y central respectivamente.

En la prueba de *Fijación de la Mirada (Gaze)* todos los participantes tienen nistagmo ausente. En la prueba de seguimiento suave horizontal la ganancia se registró dentro de parámetros normales en ocho de los nueve evaluados dentro del grupo de estudio. En la prueba de *Rastreo Sacádico*, se midió la latencia, la velocidad y la precisión registrando parámetros normales, excepto en un participante en el que se registra precisión baja, asociado a la edad.

En la *prueba Optoquinética* todos presentan movimientos simétricos. En *pruebas posicionales* solo dos personas presentaron algún tipo de nistagmo pero que no cumple con las leyes mecánicas de los canales semicirculares por lo cual no se asocia a VPPB.

En las pruebas calóricas se observó el registro de la Velocidad de la Fase Lenta del Nistagmo (VFL total) donde todos los registros estuvieron dentro del parámetro de normalidad.

**Tabla 6.** Resultados DHI

Participante	Grupo	Emocional	Funcional	Físico
1	Control	6	4	2
2	Control	0	0	0
3	Control	0	0	0
4	Vértigo	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>24</b>
5	Vértigo	4	10	<b>10</b>

6	Vértigo	0	10	<b>16</b>
7	Vértigo	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>22</b>
8	Vértigo	2	0	<b>18</b>
9	Vértigo	0	0	0
10	Vértigo	0	0	0
11	Vértigo	2	12	<b>16</b>
12	Vértigo	<b>20</b>	22	<b>20</b>
13	Vértigo	6	12	<b>12</b>

*Nota: Los valores en el DHI en el aspecto emocional y funcional que se encuentran entre 14 - 24 expresan un compromiso moderado y mas de 25 es severo. En el aspecto físico los valores de 10 a 16 expresan compromiso moderado y 17 o más es severo*

Finalmente, en la medición del Reflejo Vestíbulo Ocular por medio de video (Vhit), se tomaron las ganancias de los tres canales de cada oído con los siguientes resultados. De acuerdo con la tabla 7, tres participantes presentan baja ganancia del canal horizontal derecho y tres del izquierdo, en el canal posterior cuatro registran baja ganancia: cinco del derecho y dos del izquierdo, en el canal anterior cuatro registran baja ganancia del lado derecho y dos del lado izquierdo.

**Tabla 7.** Resultados Vhit

Participante	Grupo n=12	D-Lat	D- Ant	D-Post	D-Lat	I-Ant	I- Post
1	Control	0,93	0,89	0,98	1,34	1,34	0,89
2	Control	<b>0,63</b>	<b>0,57</b>	<b>0,62</b>	<b>0,53</b>	<b>0,67</b>	<b>0,57</b>
3	Control	1	1	1	1	1	1
4	Vértigo	<b>0,61</b>	<b>0,58</b>	0,81	<b>0,72</b>	<b>0,78</b>	<b>0,53</b>
5	Vértigo	0,99	0,89	<b>0,68</b>	0,99	0,9	<b>0,65</b>
6	Vértigo	<b>0,73</b>	<b>0,77</b>	<b>0,75</b>	1,02	<b>0,76</b>	<b>0,74</b>

7	Vértigo	0,85	0,94	<b>0,74</b>	1	1,28	<b>0,64</b>
8	Vértigo	0,88	0,99	<b>0,78</b>	<b>0,77</b>	0,85	0,9
9	Vértigo	1,07	1,12	1,06	1,09	1,1	0,9
10	Vértigo	<b>0,18</b>	<b>0,47</b>	<b>0,22</b>	<b>0,38</b>	<b>0,73</b>	<b>0,26</b>
11	Vértigo	0,82	<b>0,72</b>	0,79	0,88	0,8	<b>0,65</b>
12	Vértigo	0,82	<b>0,63</b>	0,72	<b>0,45</b>	<b>0,68</b>	<b>0,7</b>

*Nota:* Se registran valores de la ganancia en la prueba de impulso cefálico asistida por video (Vhit) para oído derecho (D) y para oído izquierdo (I) en el canal Lateral (Lat) Anterior (Ant) y Posterior (Post) . Los valores normales para el canal Lateral corresponden a 0.8 – 1.06 de ganancia. En el canal Anterior (Ant) y Posterior (Post) los valores normales oscilan entre 0.8 y 1.03 de ganancia (Oyarzún Díaz, Rivera Retamal, Jiménez Cofré, & Segura Pujol, 2020).

Se realiza caracterización y correlación entre las variables correspondiente a las pruebas auditivo-vestibulares encontrándose de acuerdo con la prueba de Mann Whitney una diferencia estadísticamente significativa en el DHI Funcional y Físico como se describe en la tabla 8.

**Tabla 8.** Hallazgos estadísticos de variables estudiadas

Variable dependiente	Grupo con Vértigo	Grupo control	Z U Mann-Whitney
Audiometría	1,89 (0,60)	1,33 (0,57)	-1,370
Timpanograma	1 (0)	1 (0)	0
DHI emocional	8,66 (8,2)	2 (3,46)	-1,41
<b>DHI funcional</b>	<b>14,44 (7,9)*</b>	<b>1,3 (2,30)</b>	<b>-2,15</b>
<b>DHI físico</b>	<b>16,88 (4,59)*</b>	<b>0,66 (1,15)</b>	<b>-2,50</b>
VNG nistagmo espontaneo	1,33(0,70)	1,00(0,00)	-0,85
VNG gaze Mirada	1,33(0,70)	1,00(0,00)	-0,85
VNG rastreo pendular	1,22(0,44)	1,00(0,00)	-0,85
VNG rastreo sacádico Latencia OII	200,88(28,77)	194,33(10,50)	-0,46
VNG rastreo sacádico Latencia OID	185,00(15,28)	171,00(15,71)	-1,29



---

VNG rastreo sacádico Latencia OI abajo	237,66(44,52)	217,66(44,09)	-1,11
VNG rastreo sacádico Latencia OI arriba	193,22(21,83)	183,33(21,83)	-0,92
VNG rastreo sacádico Latencia ODI	201,88(26,84)	189,33(5,03)	-1,01
VNG rastreo sacádico Latencia ODD	184,88(14,55)	173,66(18,33)	-0,64
VNG rastreo sacádico Latencia OD abajo	237,22(44,89)	214,66(38,88)	-0,83
VNG rastreo sacádico Latencia OD arriba	197,00(24,75)	184,33(10,21)	-1,01
VNG rastreo sacádico Velocidad OII	533,44(68,41)	562,33(101,49)	-0,55
VNG rastreo sacádico Velocidad OID	548,55(120,42)	585,00(89,77)	-0,09
VNG rastreo sacádico Velocidad OI abajo	539,44(85,26)	526,00(108,22)	-0,09
VNG rastreo sacádico Velocidad OI arriba	543,88(100,24)	506,33(101,52)	-0,37
VNG rastreo sacádico Velocidad ODI	564,33(102,34)	582,67(85,11)	-0,18
VNG rastreo sacádico Velocidad ODD	519,33(105,23)	578,66(129,87)	-0,92
VNG rastreo sacádico Velocidad OD abajo	543,22(76,16)	523,00(121,74)	-0,27
VNG rastreo sacádico Velocidad OD arriba	544,66(119,78)	495,00(125,69)	-0,92
VNG calórica VFL	66,47(56,59)	86,56(16,54)	-1,57
VNG calórica preponderancia	9,22(8,95)	6,99(6,01)	-0,46
VHITD Lateral	0,77(0,25)	0,85(019)	-0,64
VHIT D- Posterior	0,71(0,22)	0,86(0,21)	-0,64
VHITD- Anterior	0,80(0,20)	0,82(0,22)	-0,18
VHIT I-Lateral	081(0,25)	0,95(040)	-0,74
VHITI Posterior	0,66(019)	0,82(0,22)	-0,83

---

VHIT I Anterior	0,87(019)	1,00(033)	-0,46
-----------------	-----------	-----------	-------

---

*Resultados en medias. Entre paréntesis, desviación estándar. \*p.0.05*

### 5.3 Perfil neuropsicológico de los participantes

Se realizó la Prueba de tamizaje *Montreal Cognitive Assessment MOCA* cuyo puntaje esperado para esta población es de 26, donde todos los participantes excepto uno no logra el puntaje mínimo y se excluye del estudio.

Con la *Batería de evaluación neuropsicológica Neuronorma Colombia* (Duarte, 2017; Espitia, 2017) se evaluaron aspectos del lenguaje con el test de fluidez verbal y de denominación de Boston. En atención, se evaluó la focalización y alternancia con el *Trial Making test TMT* en su versión A y B y la velocidad de procesamiento con la prueba de dígito símbolo. En memoria se evaluó la memoria de trabajo con una prueba de retención de dígitos, la memoria visoespacial con la prueba de los cubos de Corsi y memoria verbal. Se evaluaron las habilidades visuoespaciales con la *figura compleja de REY* y funciones ejecutivas con la prueba de la Torre de Londres. En todas las pruebas se tuvo en cuenta el puntaje escalar, de la normalización colombiana donde el parámetro de normalidad establece un puntaje mayor a siete.

Se obtienen los siguientes resultados: en lenguaje en la fluidez verbal semántica y fonológica todos los participantes registraron un puntaje escalar mayor a siete ( $> 7$ ), en la prueba de denominación de Boston un paciente registro puntaje menor a siete ( $< 7$ ). En las pruebas de memoria solo un paciente registró un puntaje menor a siete ( $< 7$ ). En la memoria de trabajo retención de dígitos cuatro participantes puntuaron por debajo de siete y en orden inverso solo uno. En memoria visoespacial, con los cubos de Corsi solo un participante registró puntaje por debajo de siete en orden directo, y en memoria verbal con evocación libre, uno obtiene un puntaje de cuatro; en diferido libre dos tienen puntaje por debajo de siete y diferido total uno tiene un puntaje de seis. En memoria, cabe destacar que en el puntaje diferido total todos registran valores mayores a siete. Con relación a las habilidades visuoespaciales en la figura compleja de Rey solo un participante registró

puntaje menor a siete. En funciones ejecutivas ningún participante registró dificultades pues no hubo puntajes menores a siete.

En la tabla 9 se describen la media obtenida por cada ítem evaluado y se observa que no hay diferencias significativas en la ejecución de las pruebas neuropsicológicas entre el grupo de personas con vértigo y sin vértigo, lo que evidencia que las funciones cognitivas en todo el grupo evaluado presentan un perfil de funcionamiento con características similares.

**Tabla 9.** Resultados de pruebas neuropsicológicas

<b>Pruebas aplicadas</b>	<b>Grupo con Vértigo</b>	<b>Grupo control</b>	<b>Z U Mann-Whitney</b>
MOCA	24,55 (2,60)	26,33 (2,60)	-0,74
Retención dígitos orden directo PE	7,77(2,94)	11,00(2,00)	-1,60
Retención dígitos orden inverso PE	10,66(1,73)	10,66(1,52)	-0,19
Cubos de Corsi orden directo PE	10,22(3,76)	11,66(1,15)	-1,02
Atención focalización TMTA PE	11,33(2,29)	11,33(1,52)	0,00
Atención focalización TMTB PE	9,33 (1,80)	9,66(2,08)	-0,09
Velocidad de procesamiento dígitos SDMT PE	9,55(1,74)	9,00 (2,64)	-0,47
Test de BOSTON PE	9,77(2,63)	9,33(2,30)	-0,27
Fig. Completa de REY corrección PE	10,44(2,96)	11;00(3,00)	-0,28
Fig. Completa de REY tiempo PE	9,80(1,30)	9,50(3,53)	0,00
TAMCC ensayo PE	12,22(3,41)	10,66(2,08)	-0,89
TAMCC evocación libre PE	8,11(2,57)	9,33(2,08)	-0,66
TAMCC evocación con clave PE	12,00(2,64)	11,33(3,51)	-037
TAMCC diferido libre PE	8,33(2,06)	8,66(2,51)	-0,18
TAMCC diferido total PE	11,77(3,63)	10,66(4,50)	-0,28

Fluidez verbal semántica animales PE	9,77(1,85)	10,33(4,04)	-0,28
Fluidez verbal fonológica animales PE	10,88(2,89)	11,00(4,58)	-0,28
Torre de Londres Movimientos correctos totales PE	10,22(2,53)	10,66(5,13)	-0,56
Torre de Londres Movimientos excedentes totales PE	10,44(2,06)	10,00(2,00)	-0,37
Torre de Londres Tiempo latencia PE	11,11(2,47)	12,33(2,51)	-0,56
Torre de Londres Tiempo ejecución PE	10,33(2,91)	8,66(2,08)	-0,93
Torre de Londres Tiempo resolución PE	10,44(2,96)	9,00(1,73)	-0,84

Resultados en medias. Entre paréntesis, desviación estándar. \**p.0.05*

### 5.3.1 Relación entre el vértigo y las funciones cognitivas

Para establecer esta relación se realizó un modelo de regresión lineal donde, para el grupo de personas con vértigo, al calcular la regresión lineal de pasos sucesivos introduciendo como variable dependiente la puntuación en el MOCA y como variables independientes las medidas de vértigo en la prueba VHIT, se observa que el VHIT canal posterior derecho predice el 49% de la varianza en la prueba cognitiva como se describe en la tabla 10.

**Tabla 10.** Modelo de regresión lineal: MOCA - Vértigo

Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	Error típico
1	,747 <sup>a</sup>	,559	,496	1,84888

En relación con los términos espaciales, estos guardan una fuerte relación con las puntuaciones cognitivas. Donde solo tres tareas predicen el 90% de la varianza como se describe en la tabla 11.

**Tabla 11.** Modelo de regresión lineal: Pruebas Eye tracking

Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	Error típico
--------	---	----------------	-------------------------	--------------

1	,768 <sup>a</sup>	,589	,538	1,88127
2	,903 <sup>b</sup>	,816	,764	1,34499
3	,967 <sup>c</sup>	,935	,902	,86520

Predictores 1. Tiempo de la primera fijación: libros arriba

Predictores 2. Tiempo de la primera fijación: libros arriba, Duración de la visita: zapatos atrás

Predictores 3. Tiempo de la primera fijación: libros arriba, Duración de la visita: zapatos atrás, Duración de la visita: Dado arriba

## 5.4 Resultados de las tareas experimentales

### 5.4.1 Tarea 1

En este experimento el participante tenía la instrucción de buscar con la mirada el verbo escuchado previamente. Por tratarse de una tarea de búsqueda se calcularon sobre las respectivas áreas de interés (Aoi), las métricas tiempo a la primera fijación y duración de la visita. Se calcularon las respuestas correctas y los errores, con especial atención a los distractores por similitud visual o auditiva. En la tabla 12 se describen los principales hallazgos.

**Tabla 12.** Resultados tarea experimental 1

Verbo	Grupo con Vértigo	Grupo Control
Caer	<b>0,22 (0,44)</b>	<b>1 (0)*</b>
Saltar	0,33 (0,5)	0,33 (0,57)
Bajar	0,55 (0,52)	1 (0)
Cortar	0,11 (0,33)	0 (0)
Patear	0,55 (0,52)	0,57 (0,58)
Bailar	0,33 (0,5)	0 (0,25)
Volar	0 (0)	0 (0)
Subir	0 (0)	0 (0)
Lanzar	0,77 (0,44)	0,57 (0,75)

Nadar	0,11 (0,44)	0,57 (0,25)
-------	-------------	-------------

Resultados en medias. Entre paréntesis, desviación estándar. \**p*.0.0

En la tabla 13 se evidencia que la búsqueda de la respuesta correcta entre los dos grupos no arroja diferencias significativas excepto en el verbo caer donde se podría sugerir que el distractor principal ejerce influencia en el patrón de respuesta entre el grupo con vértigo y el grupo sin vértigo.

**Tabla 13.** Resultados Eye Tracking: Tarea experimental 1

Áreas de interés: verbos	Grupo con vértigo	Grupo Control
Tiempo a la primera fijación caer	<b>1,78 (1,8)</b>	<b>0,49 (0,43)*</b>
Tiempo a la primera fijación saltar	0,53 (0,34)	0,03 (0,06)
Tiempo a la primera fijación bajar	<b>0,34 (0,32)</b>	<b>0,03 (0,06)*</b>
Tiempo a la primera fijación colgar	<b>2,16 (1,80)</b>	<b>0,71 (0,16)*</b>
Tiempo a la primera fijación patear	<b>0,58 (0,41)</b>	<b>0,35 (0,60)*</b>
Tiempo a la primera fijación bailar	0,95 (1,5)	0,59 (0,49)
Tiempo a la primera fijación volar	<b>1,31 (1,41)</b>	<b>2,2 (2,4)*</b>
Tiempo a la primera fijación subir	1,57 (1,33)	1,48 (0,90)
Tiempo a la primera fijación lanzar	0,39 (0,42)	0,29 (0,25)
Tiempo a la primera fijación nadar	<b>0,95 (0,42)</b>	<b>0,39 (0,37)*</b>
Duración de la visita caer	1,18 (1,8)	0,81 (0,52)
Duración de la visita saltar	1,16 (0,96)	0,75 (0,63)
Duración de la visita bajar	<b>0,91 (0,52)</b>	<b>1,05 (0,63)*</b>
Duración de la visita colgar	<b>2,04 (1,7)</b>	<b>1,41 (0,44)*</b>
Duración de la visita patear	1,08 (0,62)	1,11 (0,43)
Duración de la visita bailar	1,14 (0,69)	1,55 (1,74)

Duración de la visita volar	1,44 (1,44)	2,50 (2,17)
Duración de la visita subir	1,55 (1,38)	1,34 (1,33)
Duración de la visita lanzar	1,12 ( 0,46)	1,30 (0,10)
Duración de la visita nadar	<b>0,77 (0,43)</b>	<b>1,33 (0,91)*</b>

Resultados en medias. Entre paréntesis, desviación estándar. \**p.0.05*

En el análisis comparativo en la tarea 1 entre el grupo con vértigo y sin vértigo (tabla 13), se observa en el tiempo de la primera fijación diferencias significativas en los verbos caer, bajar, colgar, patear, volar y nadar, indicando que las personas con vértigo se demoran más en llegar al objetivo con relación a las personas sin vértigo. Este patrón se presenta en los verbos identificados excepto en el verbo volar, donde las personas sin vértigo tardaron más que las personas con vértigo. En cuanto a la duración de la visita, hay diferencias significativas en los verbos bajar, colgar y nadar; sin embargo, estas diferencias no son exclusivas de un grupo en particular. En las palabras bajar y nadar se detienen observando más tiempo el objeto las personas sin vértigo; a diferencia de la palabra colgar, se toman más tiempo las personas con vértigo.

En el análisis general se observa diferencias importantes en el tiempo de la primera fijación donde en 9 de los 10 verbos las personas con vértigo registran mayor latencia para llegar a la respuesta correcta con relación a las personas sin vértigo; sin embargo, en la duración de la visita el patrón es diferente solo en 4 palabras de las 10 las personas con vértigo emplean más tiempo observando el objeto correcto lo que indica que las personas sin vértigo fijan la mirada más tiempo en la respuesta correcta como un patrón de verificación.

Para observar si existían diferencias de acuerdo con la tipología verbal, los verbos se agruparon en dos: con desplazamiento y sin desplazamiento. En la primera categoría

verbos sin desplazamiento y en la segunda categoría verbos con desplazamiento como se describe en la tabla 14.

**Tabla 14.** Tiempo en la primera fijación: tarea 1

<b>Verbos</b>	<b>Grupo con vértigo</b>	<b>Grupo control</b>
Verbos sin desplazamiento	1,09 (0,63)	0,47 (0,21)
Verbos con desplazamiento	1,02 (0,89)	0,95 (0,44)
Total, verbos	1,06 (0,69)	0,71 (0,13)

Se realiza una comparación en el tiempo de la primera fijación entre los verbos sin desplazamiento, es decir que implican acción, pero sin movimiento en el espacio horizontal y verbos con desplazamiento, es decir, que implican acción con movimiento en el espacio horizontal, observando que no hay diferencias significativas entre los grupos. Se realiza una Prueba de Rango Wilconxon registrando que el Grupo Control emplea más tiempo mirando los verbos con desplazamiento de forma diferencial. Mientras que el Grupo con Vértigo no hay patrón diferencial entre los tipos de verbos, como se visualiza en la tabla 15.

**Tabla 15.** Prueba de Rango de Wilconxon: Análisis de verbos

<b>Grupo</b>	<b>Verbos sin desplazamiento</b>	<b>Verbos con desplazamiento</b>
<b>Grupo con vértigo</b>	1,09 (0,63)	1,02 (0,89)
<b>Grupo control</b>	<b>0,47 (0,21)</b>	<b>0,95 (0,44)*</b>

### 5.4.2 Tarea 2

A esta tarea se le denominó paradigma arriba – abajo. Se le indicó al sujeto que observara lo que iba pasando, se le explicó que iba a encontrar una palabra y que debía de decirla en voz alta sin dejar de observar nunca la pantalla. Se emplearon dos palabras: Volar



(arriba) y Pasear (abajo); el sujeto observaba la pantalla con una cruz en el centro, luego una pantalla en blanco y luego el objeto relacionado con la palabra, la ubicación en la pantalla se presentaba en forma correcta o incorrecta aleatoriamente. En relación con el número de aciertos, no se registran diferencias significativas entre los dos grupos indicando un índice de error igual o próximo entre los dos grupos, como se observa en la tabla 16.

**Tabla 16.** Aciertos tarea 2

	<b>Grupo con Vértigo</b>	<b>Grupo Control</b>
Nube arriba	0,77 (0,44)	0 (0,83)
Carro abajo	0,22 (0,44)	0,77 (0,44)
Niños abajo	0,77 (0,44)	0,57 (0,66)
Avión arriba	0,33 (0,50)	0,57 (0,33)
Ave arriba	0,22 (0,44)	0,33 (0,57)
Caballo abajo	0,88 (0,33)	0,57 (0,25)
Mariposa arriba	1 (0)	1 (0)
Helicóptero arriba	0,44 (0,52)	0,33 (0,57)
Tren abajo	0,88 (0,33)	0,57 (0,41)
Cometa arriba	1 (0)	1 (0)
Perro abajo	0,11 (0,33)	0 (0)
Bicicleta	0,11 (0,33)	0 (0)

Resultados en medias. Entre paréntesis, desviación estándar. \* $p.0.05$

Con relación al tiempo de la primera fijación, no hay diferencias significativas entre los grupos, como se observa en la tabla 17. Sin embargo, las personas con vértigo se demoran más tiempo en llegar a la respuesta correcta en diez de las doce tareas propuestas, lo que podría indicar una tendencia en las personas con vértigo en lo referente a términos visoespaciales implícitos.

**Tabla 17.** Tiempo a la primera fijación: Tarea 2

<b>Tiempo a la primera fijación</b>	<b>Grupo con Vertigo</b>	<b>Grupo Control</b>
Pasear-abajo	0,44 (0,58)	0,26 (0,03)
avión volar arriba	0,008 (0,026)	0 (0)
ave volar arriba	<b>0,02 (0,86)</b>	0 (0)
caballo pasear abajo	0,12 (1,11)	0,15 (0,13)
mariposa volar arriba	0,14 (0,14)	0,06 (0,11)
helicóptero volar arriba	0,01(0,03)	0 (0)
tren pasear abajo	0,38 (0,61)	0,74 (1,09)
nube volar arriba	0,26 (0,38)	0,07 (0,12)
cometa volar arriba	0,16 (0,17)	0,10(017)
perro pasear abajo	0,01 (0,04)	0 (0)
bicicleta pasear abajo	0,07 (0,20)	0 (0)
carro pasear abajo	0,17 ( 0,52)	0 (0)

En el tiempo de duración de la visita, descritos en la tabla 18, se observan diferencias significativas en tres de las doce tareas; sin embargo, solo en ocho de las doce tareas las personas con vértigo emplean más tiempo observando el área de la respuesta correcta. Al comparar las medias se observa una mayor latencia en el Grupo con Vértigo; sin embargo, no todas las respuestas son estadísticamente significativas.

**Tabla 18.** Duración de la visita: Tarea 2

<b>Duración de la visita</b>	<b>Grupo con Vértigo</b>	<b>Grupo Control</b>
Niño pasear abajo	1,62 (0,38)	1,20 (0,97)

Avión volar arriba	0,20 (0,19)	0,20 (0,19)
<b>Ave volar arriba</b>	<b>0,04 (0,07)</b>	<b>1,63(0,43)*</b>
Caballo pasear abajo	1,76(0,34)	1,74(0,46)
Carro pasear arriba	1,77(0,35)	1,98(0,01)
Mariposa volar arriba	1,79(0,21)	1,78(0,35)
Ave volar abajo	1,82 (0,22)	1,94 (0,11)
Helicóptero volar arriba	0,25 (0,62)	0,16 (0,14)
Tren pasear abajo	1,17 (0,26)	1,93 (0,13)
<b>Nube volar arriba</b>	<b>0,12 (0,19)</b>	<b>0 (0)*</b>
Cometa volar arriba	1,81 (0,17)	1,94 (0,11)
Perro pasear abajo	0,07(0,92)	0 (0)
Bicicleta pasear abajo	0,54 (0,12)	0 (0)
<b>Carro pasear abajo</b>	<b>0,05 (0,15)</b>	<b>0,05(0,09)*</b>

Resultados en medias. Entre paréntesis, desviación estándar. \**p.0.05*

Finalmente, Al comparar los desempeños de los dos grupos frente a los estímulos congruentes y no congruentes, se observan patrones de respuesta diferencial. Las personas del Grupo con Vértigo tardan más en realizar la primera fijación al estímulo. Así mismo, como es de esperar, tardan más los dos grupos en reconocer estímulos incongruentes como se visualiza en la tabla 19.

**Tabla 19.** Relación entre estímulos: Tarea 2

Tipo de estímulo	Grupo vértigo	Grupo Control
Estímulos incongruentes	<b>10,16 (1,04)</b>	<b>9,09 (1,001)*</b>
Estímulos congruentes	<b>8,15 (0,54)</b>	<b>6,47 (1,05)*</b>

### 5.4.3 Tarea 3

En esta tarea se emplearon adverbios de lugar: adelante- atrás, arriba – abajo, derecha – izquierda. La instrucción dada consistió en que el sujeto debía escuchar la frase y buscar el objeto correspondiente. Antes de iniciar la prueba se presentaba una imagen de ensayo

para explicarle al sujeto lo que debía hacer. No se observan diferencias estadísticas significativas entre el Grupo con Vértigo y sin Vértigo (tabla 20).

**Tabla 20.** Tiempo a la primera fijación: Tarea 3

<b>Tiempo a la primera fijación</b>	<b>Grupo con Vértigo</b>	<b>Grupo Control</b>	<b>Z U Mann-Whitney</b>
Camisa adelante	18,32(15,99)	31,48(20,36)	-1,29
Cuchara adelante	34,50(25,87)	7,18(3,78)	-1,95
Dado arriba	16,88(27,14)	5,98(3,56)	-0,65
Dulce abajo	13,33(8,33)	6,68(5,45)	-1,58
Gafas atrás	18,65(21,90)	11,98(14,99)	-0,37
Lápiz derecha	29,01(33,76)	5,00(0,00)	-1,54
Libros arriba	7,80(10,74)	13,57(7,43)	-1,29
Manzana abajo	11,33(7,24)	11,59(8,77)	-0,09
Pelota izquierda	14,54(11,50)	8,93(8,26)	-0,92
Reloj izquierda	20,77(23,68)	42,79(8,23)	-1,11
Taza derecha	30,31(40,23)	5,95(1,65)	-1,34
Zapato atrás	28,12(20,05)	32,88(33,54)	0,00
Camisa adelante	0,71(1,60)	0,24(0,20)	-0,09
Cuchara adelante	0,78(1,58)	3,47(2,65)	-1,77
Dado arriba	1,60(2,17)	1,92(2,66)	-1,21
Dulce abajo	1,31(2,09)	1,97(2,64)	-0,37
Gafas atrás	1,30(2,09)	0,29(0,15)	-0,09
Lápiz derecha	2,46(2,41)	5,00(0,00)	-1,54
Libros arriba	0,78(1,58)	1,83(2,73)	-1,12
Manzana abajo	1,95(2,29)	1,99(2,60)	-0,47
Pelota izquierda	0,27(0,22)	0,18(0,10)	-0,74
Reloj izquierda	0,74(1,59)	0,20(0,07)	-0,18

Taza derecha	1,85(2,36)	3,35(2,84)	-0,38
Zapato atrás	1,31(2,09)	1,86(2,71)	-0,74

Resultados en medias. Entre paréntesis, desviación estándar. \**p*.0.05

Comparando los tiempos totales de la tarea entre los grupos se observa diferencia significativa en la búsqueda de términos visoespaciales como se puede observar en la tabla 21, siendo mayor el tiempo de la primera fijación del Grupo con Vértigo, por lo que se podría inferir que dentro de un entorno se demoran más en ubicarse espacialmente los que tienen vértigo.

**Tabla 21.** Tiempo total de la tarea 3

	Tiempo total	Grupo con vértigo	Grupo control
Términos espaciales		<b>19,41 (5,5)</b>	<b>16,60 (8,6)*</b>

#### 5.4.4 Tarea 4

Para esta tarea, se realizó una combinación de la tarea uno y tres. Se presentó una lámina con diferentes escenas donde el sujeto debía buscar la escena correspondiente a la frase; se escogieron cinco verbos de la tarea 1 y se combinaron con las palabras de ubicación: arriba y abajo. Al analizar los tiempos de la primera fijación en la tabla 22, se encuentra que no hay diferencias estadísticamente significativas.

**Tabla 22.** Tiempo a la primera fijación: tarea 4

Tiempo a la primera fijación	Grupo con Vértigo	Grupo Control	Z U Mann-Whitney
Bailar abajo	4,47(1,82)	3,61(2,05)	-1,21
Colgar arriba	13,66(8,29)	5,96(3,64)	-1,57
Correr arriba	6,76(6,27)	6,02(3,95)	-0,09
Lanzar arriba	1,52(1,44)	3,47(2,95)	-1,20
Saltar abajo	5,29(4,07)	4,51(1,74)	-1,18

En relación con la duración de la visita, tampoco se observan diferencias significativas como se visualiza en la tabla 23.

**Tabla 23.** Duración de la visita: tarea 4

Duración de la visita	Grupo con Vértigo	Grupo Control	Z U Mann-Whitney
Bailar abajo	1,96(2,27)	0,43(0,40)	-1,39
Colgar arriba	0,76 (0,71)	2,14(2,47)	-1,01
Correr arriba	0,31(0,07)	1,86(2,71)	-1,55
Lanzar arriba	1,17(1,49)	0,90(0,88)	-0,18
Saltar abajo	1,82(2,38)	2,32(2,34)	-1,12

Al analizar el poder predictivo de las variables en la regresión lineal por grupos, se encuentra que la tarea espacial (zapato atrás) tiene un alto poder predictivo de los resultados de la prueba cognitiva Moca, como se observa en la Tabla 24.

**Tabla 24.** Modelo de regresión: Términos visoespaciales

Tipo	Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	Error típico
Vértigo	1	,879 <sup>a</sup>	,773	,728	1,33723
	2	,979 <sup>b</sup>	,958	,937	,64392
	3	,999 <sup>c</sup>	,998	,996	,15471
	4	1,000 <sup>d</sup>	1,000	1,000	,01946
	5	1,000 <sup>e</sup>	1,000	1,000	,00118
	6	1,000 <sup>f</sup>	1,000	.	.
Control	1	1,000 <sup>g</sup>	1,000	,999	,08405
	2	1,000 <sup>h</sup>	1,000	.	.

a. Predictores: (Constante), Tarea3VisitDuration0001jpgZapatoAtrasMean

---

b. Predictores: (Constante), Tarea3VisitDuration0001jpgZapatoAtrasMean,  
Tarea3VisitDuration0001jpgDadoArribaMean

---

c. Predictores: (Constante), Tarea3VisitDuration0001jpgZapatoAtrasMean,  
Tarea3VisitDuration0001jpgDadoArribaMean,  
Tarea3TimetoFirstFixation0001jpgManzanaarribadistractorMean

---

## 6. Discusión

El propósito de esta investigación fue explorar la relación existente entre la percepción y comprensión de verbos de acción, términos visoespaciales y el vértigo moderado a severo en un grupo de personas de 50 a 80 años. Los grupos fueron comparados por género, edad, escolaridad y funcionamiento cognitivo. Así mismo se observó su ejecución ante tareas de percepción y lenguaje que incluyeron verbos y términos visoespaciales.

Si bien en un inicio del proyecto se estimó un número igual de participantes en cada uno de los grupos, por motivo de la pandemia por COVID-19 y la correspondiente cuarentena y aislamiento derivados de la emergencia sanitaria, se tomó la decisión de realizar los cálculos con los datos disponibles.

Dentro de los datos sociodemográficos es importante resaltar que a pesar de contar con una muestra pequeña persiste una tendencia de mayor prevalencia de síntomas asociados a vértigo en mujeres que en hombres, lo cual puede estar relacionado a los cambios hormonales y trastornos metabólicos que se dan en el momento de la menopausia (Ishii, Nishino, & Campos, 2009) y a su vez se relaciona con lo reportado por Hulse y colaboradores (2019) donde el 65.4% eran mujeres y el 34.6% eran hombres, que presentaban vértigo asociado a alguna de las cinco condiciones patológicas con diagnóstico confirmado de acuerdo al Código Internacional de Enfermedades en su revisión No 10 (CIE-10): Enfermedad de Meniere (H81.0), VPPB (h81.2), Neuritis vestibular (H81.3 o H81.8), otros vértigos periféricos (H81.9) y vértigo o mareo inespecífico (R42). Se debe tener en cuenta que dentro del Grupo Estudio solo hay una persona con diagnóstico confirmado de Vestibulopatía Bilateral asociada a Neuritis Vestibular.

De acuerdo con los resultados de las pruebas vestibulares, se encontraron como datos relevantes adecuada funcionalidad oculomotora, pruebas posicionales negativas para diagnóstico de VPPB y prueba de Vhit que sugiere hipofunción vestibular en por lo menos uno de los seis canales semicirculares afectando con mayor frecuencia el canal posterior, excepto en un participante con vértigo quien presenta una adecuada ganancia del Reflejo Vestíbulo Ocular en la prueba Vhit.



Con relación a los resultados en la escala de percepción DHI, que observa los signos emocionales, funcionales y físicos relacionados con el vértigo, como se trataba del principal requerimiento para ingresar al estudio todos los participantes calificaron con vértigo asociado a alguno de los tres aspectos evaluados. Adicional los hallazgos se relacionan con lo observado subjetivamente en cada uno de los participantes, donde todos contaban con habilidades dinámicas normales, esto quiere decir que eran independientes en marcha sin signos de inestabilidad evidente. Por esto es posible afirmar que todos los participantes presentaban algún nivel de compensación del vértigo, lo que se relaciona con lo reportado por (Lacour, Helmchen, & Vidal, 2016) quienes se refieren al proceso de compensación vestibular que está presente tanto en animales como en humanos. Este proceso se debe a la plasticidad intrínseca que permite recuperar o superar daños presentados en el sistema vestibular periférico basados en los conceptos de restauración, habituación y adaptación.

Ahora bien, la diferencia entre quienes sí presentan alteraciones con ciertos movimientos que se encuentran soportados en lo registrado en las pruebas vestibulares (Vhit), podría deberse a lo que se denomina la presencia de síntomas vestibulares estáticos y dinámicos, lo que permite afirmar que todos los participantes con vértigo presentaban síntomas dinámicos debido a que estaban asociados a movimientos de la cabeza de acuerdo a lo reportado en el DHI en los aspectos físicos y funcionales por lo que estaría relacionado con la teoría de compensación de Lacour, Dutheil, Tighilet, Lopez, and Borel (2009), quienes evidenciaron desde estudios con modelos de animales, que la compensación se da por la experiencia o el movimiento permanente que lleva a una estimulación permanente del sistema de análisis del movimiento.

Además, la teoría de compensación afirma que la recuperación de los síntomas estáticos es evidente, pero los síntomas dinámicos se recuperan lentamente e incluso lo pueden hacer de forma inadecuada, por lo que es necesario realizar una intervención mediante ejercicios dinámicos de adaptación y habituación. Como es cierto, el acceso a la intervención mediante rehabilitación vestibular en el sistema de salud colombiano es lenta y de difícil acceso, produciendo un aumento del tiempo entre el diagnóstico y el momento de la rehabilitación, lo que lleva a que se generen procesos a nivel cerebral que alteran la autopercepción corporal ocasionando que las personas con vértigo presenten vértigo crónico.

Otra teoría asociada a los hallazgos vestibulares está relacionada con el Mareo Postural Perceptivo Persistente (PPPD) cuyos criterios diagnósticos fueron publicados por (Staab et al., 2017) de la Sociedad Barany. Estos consisten en: 1. Uno de los síntomas de mareo, inestabilidad o vértigo que no gira están presentes en la mayoría de los días durante 3 meses o más. 2. Los síntomas ocurren sin una provocación específica, pero se ven agravados por postura erguida, movimiento activo o pasivo y exposición a estímulos visuales en movimiento o de patrones complejos. 3. El trastorno es precipitado por condiciones que causan vértigo, inestabilidad, mareos o problemas con el equilibrio, incluidos síndromes vestibulares agudos, episódicos o crónicos, otras enfermedades neurológicas o médicas o malestar psicológico 4. Los síntomas causan angustia o deterioro funcional 5. Los síntomas no se explican mejor por otra enfermedad o trastorno.

De acuerdo a los criterios de Barany (Staab et al., 2017), algunos de los participantes cumplen con los cinco criterios y sería necesario definirlo para iniciar una intervención directa mediante rehabilitación vestibular, adicional en el consenso de 2017 la Sociedad Barany justifica estos criterios y afirma que el PPPD puede coexistir con otras enfermedades o trastornos.

Otro hallazgo que permite relacionar la diferencia significativa hallada entre el DHI funcional y físico, es el reportado en el estudio de Indovina et al. (2015) donde concluye que la interrupción de la información vestibular que se procesa en CVPI genera cambios funcionales en el procesamiento que se asocian a los síntomas de inestabilidad persistente y mareos, así como sensibilidad a cambios posturales y de movimiento corporal, que presentan los pacientes con vértigo subjetivo crónico hoy también caracterizado como PPPD en la sociedad Barany (Staab et al., 2017).

De acuerdo con la literatura y la hallazgos en la prueba de función vestibular Vhit, es posible señalar que los pacientes con un desorden vestibular han generado cambios en las relaciones corticales que de algún modo están afectando la representación del movimiento. De acuerdo a lo afirmado por (Gallese & Cuccio, 2018), quienes basados en la hipótesis de explotación neural o noción de reuso neural, se confirma que la estructuración de comportamientos motores simples en actos motores coordinados depende de la corteza premotora en regiones específicas de la corteza motora primaria, funcionando del mismo modo que el sistema de la NE, por lo que dicha región cortical permanentemente debe estar actualizando la información de la acción de modo que se

activen grupos corticales en respuesta de la misma, controlando la ejecución de la acción sustentando la ejecución corporeizada de las acciones, mostrando que regiones como el sistema sensorial motor y la ínsula a través de la cognición corporeizada se involucran en la planificación y comprensión de la acción.

Los trastornos del movimiento son una herramienta que ayudan a esclarecer el procesamiento del lenguaje y la representación del significado, todo ello relacionado con la teoría de lenguaje corporeizado de Gallese and Cuccio (2018), donde se debe reconocer la especificidad del lenguaje y que la información sensoriomotora contribuye de forma fluida a la construcción del significado. He aquí una teoría que podría soportar el hecho que el grupo con vértigo cuando debía ejecutar acción relacionadas con el movimiento y combinada con información visoespacial con input visual no presentaron dificultades en la ejecución ya que a pesar de evocar la activación de las redes neuronales relacionadas con el movimiento y la ubicación a través del sistema visual era posible activar otras las redes propioceptivas que permiten recurrir a la representación del significado del repertorio de cada individuo. Según Gallese & Cuccio (2018) el concepto se altera, pero hay evocación visual de acción que al combinarla con representación visoespacial no hay diferencia porque hay más entradas a través de los propioceptivo

A continuación, se analizan los resultados a la luz de las preguntas de investigación planteadas:

**Pregunta 1: *¿Cuál es el perfil de desempeño neuropsicológico de las personas con vértigo?***

En cuanto al desempeño cognitivo, todos los participantes fueron evaluados mediante la batería de pruebas Neuronorma Colombia (Duarte, 2017; Espitia, 2017), en las que se incluyeron pruebas que evalúan los principales dominios cognitivos (memoria, lenguaje, atención, funciones ejecutivas, etc.).

Todos los participantes pasaron el tamizaje cognitivo realizado con la prueba *Montreal Cognitive Assesment* - MOCA, como medida de tamizaje de las demás funciones

cognitivas. En cuanto a las pruebas relacionadas con los demás dominios cognitivos, al compararlas mediante la transformación a puntuaciones escalares, se encontró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos. Sin embargo, si se compara internamente el grupo estudio se encuentra que en la prueba de denominación por confrontación visual (*Boston Naming Test*), en las pruebas de fluidez verbal semántica y fonológica un participante mayor de 70 años hombre presenta dificultades en su ejecución, en este sentido teniendo en cuenta que el acceso al léxico es uno de los parámetros más sensibles y fácilmente alterables con el paso de los años; no constituye en sí mismo un signo de deterioro patológico.

La ejecución en las pruebas visoespaciales en el Grupo con Vértigo presenta puntajes escalares normales solo en la participante con diagnóstico Vestibulopatía Bilateral (VB); hay pobre desempeño en la prueba de Cubos de Corsi lo que se relaciona con los estudios que afirman que los pacientes con Vestibulopatía bilateral y unilateral presentan un franco deterioro de las habilidades visoespaciales (Popp et al., 2017). Esta misma participante presentó baja ejecución en las pruebas de velocidad de procesamiento y en la prueba de funciones ejecutivas de la Torre de Londres concordando con en el estudio realizado por Coelho y colaboradores (2020), en el que demuestran una relación directa en la funcionalidad corteza vestibular y corteza frontal, es decir, función vestibular y funciones ejecutivas, allí afirman que las entradas vestibulares dirigidas a las regiones frontales pueden cambiar la información que allí se origina afectando especialmente la capacidad de planeación motora. Si embargo en las pruebas de *Trail Making Test* TMT A y B no hay baja funcionalidad en los participantes con vértigo lo que indica que las habilidades cognitivas relacionadas con la atención, flexibilidad, la velocidad de procesamiento cognitivo no se han visto afectadas probablemente por el proceso de compensación temprana.

Dentro del desempeño neuropsicológico cabe destacar que la relación entre la prueba tamizaje MOCA y las demás pruebas de la Batería Neuronorma Colombia son consistentes ya que todos los participantes presentan un perfil dentro del puntaje escalar y las variaciones en el grupo de vértigo están directamente relacionadas con el diagnóstico

clínico de la enfermedad vestibular y no con el índice de percepción de discapacidad del vértigo que reporta el DHI en el que solo dos participantes puntúan con discapacidad moderada en el aspecto emocional; sin embargo, se debe destacar que las personas con vértigo cursan con dificultades psicológicas que se encuentran asociadas con depresión y ansiedad, presentes especialmente con vértigo episódico como es el caso de la Enfermedad de Meniere y la Migraña Vestibular, donde el desequilibrio de la actividad aferente, es decir la liberación de neurotransmisores (dopamina, serotonina y la norepinefrina), se da en forma intermitente tanto en el episodio agudo como en el intermedio tal y como lo afirman diferentes autores (Yuan, Yu, Shi, Ke, & Zhang, 2015).

Los resultados indican que la prueba de impulso cefálico del canal derecho (VHITcD) predice el 49% de la varianza en la prueba MOCA en el Grupo con Vértigo. Lo que indica una fuerte relación entre el vértigo y el desempeño cognitivo en este grupo. Esto se soporta en el modelo de capacidad de atención (*Capacity Model of Attention*) ([Kahneman, 1973](#)), donde se afirma que una persona tiene una cantidad determinada de recursos atencionales y cognitivos para ser asignados a tareas mentales. Por lo tanto, cuando se ocupan recursos cognitivos adicionales es necesario recurrir a los atencionales para lograr ejecutar una tarea, de acuerdo con Abernethy ([1988](#)) quien afirma que el rendimiento de las tareas que requieren procesamiento de redes cognitivas similares se disminuye en respuesta a una mayor demanda cognitiva ante tareas simultáneas. Es así como una persona con disfunción vestibular emplea estos recursos centrando su atención en mantener su equilibrio y evitar caídas, por lo tanto, esto produce un desgaste cognitivo importante que es probable se relacione con menores tiempos atencionales debido a su condición de balance, tal y como lo ha descrito Bigelow y colaboradores ([2015](#)).

El grupo con vértigo mostro un desempeño cognitivo funcional de acuerdo con la batería de pruebas que se aplicó. A pesar de presentar información errada relacionada con el movimiento la cual es expresada como presencia de vértigo y evidenciada en el DHI tanto a nivel funcional como físico, se debe inferir que los procesos de atención, memoria y las funciones ejecutiva requieren de un tiempo importante de exposición a los síntomas para que se evidencien clínicamente. Sin embargo, cabe destacar que los hallazgos en las pruebas cognitivas muestran que en general las personas con vértigo si muestran diferencias en el procesamiento de información en los dominios de memoria, atención,

habilidades visoespaciales y funciones ejecutivas, lo que establece una alerta para intervención temprana (Donoso-Troncoso & Novoa, 2019).

**Pregunta 2: *¿Cómo son los patrones de seguimiento ocular en tareas lingüísticas con verbos de acción y términos visoespaciales?***

Con base en la teoría de cognición corporeizada propuesta entre otros por Zwaan (2004) y como parte de un área de investigación que busca explicar la relación cuerpo mente desde la neurociencia cognitiva, se diseñó la tarea de identificación visual de verbos. Allí los verbos presentaban diferencias en su representación mental ya que se contó con verbos que implicaban o no algún desplazamiento en el espacio horizontal. Como ya se mencionó, no hay diferencias significativas entre los grupos, pero al comparar los patrones de seguimiento visual, al comparar los dos tipos de verbos, se encuentra una diferencia estadísticamente significativa en el tiempo de la primera fijación en el Grupo Control; sin embargo, el Grupo Vértigo en su totalidad y en comparación con el Grupo Control requiere mayor tiempo para la ejecución de la tarea.

A pesar de la diferencia entre las muestras es posible afirmar desde el “todo” que las personas con vértigo se demoran más en procesar verbos, pero el Grupo Control solo establece la diferencia de procesamiento entre los verbos con desplazamiento y sin desplazamiento, lo que da paso a las teorías de cognición corporeizada que sugieren que los conceptos se entienden a través de simulaciones sensoriomotoras, donde los sistemas neuronales participan en la comprensión de objetos, acciones y eventos del mundo real y se utilizan para simular internamente esos objetos, acciones y eventos en momentos posteriores (Dove, 2011). Por lo tanto el reconocimiento de verbos de acción evoca el procesamiento sensorial y motor (Pulvermüller, 2005).

Teniendo en cuenta lo anterior, es posible establecer la siguiente relación: las personas con vértigo tienen dificultades en el procesamiento del movimiento, por lo tanto, no logran establecer esa diferencia de acción entre unos y otros verbos, lo que si ocurre en las personas sin dificultades relacionadas con el movimiento, ya que requieren mayor esfuerzo en la identificación de los verbos estáticos y dinámicos, lo que les permite significativamente generar la diferencia. Cuando se presenta el movimiento se requiere tiempo y recurso atencional para el reconocimiento. Como el Grupo Control tiene activo el

movimiento, le es posible establecer el diferencial; al contrario, en los casos con vértigo tienen alterada la percepción del movimiento y por lo tanto no hay diferencia en el procesamiento.

Por lo tanto, a pesar de no presentar un daño identificado a nivel de los circuitos cerebrales (corticales o subcorticales) como ocurre en la Enfermedad de Parkinson, el hecho de implicar una alteración de la percepción visual del mundo con relación al equilibrio podría estar interfiriendo en la representación de los verbos, aunque no fácilmente perceptibles dado que no hay afectación como tal, pero sí se toman más tiempo en la ejecución de las tareas de identificación de los verbos de acción.

Esta relación está soportada en estudios donde se evidencia que las decisiones semánticas frente a la identificación de verbos concretos o abstractos, generan diferencias en el tiempo de ejecución y concluyen que la corteza motora desempeña un papel funcional en la comprensión de los verbos de acción, consistente con la teoría de corporeidad (Repetto, Colombo, Cipresso, & Riva, 2013).

Sin embargo, estos hallazgos son una aproximación exploratoria a la conjunción de aspectos relacionados con la evaluación vestibular y la comprensión de algunos elementos relacionados con el procesamiento cognitivo en este grupo poblacional, que debe ser profundizado ampliamente con diferentes paradigmas de evaluación psicolingüísticos.

Con relación a la compensación relacionada con el procesamiento de los verbos de acción, se han identificado importantes relaciones con el movimiento, la orientación y la ubicación espacial de las extremidades (Miller, Brookie, Wales, Wallace, & Kaup, 2018). Esas relaciones resultan interesantes de analizar en nuestra población, también teniendo en cuenta que al tratarse de adultos mayores su rendimiento se ve disminuido como un efecto de la edad

Ahora bien, hablando de términos visoespaciales, se diseñaron dos tareas relacionadas con el paradigma mundo visual: en la segunda tarea, la ejecución contenía acciones implícitas relacionadas con los conceptos arriba-abajo, mediante la utilización de los verbos volar y pasear. A través de las fijaciones y la ubicación visual, se debía generar una respuesta espacial dentro de una imagen que denotaba las dos ubicaciones (arriba-abajo) con un tiempo límite de respuesta de 20sg.

Dentro de lo registrado se presentaron diferencias entre los grupos, pero solo en dos situaciones de arriba con el ave y la nube y en una de abajo con el carro. Sin embargo, se observa una tendencia a emplear mayor tiempo en la respuesta en el Grupo con vértigo, tanto para las presentaciones visuales congruentes como no congruentes. Lo que sugiere que la predicción no es un proceso unitario y aislado, sino que requiere de una serie de mecanismos flexibles y de un contexto.

El procesamiento anticipatorio del lenguaje está influenciado tanto por los nexos entre el estímulo lingüístico y el receptor cómo por la forma en que se presenta el estímulo. Esto permite plantear que de acuerdo a la teoría de cognición corporeizada, específicamente en lo que se relaciona a la representación del lenguaje, leer palabras que se relacionan con el concepto arriba-abajo provoca simulaciones de la percepción real de los objetos en áreas cerebrales visuales, pues no se suele ver las cosas aisladamente sino en conjunto creando un evento visual (Koob & Le Moal, 2008).

Este procesamiento visual que se genera basado en el concepto de simulación, establece que esta representación constituya una forma computacional de cálculo a través de diferentes formas de cognición, convirtiéndose en la recreación de estados perceptuales motores e introspectivos, adquiridos durante la experiencia con el mundo (Barsalou, 2009). Como el vértigo es un signo que altera la percepción del movimiento y la ubicación en el espacio y adicional la mayoría de los participantes padecen este signo por más de 30 días, se podría afirmar que las redes corticales de la representación visoespacial se encuentran comprometidas debido a una diferencia en la información procesada entre el momento sin vértigo y con vértigo.

En la tarea 3 donde se ejecutan acciones dentro de una escena, se presentan diferencias significativas evidenciando que las personas con vértigo tardan más tiempo para encontrar la respuesta correcta. En este experimento se debe tener en cuenta que el participante tiene situaciones facilitadoras, esta actividad no es implícita; en todo momento se da la instrucción de forma verbal, el tiempo de respuesta es más amplio y el concepto se encuentra inmerso en una situación de escena. A pesar de todas las diferencias que pueden representar, un facilitador en la respuesta persiste la diferencia en el tiempo de ejecución entre las personas con vértigo y sin vértigo siendo concordante con lo explicado anteriormente, relacionado con la teoría corporeizada con relación al lenguaje, donde se afecta el referente sensoriomotor pero solo en el momento de ser comparados con



personas sin alteraciones del movimiento se hace evidente. Esto explica por qué cuando se evalúa una persona con vértigo, no se identifican alteraciones a nivel lingüístico, pues es un efecto consecuente de la entrada de la información la cual va procesándose de tal forma que logra ejecutarse bajo unas variables que no se miden en una evaluación vestibular de rutina y su sutileza las hace imperceptibles.

Al realizar un análisis del comportamiento de los distractores en la identificación de verbos se observó un patrón diferencial en la respuesta de las personas con vértigo y sin vértigo. Las personas controles no se afectan por el distractor. Mientras que las personas con vértigo son más sensibles a los distractores de tipo visual que están vinculados con características como similitud visual, auditiva o totalmente contrarios. En el caso de las personas con vértigo el sistema de movimiento no les funciona adecuadamente, les cuesta mucho más trabajo establecer los puntos centrales de su atención, siendo más vulnerables a los distractores con la imposibilidad de inhibición. Esta dificultad puede estar asociada al control cognitivo que debe ejercer al presentarse la relación de movimiento (Gaspelin & Luck, 2018).

Un hallazgo que cabe resaltar a la luz de la literatura es la diferencia significativa en el verbo caer donde probablemente el distractor principal ejerce influencia en el patrón de respuesta especialmente en el grupo con vértigo quienes toman menos tiempo en ejecutar la tarea. Lo cual es coincidente con la teoría del significado que contribuye a la construcción del lenguaje donde este no solo nos da una modalidad específica de acceso epistémico al mundo sino, interactúa y afecta las habilidades cognitivas tanto filogénicas como ontogénicamente (Gallese & Cuccio, 2018).

***Pregunta 3: ¿Cuáles son las diferencias de los perfiles neuropsicológicos con los patrones de percepción visoespacial y lingüístico en personas con vértigo?***

De acuerdo con lo reportado por diferentes estudios (Brandt et al., 2005; Lee, Lim, & Kim, 2020) se espera una correspondencia bidireccional entre el rendimiento cognitivo y las afectaciones relacionadas con el vértigo. Específicamente en los parámetros de percepción visoespacial debido a que corresponde a funciones en las cuales estaría mayormente implicado el sistema postural y propioceptivo

El rendimiento visoespacial hace parte del procesamiento cognitivo, relacionado con otras funciones importantes tales como la percepción, la atención y la memoria, que a su vez en conjunto dan soporte a actividades que se realizan en la vida cotidiana, tales como la matemática, la lectura, los deportes u otras actividades donde el procesamiento visoespacial es importante, como en el caso de entender un mapa. Es así como en el experimento con alto contenido visoespacial guarda una fuerte asociación con la prueba de tamizaje MOCA, en la que se expresa el rendimiento cognitivo en general.

Esto tiene implicaciones para la evaluación neuropsicológica, ya que la mayoría de las tareas cuentan con apoyo visual. Al estar alterado este componente de percepción visoespacial por el vértigo, deben tenerse en cuenta dichas implicaciones en los resultados de las pruebas. Esto concuerda con los estudios (Popp et al., 2017) en los que se evidencia que la magnitud del compromiso cognitivo está directamente relacionada con la severidad de la lesión y la compensación que haya ocurrido. En estos estudios, pacientes con lesiones bilaterales, la correlación entre la respuesta calórica vestibular y el rendimiento cognitivo se evidenciaron en las tareas visoespaciales y mientras que en la prueba Vhit se relacionó fuertemente con tareas de velocidad de procesamiento, función ejecutiva y habilidad visoespacial.

De igual forma hay hallazgos que soportan los conceptos que determinan la relación permanente entre los procesos cognitivos y lingüísticos. Al comparar los resultados de la prueba neuropsicológica se observan diferencias entre los grupos en las pruebas de memoria espacial (Cubos de Corsi), memoria verbal (retención de dígitos) y la prueba de funciones ejecutivas en la Torre de Londres, en ejecución y resolución en las que las personas con vértigo quienes registran menores puntajes con relación a los que no tienen vértigo.

En esta investigación, los participantes evidenciaron vértigo moderado a severo de más de 30 días de duración y evidenciaron lesiones a nivel canalicular en la prueba de Vhit excepto en un participante. Esto concuerda con estudios que evidencian los trastornos cognitivos con relación a la memoria de trabajo, funciones ejecutivas y habilidades visoespaciales, especialmente en los casos de lesiones bilaterales (Popp et al., 2017). Aunque en las pruebas neuropsicológicas no se reporta un déficit cognitivo, son evidentes las diferencias en los puntajes de ejecución entre los grupos, lo que significa que si se afectan las

funciones cognitivas en los dominios ya mencionados y a su vez este patrón se observa en la ejecución de las tareas experimentales desarrolladas.

El procesamiento de los verbos con un componente de espacialidad y específicamente los verbos de acción, ha sido identificado como un marcador de deterioro en algunas patologías tales como la Enfermedad de Parkinson (Bocanegra et al., 2017; Bocanegra et al., 2015), la Esclerosis Lateral Amiotrófica (Cousins, Ash, & Grossman, 2018), la Enfermedad de Huntington (Kargieman et al., 2014). Esta realidad, junto con los resultados exploratorios de esta investigación, evidencian la necesidad de seguir profundizando en la investigación de los aspectos lingüísticos relacionados con el vértigo.

Este deterioro particular de los verbos en el vértigo, desde una perspectiva neuropsicológica y psicolingüística, sugiere que los verbos de acción en los circuitos motores podrían depender de distinciones semánticas intracategóricas específicas, aspecto relevante para relacionar el verbo con la exploración cognitiva en otras patologías (Bocanegra et al., 2017).

Adicionalmente, en la tarea de reconocimiento de términos espaciales en condición de congruencia e incongruencia, se observa un patrón diferencial de reconocimiento en los dos grupos. Así, las personas con vértigo tardan más tiempo en el reconocimiento de términos de tipo espacial. Esta tarea incluyó estímulos que incluyeron verbos y términos espaciales. Este tipo de tarea involucró un componente de predicción, en tanto que, la persona debía leer el verbo y predecir visualmente su lugar de aparición en la escena. Esta actividad implica cierto tipo de representación visual previa, con efecto de *priming*. Se observa sin embargo un mayor tiempo de latencia que el de los controles. Así, se presume entonces, que el vértigo altera la predicción en la comprensión de los términos visoespaciales y la comprensión del evento involucrado. Sería interesante en estudios futuros explorar la comprensión de los eventos y su relación con el lenguaje en las personas con vértigo.

**Pregunta 4: ¿Existe alguna relación entre la percepción de términos visoespaciales y verbos de acción con el grado de discapacidad de vértigo reportados según el DHI?**

Al realizar la comparación entre los grupos, se registró una diferencia estadísticamente significativa en el DHI entre el grupo con y sin vértigo en los aspectos funcional y físico.

Sin embargo, al comparar las tareas de términos visoespaciales y de verbos directamente con el DHI no hay una diferencia estadísticamente significativa, y esta escala de percepción no tiene un alto porcentaje de predicción de la función cognitiva a diferencia de la prueba Vhit en la que el modelo de regresión nos muestra un alto porcentaje. La diferencia entre las pruebas está en la forma de ejecución donde el DHI implica un autoreporte que puede ser inconsciente relacionado con la vivencia del momento, mientras que el Vhit es una prueba objetiva con alto nivel de sensibilidad y especificidad que mide la funcionalidad de los canales semicirculares y en ningún momento depende del paciente.

Es importante destacar en los resultados del DHI que no hay diferencias relevantes del aspecto emocional con respecto al funcional y físico. Es decir, la mayoría de las personas, de acuerdo con el autoreporte ingresan al estudio por presentar puntajes moderados en los aspectos funcionales y físicos. No hay una relación directa con las tareas de términos visoespaciales y verbales, lo cual puede estar relacionado con el tamaño de la muestra, por lo que se sugiere continuar con estudios que permitan establecer relaciones entre aspectos lingüísticos, cognitivos y emocionales en personas con vértigo

Las alteraciones del procesamiento de los verbos en relación con el verbo pueden ser un hallazgo *sui generis*. De igual forma, estas relaciones están presentes a nivel de la representación y el procesamiento específico, lo que puede hacer que no sean identificables fácilmente, ni mucho menos por los instrumentos de auto reporte.

## 7. Conclusiones

Si bien los resultados del estudio podrían tener dificultades en su generalización dadas las dificultades descritas anteriormente, sus resultados se aproximan a comprender la relación entre el procesamiento visoespacial, el desempeño neuropsicológico y el procesamiento del lenguaje.

Los hallazgos encontrados concuerdan con la teoría de la cognición corporeizada y ofrecen información valiosa sobre las habilidades relacionadas con el procesamiento de los verbos que indican movimiento. Esta representación lingüística verbal se ve altamente influenciada por las dificultades de tipo visoespacial y motor.

La corporeidad se basa en la experiencia y genera representaciones que en el caso de las personas con vértigo se afecta por el input recibido durante el periodo agudo y permanece en el tiempo, afectando aspectos de percepción visoespaciales y lingüísticos relacionados con el movimiento. Desde el punto de vista cognitivo, se evidencian diferencias en el procesamiento de información en las personas con vértigo en los dominios cognitivos de memoria, atención, habilidades visoespaciales y funciones ejecutivas.

En el aspecto clínico el estudio sugiere valorar el aspecto emocional con escalas de ansiedad y depresión para establecer la relación directa con el vértigo. Así mismo se recomienda valorar el lenguaje de este grupo de personas y la posible evolución de su deterioro.

## **8.Limitaciones y perspectivas futuras**

El vértigo se considera como una de las enfermedades que generan mayor discapacidad. El profundizar en sus relaciones con otras áreas, en este caso cognitivas, permite ampliar

la comprensión del fenómeno dejando de considerarlo como un síntoma aislado de manifestación únicamente relacionada con el sistema vestibular. Esto sin duda permitirá ampliar el rango para su diagnóstico y tratamiento.

El presente estudio se vio afectado por la situación de pandemia por COVID-19 en el año 2020, lo que impidió tener un mayor número de participantes en el Grupo Control. Dada la homogeneidad que se observa en controles, se tomó la decisión de realizar el análisis de esta forma, en espera de que al normalizarse la situación, pueda completarse el grupo y verificar los resultados. Así mismo, se espera incluir un grupo control de personas jóvenes que permita corroborar los hallazgos.

De igual forma, en otros estudios se podría incluir un grupo poblacional el cual se encuentre en una etapa aguda de vértigo, con el fin de explorar estos hallazgos en situaciones donde la compensación no está instaurada.

Los resultados de este estudio tienen amplias implicaciones clínicas por cuanto aportan a la identificación de metodologías novedosas y complementarias para el diagnóstico de alteraciones vestibulares, especialmente en etapas tempranas o en aquellos casos en los cuales no se cumplen todos los criterios para un diagnóstico mediante las pruebas tradicionales. El contar con mayor evidencia sobre las características del procesamiento online contribuye a mejorar los procesos de caracterización de las alteraciones cognitivas y del lenguaje, así como la medición de la progresión de estas condiciones.

## A. Anexo 1: Dizziness Handicap Inventory (DHI)

Este cuestionario estableció el nivel de percepción de discapacidad del vértigo mediante una calificación cualitativa que corresponde a tres aspectos evaluados por la persona. La percepción desde lo emocional, funcional y físico donde cada uno es calificado por medio de una escala que los cualifica en: a) ausencia de discapacidad b) Discapacidad moderada c) discapacidad severa (Jacobson & Newman, 1990).

### ASPECTO EMOCIONAL

---

¿Se siente frustrado o limitado debido a sus síntomas?

---

¿Le causa temor salir de su casa sin tener quien lo acompañe debido a sus síntomas?

---

¿Ha decaído su ánimo frente a otros por sus síntomas?

---

¿Teme que la gente pueda pensar que está ebrio o borracho, debido a sus síntomas?

---

¿Es difícil para Ud. Concentrarse debido a sus síntomas?

---

¿Teme quedarse sólo en casa debido a sus síntomas?

---

¿Se siente discapacitado debido a sus síntomas?

---

¿Ha tenido dificultades en sus relaciones con miembros de su familia o amigos debido a sus síntomas?

---

¿Ha decaído su ánimo debido a sus síntomas?

---

### ASPECTO FUNCIONAL

---

¿Evita realizar viajes debido a sus síntomas?

---

¿Tiene dificultad para acostarse y levantarse de la cama debido a sus síntomas?

---

¿Sus síntomas le impiden notablemente participar en actividades sociales como salir a comer, ir a cine, o a fiestas?

---

¿Presenta dificultades para leer debido a sus síntomas?

---

¿Evita las alturas debido a sus síntomas?

---

¿Es difícil para Ud. Realizar trabajos domésticos o de jardinería debido a sus síntomas?

---

¿Es difícil caminar sin ayuda debido a sus síntomas?

---

¿Es difícil caminar por su casa en la oscuridad debido a sus síntomas?

---

¿Su trabajo o las responsabilidades de su casa se ven afectados por sus síntomas?

---

### **ASPECTO FISICO**

¿Cuándo mira hacia arriba se incrementan sus síntomas?

---

¿Al caminar por el pasillo de un supermercado se incrementan sus síntomas?

---

¿El realizar actividades como deportes o tareas domésticas (barrer o guardar los platos), incrementa sus síntomas?

---

¿Hacer movimientos rápidos de su cabeza, incrementa sus síntomas?

---

¿Cuándo se voltea o cuando se da vuelta en la cama se incrementan sus síntomas?

---

¿Al caminar por el andén incrementa sus síntomas?

---

¿Al inclinarse o al agacharse se incrementan sus síntomas?



## Bibliografía

- Abernethy, B. (1988). Dual-task methodology and motor skills research: some applications and methodological constraints. *Journal of human movement studies*, 14(3), 101-132.
- Aedo Sánchez, C., Collao, J. P., & Délano Reyes, P. (2016). Anatomía, fisiología y rol clínico de la corteza vestibular. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 76(3), 337-346.
- Angelaki, D. E., Klier, E. M., & Snyder, L. H. (2009). A vestibular sensation: probabilistic approaches to spatial perception. *Neuron*, 64(4), 448-461.
- Awh, E., & Jonides, J. (2001). Overlapping mechanisms of attention and spatial working memory. *Trends in cognitive sciences*, 5(3), 119-126.
- Baddeley, A. D. (2002). Is working memory still working? *European psychologist*, 7(2), 85.
- Barin, K., Jefferson, G. D., Sparto, P. J., & Parnianpour, M. (1997). Effect of aging on human postural control during cognitive tasks. *Biomedical sciences instrumentation*, 33, 388-393.
- Barsalou, L. W. (2009). Simulation, situated conceptualization, and prediction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1521), 1281-1289.
- Bell, C. (1823). XV. On the motions of the eye, in illustration of the uses of the muscles and nerves of the orbit. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*(113), 166-186.
- Berwick, R. C., Friederici, A. D., Chomsky, N., & Bolhuis, J. J. (2013). Evolution, brain, and the nature of language. *Trends in cognitive sciences*, 17(2), 89-98.
- Bigelow, R. T., Semenov, Y. R., du Lac, S., Hoffman, H. J., & Agrawal, Y. (2016). Vestibular vertigo and comorbid cognitive and psychiatric impairment: the 2008 National Health Interview Survey. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 87(4), 367-372.
- Bigelow, R. T., Semenov, Y. R., Trevino, C., Ferrucci, L., Resnick, S. M., Simonsick, E. M., . . . Agrawal, Y. (2015). Association between visuospatial ability and vestibular function in the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Journal of the American Geriatrics Society*, 63(9), 1837-1844.
- Bocanegra, Y., García, A. M., Lopera, F., Pineda, D., Baena, A., Ospina, P., . . . Cuetos, F. (2017). Unspeakable motion: Selective action-verb impairments in Parkinson's disease patients without mild cognitive impairment. *Brain and language*, 168, 37-46. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bandl.2017.01.005>
- Bocanegra, Y., García, A. M., Pineda, D., Buriticá, O., Villegas, A., Lopera, F., . . . Trujillo, N. (2015). Syntax, action verbs, action semantics, and object semantics in Parkinson's disease: Dissociability, progression, and executive influences. *Cortex*, 69, 237-254.
- Brandt, T., & Dieterich, M. (1999). The vestibular cortex: its locations, functions, and disorders. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 871(1), 293-312.

- Brandt, T., Schautzer, F., Hamilton, D. A., Brüning, R., Markowitsch, H. J., Kalla, R., . . . Strupp, M. (2005). Vestibular loss causes hippocampal atrophy and impaired spatial memory in humans. *Brain*, *128*(11), 2732-2741.
- Brunyé, T. T., & Taylor, H. A. (2008). Working memory in developing and applying mental models from spatial descriptions. *Journal of Memory and Language*, *58*(3), 701-729.
- Cardona, J. F., Gershanik, O., Gelormini-Lezama, C., Houck, A. L., Cardona, S., Kargieman, L., . . . Manes, F. (2013). Action-verb processing in Parkinson's disease: new pathways for motor-language coupling. *Brain Structure and Function*, *218*(6), 1355-1373.
- Carmona, S., & Asprella Libonati, G. (2013). Una aproximación fisiopatológica a la evaluación clínica del paciente con vértigo. *Neuro-otología. 3a ed. Buenos Aires: Librería Akadia editorial*, 19-25.
- Carter, B. T., & Luke, S. G. (2020). Best practices in eye tracking research. *International Journal of Psychophysiology*.
- Christou, S., Guerra, E., Coloma, C. J., Andreu Barrachina, L., Araya, C., Rodríguez-Ferreiro, J., . . . Sanz-Torrent, M. (2020). Real time comprehension of Spanish articles in children with developmental language disorder: Empirical evidence from eye movements. *Journal of Communication Disorders*, *87*, 106027. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2020.106027>
- Clarke, A. D., Mahon, A., Irvine, A., & Hunt, A. R. (2017). People are unable to recognize or report on their own eye movements. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *70*(11), 2251-2270.
- Coelho, A. R., Perobelli, J. L. L., Sonobe, L. S., Moraes, R., Barros, C. G. d. C., & Abreu, D. C. C. d. (2020). Severe dizziness related to postural instability, changes in gait and cognitive skills in patients with chronic peripheral vestibulopathy. *International archives of otorhinolaryngology*, *24*(1), e99-e106.
- Cohen, H. S. (2000). Vestibular disorders and impaired path integration along a linear trajectory. *Journal of Vestibular Research*, *10*(1), 7-15.
- Cousins, K. A. Q., Ash, S., & Grossman, M. (2018). Production of verbs related to body movement in amyotrophic lateral sclerosis (ALS) and Parkinson's Disease (PD). *Cortex*, *100*, 127-139. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.08.030>
- Culbertson, W. C., & Zillmer, E. (2001). *Tower of London-Drexel University (TOLDX)*: Multi-Health Systems.
- Dove, G. (2011). On the need for embodied and dis-embodied cognition. *Frontiers in Psychology*, *1*, 242.
- Duarte, L. (2017). *Lenguaje, memoria y habilidades visuoespaciales en el envejecimiento normal: Datos normativos con la batería neuronorma colombiana*. (Maestría en Psicología), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Espitia, A. (2017). *Funciones ejecutivas en el envejecimiento normal: Datos normativos con la batería Neuronorma. Colombia*. (Maestría en Psicología Tesis de Maestría), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Fernandino, L., Conant, L. L., Binder, J. R., Bindauer, K., Hiner, B., Spangler, K., & Desai, R. H. (2013). Parkinson's disease disrupts both automatic and controlled processing of action verbs. *Brain and language*, *127*(1), 65-74.
- Ferreira, F., & Rehrig, G. (2019). Linearisation during language production: evidence from scene meaning and saliency maps. *Language, Cognition and Neuroscience*, *34*(9), 1129-1139. doi:10.1080/23273798.2019.1566562
- Gaspelin, N., & Luck, S. J. (2018). The role of inhibition in avoiding distraction by salient stimuli. *Trends in cognitive sciences*, *22*(1), 79-92.
- Geschwind, N. (1974). Disconnexion syndromes in animals and man *Selected papers on language and the brain* (pp. 105-236): Springer.

- Glenberg, A. M., & Gallese, V. (2012). Action-based language: A theory of language acquisition, comprehension, and production. *Cortex*, *48*(7), 905-922.
- Hansson, E. E., & Magnusson, M. (2013). Vestibular asymmetry predicts falls among elderly patients with multi-sensory dizziness. *BMC geriatrics*, *13*(1), 77.
- Hernández, L., Montañés, P., Gámez, A., Cano, C., & Núñez, E. (2007). Neuropsicología del envejecimiento normal. *Revista de la Asociación Colombiana de Gerontología y Geriátría*, *21*(1), 992-1004.
- Herrera, E., Bermúdez-Margaretto, B., Ribacoba, R., & Cuetos, F. (2015). The motor-semantic meanings of verbs generated by Parkinson's disease patients on/off dopamine medication in a verbal fluency task. *Journal of Neurolinguistics*, *36*, 72-78.
- Huang, M., Burgess, R., Weber, M., & Greenwald, N. F. (2006). Performance of balance impaired elders on three balance tests under two visual conditions. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, *29*(1), 3-7.
- Hüfner, K., Binetti, C., Hamilton, D. A., Stephan, T., Flanagin, V. L., Linn, J., . . . Jahn, K. (2011). Structural and functional plasticity of the hippocampal formation in professional dancers and slackliners. *Hippocampus*, *21*(8), 855-865.
- Hülse, R., Biesdorf, A., Hörmann, K., Stuck, B., Erhart, M., Hülse, M., & Wenzel, A. (2019). Peripheral Vestibular Disorders: An Epidemiologic Survey in 70 Million Individuals. *Otology & Neurotology*, *40*(1), 88-95.
- Ibáñez, A., Cardona, J. F., Dos Santos, Y. V., Blenkman, A., Aravena, P., Roca, M., . . . Gómez-Arévalo, G. (2013). Motor-language coupling: direct evidence from early Parkinson's disease and intracranial cortical recordings. *Cortex*, *49*(4), 968-984.
- ISAACS, B., & Kennie, A. T. (1973). The Set test as an aid to the detection of dementia in old people. *The British Journal of Psychiatry*, *123*(575), 467-470.
- Ishii, C., Nishino, L. K., & Campos, C. A. H. d. (2009). Vestibular characterization in the menstrual cycle. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, *75*(3), 375-380.
- Jacobson, G. P., & Newman, C. W. (1990). The development of the dizziness handicap inventory. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, *116*(4), 424-427.
- Jacobson, G. P., & Shephard, N. T. (2014). *Balance function assessment and management*: plural publishing.
- James, W. (1890). *The principles of psychology*, Vol. 2. NY, US: Henry Holt and Company.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort* (Vol. 1063): Citeseer.
- Kaplan, E., Goodglass, H., & Weintraub, S. (1986). *Test de vocabulario de Boston*: Médica Panamericana.
- Kargieman, L., Herrera, E., Baez, S., García, A. M., Dottori, M., Gelormini, C., . . . Ibáñez, A. (2014). Motor-Language Coupling in Huntington's Disease Families. *Frontiers in aging neuroscience*, *6*(122). doi:10.3389/fnagi.2014.00122
- Kelly, M. A., & Reitter, D. (2018). How Language Processing can Shape a Common Model of Cognition. *Procedia computer science*, *145*, 724-729.
- Kintsch, W. (1994). Text comprehension, memory, and learning. *American Psychologist*, *49*(4), 294.
- Koob, G. F., & Le Moal, M. (2008). Addiction and the brain antireward system. *Annu. Rev. Psychol.*, *59*, 29-53.
- Lacour, M., Dutheil, S., Tighilet, B., Lopez, C., & Borel, L. (2009). Tell me your vestibular deficit, and I'll tell you how you'll compensate. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1164*(1), 268-278.
- Lacour, M., Helmchen, C., & Vidal, P.-P. (2016). Vestibular compensation: the neuro-otologist's best friend. *Journal of neurology*, *263*(1), 54-64.

- Laczó, J., Andel, R., Nedelska, Z., Vyhnalek, M., Vlcek, K., Crutch, S., . . . Hort, J. (2017). Exploring the contribution of spatial navigation to cognitive functioning in older adults. *Neurobiology of aging*, *51*, 67-70.
- Lee, H.-W., Lim, Y.-H., & Kim, S.-H. (2020). Dizziness in patients with cognitive impairment. *Journal of Vestibular Research*, *30*, 17-23. doi:10.3233/VES-190686
- Lenggenhager, B., Mouthon, M., & Blanke, O. (2009). Spatial aspects of bodily self-consciousness. *Consciousness and cognition*, *18*(1), 110-117.
- Lenoble, Q., Corveleyn, X., Szaffarczyk, S., Pasquier, F., & Boucart, M. (2018). Attentional capture by incongruent object/background scenes in patients with Alzheimer disease. *Cortex*, *107*, 4-12. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.06.002>
- Lévêque, M., Seidermann, L., Ulmer, E., & Chays, A. (2009). Fisiología vestibular: bases anatómicas, celulares, inmunohistoquímicas y electrofisiológicas. *EMC-Otorrinolaringología*, *38*(4), 1-15.
- Levinson, S. C. (1996). Language and space. *Annual review of Anthropology*, *25*(1), 353-382.
- Lin, H. W., & Bhattacharyya, N. (2012). Balance disorders in the elderly: epidemiology and functional impact. *The Laryngoscope*, *122*(8), 1858-1861.
- Lohman, D. F., & Lakin, J. M. (2011). Intelligence and reasoning. *The Cambridge handbook of intelligence*, 419-441.
- Lopez, C., & Blanke, O. (2011). The thalamocortical vestibular system in animals and humans. *Brain research reviews*, *67*(1-2), 119-146.
- Lopez, C., Lacour, M., El Ahmadi, A., Magnan, J., & Borel, L. (2007). Changes of visual vertical perception: a long-term sign of unilateral and bilateral vestibular loss. *Neuropsychologia*, *45*(9), 2025-2037.
- Lupyan, G. (2016). The centrality of language in human cognition. *Language Learning*, *66*(3), 516-553.
- Manzey, D., Lorenz, B., Schiewe, A., Finell, G., & Thiele, G. (1993). Behavioral aspects of human adaptation to space analyses of cognitive and psychomotor performance in space during an 8-day space mission. *The clinical investigator*, *71*(9), 725-731.
- Medendorp, W. P., & Selen, L. J. (2017). Vestibular contributions to high-level sensorimotor functions. *Neuropsychologia*, *105*, 144-152.
- Miller, J., Brookie, K., Wales, S., Wallace, S., & Kaup, B. (2018). Embodied cognition: Is activation of the motor cortex essential for understanding action verbs? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *44*(3), 335-370. doi:10.1037/xlm0000451
- MSYPS. (2016). *Analisis de situación de la salud auditiva y comunicativa Convenio 519*.
- Nashner, L. M. (2014). Practical biomechanics and physiology of balance. *Balance function assessment and management*, 431.
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., . . . Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, *53*(4), 695-699.
- Neuhauser, H. K. (2007). Epidemiology of vertigo. *Current opinion in neurology*, *20*(1), 40-46.
- Oyarzún Díaz, P., Rivera Retamal, S., Jiménez Cofré, S., & Segura Pujol, H. (2020). Valores normativos para la ganancia del reflejo vértigo ocular obtenidos a través de test de impulso cefálico asistido por video: una revisión integrativa de la literatura. *Revista CEFAC*, *22*(6).
- Pecher, D., & Zwaan, R. A. (2005). The role of perception and action in memory, language, and thinking. *Grounding cognition. The role of perception and action in memory, language, and thinking*, 1-8.

- Pedraza, O. L., Salazar, A. M., Sierra, F. A., Soler, D., Castro, J., Castillo, P., . . . Piñeros, C. (2016). Confiabilidad, validez de criterio y discriminante del Montreal Cognitive Assessment (MoCA) test, en un grupo de adultos de Bogotá. *Acta Médica Colombiana*, 41(4), 221-228.
- Perlovsky, L. (2011). Language and cognition interaction neural mechanisms. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2011, 3.
- Perlovsky, L. I. (2007). Symbols: Integrated cognition and language *Semiotics and intelligent systems development* (pp. 121-151): IGI Global.
- Pompeiano, O., & Allum, J. H. (1988). *Vestibulospinal control of posture and locomotion* (Vol. 76): Elsevier.
- Popa, L., Selejan, O., Scott, A., Mureşanu, D. F., Balea, M., & Rafila, A. (2015). Reading beyond the glance: eye tracking in neurosciences. *Neurological Sciences*, 36(5), 683-688.
- Popp, P., Wulff, M., Finke, K., Rühl, M., Brandt, T., & Dieterich, M. (2017). Cognitive deficits in patients with a chronic vestibular failure. *Journal of neurology*, 264(3), 554-563.
- Postma, A., Kessels, R. P., & van Asselen, M. (2008). How the brain remembers and forgets where things are: The neurocognition of object–location memory. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32(8), 1339-1345.
- Pretz, J. E., Naples, A. J., & Sternberg, R. J. (2003). Recognizing, defining, and representing problems. *The psychology of problem solving*, 30(3).
- Pulvermüller, F. (2005). Brain mechanisms linking language and action. *Nature reviews neuroscience*, 6(7), 576.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., LaMantia, A.-S., & White, L. E. (2012). *Association Cortex and Cognition* (fifth edition ed.): Sinauer Associates, INC.
- Radvansky, G. A., & Zacks, J. M. (2014). *Event cognition*: Oxford University Press.
- Repetto, C., Colombo, B., Cipresso, P., & Riva, G. (2013). The effects of rTMS over the primary motor cortex: the link between action and language. *Neuropsychologia*, 51(1), 8-13.
- Rey, A. (1999). Test de copia y reproducción de memoria de figuras geométricas complejas [Copy and Reproduction of Complex Geometric Figures from Memory Test]. *Madrid, Spain: TEA editions*.
- Roberts, J. C., Cohen, H. S., & Sangi-Haghpeykar, H. (2011). Vestibular disorders and dual task performance: impairment when walking a straight path. *Journal of Vestibular Research*, 21(3), 167-174.
- Roland Lauren T, S. B. C. a. G. J. A. (2016). The Vertigo Case History *Balance Function Assessment and Management*, Gary P. Jacobson, Neil T. Shepard (Eds.), Plural Publishing Inc., San Diego, CA (2016),(12/31/2016), ISBN: 978-1-59756-547-9
- Plural Publisher.
- Roland, L. T., Sinks, B. C., & Goebel, J. A. (2014). *The vertigo case history* (G. J. a. N. Shepard Ed. second edition ed.). San Diego CA: Plural Publisher
- Roland, L. T., Sinks, B. C., Goebel, J. A., Shepard, G., & Jacobson, N. (2016). The vertigo case history. *Balance Function Assessment and Management. 2nd ed. San Diego, CA: Plural*, 163-208.
- Schall, A., & Bergstrom, J. R. (2014). Introduction to eye tracking *Eye tracking in user experience design* (pp. 3-26): Elsevier.

- Schautzer, F., Hamilton, D., Kalla, R., Strupp, M., & Brandt, T. (2003). Spatial memory deficits in patients with chronic bilateral vestibular failure. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1004(1), 316-324.
- Sebastián-Gallés, N. (2000). *LEXESP: Léxico informatizado del español*. Edicions Universitat Barcelona.
- Seemungal, B. M. (2015). The Components of Vestibular Cognition—Motion Versus Spatial Perception. *Multisensory research*, 28(5-6), 507-524.
- Seigneuric, A., Ehrlich, M.-F., Oakhill, J. V., & Yuill, N. M. (2000). Working memory resources and children's reading comprehension. *Reading and writing*, 13(1-2), 81-103.
- Shiller, D. M., Bourguignon, N., Frak, V., Nazir, T., Cadoret, G., Robert, M., & Lemay, M. (2013). Word-induced postural changes reflect a tight interaction between motor and lexico-semantic representations. *Neuroscience letters*, 555, 129-133.
- Smith, A. (1982). *Symbol digit modalities test*. Western Psychological Services Los Angeles, CA.
- Smith, P., & Zheng, Y. (2013). From ear to uncertainty: vestibular contributions to cognitive function. *Frontiers in integrative neuroscience*, 7, 84.
- Staab, J. P., Eckhardt-Henn, A., Horii, A., Jacob, R., Strupp, M., Brandt, T., & Bronstein, A. (2017). Diagnostic criteria for persistent postural-perceptual dizziness (PPPD): consensus document of the committee for the classification of vestibular disorders of the bárány society. *Journal of Vestibular Research*, 27(4), 191-208.
- Strauss, E., Sherman, E. M., & Spreen, O. (2006). *A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary*. American Chemical Society.
- Swanson, M. R., & Siller, M. (2013). Patterns of gaze behavior during an eye-tracking measure of joint attention in typically developing children and children with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(9), 1087-1096.
- Tamayo, F., Casals-Coll, M., Sánchez-Benavides, G., Quintana, M., Manero, R., Rognoni, T., . . . Peña-Casanova, J. (2012). Estudios normativos españoles en población adulta joven (Proyecto NEURONORMA jóvenes): normas para las pruebas span verbal, span visoespacial, Letter-Number Sequencing, Trail Making Test y Symbol Digit Modalities Test. *Neurología*, 27(6), 319-329.
- Taylor, H. A., & Brunyé, T. T. (2013). The cognition of spatial cognition: Domain-general within domain-specific *Psychology of learning and motivation* (Vol. 58, pp. 77-116): Elsevier.
- Van Elk, M., & Blanke, O. (2014). Imagined own-body transformations during passive self-motion. *Psychological research*, 78(1), 18-27.
- Vázquez, P. P., & Gutiérrez, V. F. (2018). La prueba calórica. *REVISTA ORL*, 9(3), 193-213.
- Weiskopf, D. A. (2010). Embodied cognition and linguistic comprehension. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 41(3), 294-304.
- Wiener, S. I., Berthoz, A., & Zugaro, M. B. (2002). Multisensory processing in the elaboration of place and head direction responses by limbic system neurons. *Cognitive brain research*, 14(1), 75-90.
- Wilson, V. J. (2013). *Mammalian vestibular physiology*. Springer Science & Business Media.
- Yuan, Q., Yu, L., Shi, D., Ke, X., & Zhang, H. (2015). Anxiety and depression among patients with different types of vestibular peripheral vertigo. *Medicine*, 94(5).
- Zwaan, R. A. (2004). The immersed experiencer: Toward an embodied theory of language comprehension. *Psychology of learning and motivation*, 44, 35-62.

- Abernethy, B. (1988). Dual-task methodology and motor skills research: some applications and methodological constraints. *Journal of human movement studies*, 14(3), 101-132.
- Adolphs, R., Tranel, D., & Damasio, A. R. (2003). Dissociable neural systems for recognizing emotions. *Brain and cognition*, 52(1), 61-69.
- Barsalou, L. W. (2009). Simulation, situated conceptualization, and prediction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1521), 1281-1289.
- Bigelow, R. T., Semenov, Y. R., Trevino, C., Ferrucci, L., Resnick, S. M., Simonsick, E. M., . . . Agrawal, Y. (2015). Association between visuospatial ability and vestibular function in the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Journal of the American Geriatrics Society*, 63(9), 1837-1844.
- Bocanegra, Y., García, A. M., Lopera, F., Pineda, D., Baena, A., Ospina, P., . . . Cuetos, F. (2017). Unspeakable motion: Selective action-verb impairments in Parkinson's disease patients without mild cognitive impairment. *Brain and language*, 168, 37-46. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2017.01.005>
- Bocanegra, Y., García, A. M., Pineda, D., Buriticá, O., Villegas, A., Lopera, F., . . . Trujillo, N. (2015). Syntax, action verbs, action semantics, and object semantics in Parkinson's disease: Dissociability, progression, and executive influences. *Cortex*, 69, 237-254.
- Brandt, T., & Dieterich, M. (1999). The vestibular cortex: its locations, functions, and disorders. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 871(1), 293-312.
- Coelho, A. R., Perobelli, J. L. L., Sonobe, L. S., Moraes, R., Barros, C. G. d. C., & Abreu, D. C. C. d. (2020). Severe dizziness related to postural instability, changes in gait and cognitive skills in patients with chronic peripheral vestibulopathy. *International archives of otorhinolaryngology*, 24(1), e99-e106.
- Damasio, A. R. (1989). The brain binds entities and events by multiregional activation from convergence zones. *Neural computation*, 1(1), 123-132.
- Donoso-Troncoso, S., & Novoa, I. (2019). Integración del sistema vestibular en los centros superiores. *Revista chilena de neuro-psiquiatría*, 57(1), 19-24.
- Dove, G. (2011). On the need for embodied and dis-embodied cognition. *Frontiers in Psychology*, 1, 242.
- Duarte, L. (2017). *Lenguaje, memoria y habilidades visuoestructurales en el envejecimiento normal: Datos normativos con la batería neuronorma colombiana*. (Maestría en Psicología), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Espitia, A. (2017). *Funciones ejecutivas en el envejecimiento normal: Datos normativos con la batería Neuronorma*. Colombia. (Maestría en Psicología Tesis de Maestría), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Frank, S. M., & Greenlee, M. W. (2018). The parieto-insular vestibular cortex in humans: more than a single area? *Journal of neurophysiology*, 120(3), 1438-1450.

- Gallese, V., & Cuccio, V. (2018). The neural exploitation hypothesis and its implications for an embodied approach to language and cognition: Insights from the study of action verbs processing and motor disorders in Parkinson's disease. *Cortex*.
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, 119(2), 593-609.
- Indovina, I., Riccelli, R., Chiarella, G., Petrolo, C., Augimeri, A., Giofrè, L., . . . Passamonti, L. (2015). Role of the insula and vestibular system in patients with chronic subjective dizziness: an fMRI study using sound-evoked vestibular stimulation. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9, 334.
- Jacobson, G. P., & Newman, C. W. (1990). The development of the dizziness handicap inventory. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 116(4), 424-427.
- Jacobson, G. P., & Shephard, N. T. (2014). *Balance function assessment and management*: plural publishing.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort* (Vol. 1063): Citeseer.
- Kargieman, L., Herrera, E., Baez, S., García, A. M., Dottori, M., Gelormini, C., . . . Ibáñez, A. (2014). Motor-Language Coupling in Huntington's Disease Families. *Frontiers in aging neuroscience*, 6(122). doi: 10.3389/fnagi.2014.00122
- Kemmerer, D. (2006). Action verbs, argument structure constructions, and the mirror neuron system. *Action to language via the mirror neuron system*, 347-373.
- Lacour, M., Dutheil, S., Tighilet, B., Lopez, C., & Borel, L. (2009). Tell me your vestibular deficit, and I'll tell you how you'll compensate. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1164(1), 268-278.
- Lacour, M., Helmchen, C., & Vidal, P.-P. (2016). Vestibular compensation: the neuro-otologist's best friend. *Journal of neurology*, 263(1), 54-64.
- Lopez, C., Blanke, O., & Mast, F. (2012). The human vestibular cortex revealed by coordinate-based activation likelihood estimation meta-analysis. *Neuroscience*, 212, 159-179.
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., . . . Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), 695-699.
- Oyarzún Díaz, P., Rivera Retamal, S., Jiménez Cofré, S., & Segura Pujol, H. (2020). Valores normativos para la ganancia del reflejo vestibulo ocular obtenidos a través de test de impulso cefálico asistido por video: una revisión integrativa de la literatura. *Revista CEFAC*, 22(6).
- Pedraza, O. L., Salazar, A. M., Sierra, F. A., Soler, D., Castro, J., Castillo, P., . . . Piñeros, C. (2016). Confiabilidad, validez de criterio y discriminante del Montreal Cognitive Assessment (MoCA) test, en un grupo de adultos de Bogotá. *Acta Médica Colombiana*, 41(4), 221-228.
- Popp, P., Wulff, M., Finke, K., Rühl, M., Brandt, T., & Dieterich, M. (2017). Cognitive deficits in patients with a chronic vestibular failure. *Journal of neurology*, 264(3), 554-563.



- Pulvermüller, F. (2005). Brain mechanisms linking language and action. *Nature reviews neuroscience*, 6(7), 576.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., LaMantia, A.-S., & White, L. E. (2012). *Association Cortex and Cognition* (fifth edition ed.): Sinauer Associates, INC.
- Rey, A. (1999). Test de copia y reproducción de memoria de figuras geométricas complejas [Copy and Reproduction of Complex Geometric Figures from Memory Test]. *Madrid, Spain: TEA editions*.
- Saygin, A. P., Wilson, S. M., Hagler, D. J., Bates, E., & Sereno, M. I. (2004). Point-light biological motion perception activates human premotor cortex. *Journal of neuroscience*, 24(27), 6181-6188.
- Schindler, A., & Bartels, A. (2018). Integration of visual and non-visual self-motion cues during voluntary head movements in the human brain. *Neuroimage*, 172, 597-607.
- Sebastián-Gallés, N. (2000). *LEXESP: Léxico informatizado del español*: Edicions Universitat Barcelona.
- Shiller, D. M., Bourguignon, N., Frak, V., Nazir, T., Cadoret, G., Robert, M., & Lemay, M. (2013). Word-induced postural changes reflect a tight interaction between motor and lexico-semantic representations. *Neuroscience letters*, 555, 129-133.
- Simmons, W. K., & Barsalou, L. W. (2003). The similarity-in-topography principle: Reconciling theories of conceptual deficits. *Cognitive neuropsychology*, 20(3-6), 451-486.
- Smith, A. (1982). *Symbol digit modalities test*: Western Psychological Services Los Angeles, CA.
- Staab, J. P., Eckhardt-Henn, A., Horii, A., Jacob, R., Strupp, M., Brandt, T., & Bronstein, A. (2017). Diagnostic criteria for persistent postural-perceptual dizziness (PPPD): consensus document of the committee for the classification of vestibular disorders of the bány society. *Journal of Vestibular Research*, 27(4), 191-208.
- Tamayo, F., Casals-Coll, M., Sánchez-Benavides, G., Quintana, M., Manero, R., Rognoni, T., . . . Peña-Casanova, J. (2012). Estudios normativos españoles en población adulta joven (Proyecto NEURONORMA jóvenes): normas para las pruebas span verbal, span visuoespacial, Letter-Number Sequencing, Trail Making Test y Symbol Digit Modalities Test. *Neurología*, 27(6), 319-329.
- Tomasello, M. (2011). Human culture in evolutionary perspective.
- Vázquez, P. P., & Gutiérrez, V. F. (2018). La prueba calórica. *REVISTA ORL*, 9(3), 193-213.
- Wu, D., & Chatterjee, A. (2004). Neural substrates of the path and manner of movement: TU 332. *Neuroimage*, 22.
- Yuan, Q., Yu, L., Shi, D., Ke, X., & Zhang, H. (2015). Anxiety and depression among patients with different types of vestibular peripheral vertigo. *Medicine*, 94(5).
- Zwaan, R. A. (2004). The immersed experienter: Toward an embodied theory of language comprehension. *Psychology of learning and motivation*, 44, 35-62.

