



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

# **Funcionamiento ejecutivo en niñas y niños: asociación con el ambiente de desarrollo y diseño de videojuegos de estimulación cognitiva**

Tesis de Maestría presentada al Programa de Posgrado en Ciencias Cognitivas, Universidad de la República, Uruguay, 2022

Aspirante: Lic. Carina Aldecosea Baeza

Directora de Tesis: Dra. Verónica Nin

Directora académica: Dra. Alejandra Carboni

Tribunal:

Dra. Camila Zugarramurdi

Dr. Fernando González

Dr. Federico Giovanneti

Montevideo - Uruguay  
Octubre de 2022

## **Agradecimientos**

A la Comisión Académica de Posgrados, que financió el trabajo de maestría, permitiendo que la ciencia sea mi herramienta laboral.

A el CIBPsi, que me abrió sus puertas sin dudarlo y me dio un lugar donde ejercer. Al grupo de compañeros y colegas, que me acompañaron en las tareas diarias.

A Verónica Nin, a quien le agradezco su compromiso en el rol de orientadora, dejándome grandes enseñanzas.

A Melina Vladisauskas y Andrea Goldin, quienes me tomaron como parte del equipo de Mate Marote durante el desarrollo de los juegos y tareas.

A los miembros del tribunal, cuyos comentarios enriquecen el producto final.

A mi familia y amigos, quienes me apoyaron en este viaje y me dieron la fuerza para llegar a destino.

A Agustín Pardo, mi compañero, mi sostén y motor. Gracias por desafiarme a seguir mi camino, sorteando a mi lado las dificultades que se fueron presentando.

## Resumen

Desde hace dos décadas un número creciente de publicaciones dan cuenta de una asociación entre el neurodesarrollo cognitivo y el nivel socioeconómico (NSE). Las Funciones Ejecutivas (FE), una serie de procesos que permiten la autorregulación de la conducta en aras de alcanzar objetivos en entornos novedosos, es uno de los aspectos de la cognición más afectados por la pobreza. Por otro lado, también existe evidencia que indica que es posible promover el desarrollo de las FE a través de actividades lúdicas, juegos y videojuegos. En esta tesis nos propusimos profundizar en la relación entre las características del hogar y el desempeño en tareas que requieren FE, desarrollar videojuegos cuya mecánica requiera de FE y evaluar los juegos en escuelas. Trabajamos con una población de 123 niños y niñas uruguayas que cursan primer año escolar, provenientes de escuelas de distinto nivel sociocultural. Encontramos, tal como esperábamos, que el NSE se asocia al desempeño en tareas que evalúan FE básicas. En relación a los juegos, reportamos las características de 5 juegos nuevos creados con una versión control y una versión que busca reclutar control inhibitorio y/o planificación. Evaluamos la jugabilidad en escuelas de contexto de vulnerabilidad social y con base en los resultados obtenidos proponemos una iteración adicional de ajuste de variables que resulten en una mejor jugabilidad. En conjunto, este trabajo aporta datos que profundizan el conocimiento sobre la relación entre las FE y el nivel socioeconómico y la posibilidad de promover su desarrollo mediante videojuegos.

Palabras clave: Funciones ejecutivas, primera infancia, desarrollo cognitivo, nivel socioeconómico, videojuegos

## Lista de Figuras

1. Estímulos presentados en la tarea <i>Go/NoGo</i>	34
2. Sucesión de pantallas presentadas durante un ensayo de prueba en la tarea <i>Go/NoGo</i>	35
3. Tasa de aciertos para ensayos <i>go</i> y <i>no go</i> en la tarea <i>Go/NoGo</i>	36
4. Tarea <i>Go/NoGo</i> . Media de errores cometidos al responder a un ensayo <i>go</i> , para el total de jugadores	37
5. Tasa de errores cometidos en ensayos <i>go</i> , separando por bloque de la tarea <i>Go/NoGo</i>	38
6. Sucesión de pantallas presentadas durante un ensayo en la tarea Simon, versión Auto	40
7. Tarea Simon. Boxplot de la tasa de aciertos según tipo de estímulo	41
8. Tarea Simon. Boxplot del RT medio (en milisegundos) según tipo de estímulo	42
9. Boxplot de la tasa de aciertos por bloque en la tarea Simon	43
10. Sucesión de pantallas presentadas durante un ensayo en la tarea <i>Stop Signal Task</i> , versión Pájaro	44
11. Estímulos presentados en las dos versiones de la tarea <i>Stop Signal Task</i>	45
12. Sucesión de pantallas presentadas durante un ensayo de práctica en la tarea Flechas, versión Lápiz	47
13. Sucesión de pantallas presentadas durante un ensayo en la tarea DCCS, versión Juguetes	48
14. Estímulos presentados en la tarea DCCS, versión Juguetes y versión Ajedrez	50
15. Cantidad de participantes por puntaje obtenido en la tarea DCCS según la propuesta de Zelazo (2013)	52
16. Sucesión de pantallas presentadas durante un ensayo de práctica en la tarea tipo Flor-Corazón, versión bicicleta	54
17. Tasa de aciertos por bloque en la tarea Flor-Corazón	56
18. Boxplot del tiempo de respuesta por bloque en la tarea Flor-Corazón	57
19. Boxplot del tiempo de respuesta según tipo de estímulo presentado en la tarea Flor-Corazón	57
20. Imagen representativa de la tarea Bloque de Corsi	59
21. Histograma de participantes por span alcanzado en la tarea Bloques de Corsi	60
22. Imagen representativa de la tarea ANT, ensayo de práctica	62
23. Boxplot de la tasa de aciertos por bloque en la tarea ANT	63
24. Boxplot del tiempo de respuesta por bloque en la tarea ANT	64
25. Boxplot de la mediana del tiempo de respuesta según tipo de estímulo y clave presentado, en la tarea ANT	65
26. Boxplot de la media de tasa de aciertos según tipo de estímulo y clave presentado, en la tarea ANT	66
27. Imagen representativa de la sucesión de pantallas en la tarea ToL, ensayo de práctica	68
28. Cantidad de participantes por nivel máximo alcanzado en la tarea ToL	69
29. Sucesión de pantallas en la tarea ToNI, ensayo de práctica	70
30. Cantidad de participantes por máxima cantidad de aciertos obtenidos en la tarea ToNI	71
31. Resultado de la asociación entre el desempeño en control inhibitorio y el NSE	73
32. Resultado de la asociación entre el desempeño en flexibilidad cognitiva y el NSE	75
33. Resultado de la asociación entre el desempeño en memoria de trabajo visoespacial y el NSE	76
34. Resultado de la asociación entre el NSE y las redes atencionales	78
35. Resultado de la asociación entre el desempeño en planificación y el NSE	80
36. Resultado de la asociación entre el desempeño en una tarea de inteligencia fluida y el NSE	81
37. Imagen de la pantalla de ingreso al subconjunto 2 de juegos	88

38. Imagen de un ensayo modelo del juego Huertas	89
39. Imágenes modelo de dos ensayos del juego Lombriz	92
40. Imágenes de los estímulos presentados en el juego Lombriz	94
41. Captura de pantalla del juego Cuerdas	96
42. Imagen representativa del juego Estantes	99
43. Modelo de ensayo del juego Espacial	102
44. Porcentaje de participantes, por número de sesiones que jugó para completar el juego Huerta	105
45. Porcentaje máximo de niveles alcanzado y número de sesiones jugadas por aquellos y aquellas participantes que no completaron el juego Huerta	106
46. Proporción de ensayos correctos sobre el total de ensayos, por nivel de juego que consiste en matriz de búsqueda sin elementos <i>no go</i> , en el juego Huerta	107
47. Imagen de dos ensayos modelo del juego Huertas subgrupo de matriz	108
48. Tiempo de respuesta medio (RT), diferenciando los tamaños de matriz, en el juego Huerta	109
49. Imagen de dos ensayos modelo del juego Huertas subgrupo obstáculo sobre target	110
50. Tiempo de respuesta medio (RT), para cada subgrupo según número de obstáculos presentes, en el juego Huerta	111
51. Imagen de tres ensayos modelo del juego Huertas subgrupo característica del distractor según el target	112
52. Tiempo de respuesta medio (RT), diferenciando las matrices según criterio de distractores, en el juego Huerta	113
53. Imagen de dos ensayos modelo del juego Huerta subgrupo elemento <i>no go</i>	114
54. Análisis de los niveles diferenciando las matrices según presencia de elemento <i>no go</i> , en el juego Huerta	114
55. Tasa de acierto por nivel en juego Lombriz, diferenciando los que jugaron a la versión control y a la versión estimulación	116
56. Porcentaje de ensayos perdidos por categoría de respuesta, según nivel del juego Lombriz versión control	118
57. Porcentaje de ensayos perdidos por categoría de respuesta, según nivel del juego Lombriz versión estimulación	119
58. Tasa de aciertos media para cada grupo por nivel de juego en Cuerdas	122
59. Porcentaje de ensayos perdidos por categoría de respuesta, según nivel del juego Cuerdas versión control	123
60. Porcentaje de ensayos perdidos por categoría de respuesta, según nivel del juego Cuerdas versión estimulación	124
61. Tasa de acierto por nivel en juego Estantes, diferenciando los que jugaron a la versión control y a la versión estimulación	126
62. Porcentaje de ensayos perdidos por categoría de respuesta, según nivel del juego Estantes versión control	127
63. Análisis de los niveles del subgrupo pintura en el juego Estantes	129
64. Análisis del tiempo de respuesta en los niveles estimulación del subgrupo pintura en el juego Estantes	130
65. Análisis de los niveles del subgrupo araña en el juego Estantes	131
66. Análisis de los niveles del subgrupo intermitentes en el juego Estantes	132
67. Imagen representativa de un nivel del juego Estantes versión estimulación	133
68. Imágenes del juego Espacial	135
69. Costo de completar el nivel medido según tasa de acierto en el juego Espacial	136

## Lista de Tablas

1. Estadística descriptiva de la muestra	30
2. Estadística descriptiva del NSE del hogar según quintil escolar	31
3. Tasa de aciertos media y desvío para el total de jugadores, separando por bloque de la tarea	51
4. Tasa de aciertos media y desvío para jugadores que completaron la tarea, separando por bloque	51
5. Resumen de los modelos lineales mixtos en las distintas redes atencionales medidas según RT: Red de Control Ejecutivo (CE) y Red de Alerta (Alerta)	79
6. Detalle de los elementos que componen cada nivel de dificultad del juego Huerta	90-92
7. Especificaciones de los niveles del juego Lombriz versión estimulación	95-96
8. Detalle de elementos incorporados en el juego Cuerdas versión estimulación	98-99
9. Detalle de elementos incorporados en el juego Estantes versión estimulación	101
10. Número de jugadores por sesión de jugo Huerta	104
11. Cantidad de jugadores por nivel en el juego Lombriz	115
12. Descripción de niveles 1-3 para la versión control y estimulación del juego Lombriz	117
13. Cantidad de jugadores por nivel en el juego Cuerdas, versión control y estimulación	121
14. Descripción de niveles 1-4 para la versión control y estimulación del juego Cuerdas	121-222
15. Cantidad de jugadores por nivel en juego Estantes	125
16. Descripción de niveles 1-6 para la versión control y estimulación del juego Estantes	128
17. Cantidad de jugadores por sesión para el juego Espacial	134
18. Cantidad de jugadores por grupo de niveles para el juego Espacial	135
19. Resultado de la Encuesta Opinión sobre los juegos	137

# Tabla de contenidos

<b>Resumen</b>	<b>3</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>4</b>
<b>Lista de Tablas</b>	<b>6</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>10</b>
<b>2 Marco Teórico</b>	<b>13</b>
2.1 Desarrollo cognitivo y primera infancia	13
2.2 Funciones ejecutivas	13
2.3 FE y rendimiento académico	17
2.4 FE y nivel socioeconómico del hogar	18
2.5 FE y parentalidad	20
2.6 FE y programas de estimulación	22
2.7 Objetivo general	25
2.8 Objetivos específicos	25
2.9 Hipótesis	26
<b>3 Metodología general</b>	<b>27</b>
3.1 Aspectos generales de la metodología de trabajo	27
3.2 Presentación de metodología de trabajo en los centros	27
3.3 Plan de análisis de datos	29
3.4 Análisis descriptivo de la muestra	29
<b>4 Desarrollo de las FE en relación al entorno de crianza</b>	<b>31</b>
4.1 Metodología de la evaluación del entorno de crianza	31
4.1.1 Evaluación del contexto socioeconómico del hogar	31
4.1.2 Evaluación de los estilos parentales	32
4.2 Metodología para el desarrollo de nuevas tareas de evaluación de las FE	33
4.3 Tareas desarrolladas para la evaluación de las funciones ejecutivas.	33
4.3.1 Tarea Go/NoGo	34
Descripción de la tarea Go/NoGo	34
Análisis descriptivo de la tarea Go/NoGo	35
Discusión de los resultados obtenidos con la tarea Go/NoGo	38
4.3.2 Tarea Simon	39
Descripción de la tarea Simon	39
Análisis descriptivo de la tarea Simon	41
Discusión de los resultados obtenidos con la tarea Simon	43
4.3.3 Stop signal Task	43
Descripción de la tarea Stop	43
Discusión de los resultados obtenidos con la tarea Stop	45
4.3.4 Tarea Flechas	45
Descripción de la tarea Flechas	45

Discusión de los resultados obtenidos con la tarea Flechas	47
4.3.5 Tarea Dimensional Change Card Sorting (DCCS)	47
Descripción de la tarea DCCS	47
Análisis descriptivo de la tarea DCCS	50
Discusión de los resultados obtenidos con la tarea DCCS	52
4.3.6 Discusión general del desarrollo de nuevas tareas de evaluación	53
4.4 Tareas de evaluación disponibles en la plataforma Mate Marote	53
4.4.1 Tarea tipo Flor-Corazón (FH)	53
Descripción de la tarea FH	53
Análisis descriptivo de la tarea FH	55
Discusión de los resultados obtenidos con la tarea FH	58
4.4.2 Bloques de Corsi	58
Descripción de la tarea Bloques de Corsi	58
Análisis descriptivo de la tarea Bloques de Corsi	59
Discusión de los resultados obtenidos con la tarea Bloques de Corsi	60
4.4.3 Tarea de Redes Atencionales (ANT)	60
Descripción de la tarea ANT	60
Análisis descriptivo de la tarea ANT	63
Discusión de los resultados obtenidos con la tarea ANT	66
4.4.4 Torre de Londres (ToL)	67
Descripción de la tarea ToL	67
Análisis descriptivo de la tarea ToL	68
Discusión de los resultados obtenidos con la tarea ToL	69
4.4.5 Test de Inteligencia No Verbal (ToNI)	69
Descripción de la tarea ToNI	69
Análisis descriptivo de la tarea ToNI	70
Discusión de los resultados obtenidos con la tarea ToNI	71
4.4.6 Consideraciones finales de las encuestas aplicadas y tareas evaluadas	71
4.5 Resultados: desarrollo de las FE en relación al nivel socioeconómico	72
4.5.1 Análisis estadístico	72
4.5.2 Control Inhibitorio	72
4.5.3 Flexibilidad Cognitiva	74
4.5.4 Memoria de trabajo	76
4.5.5 Redes atencionales	77
4.5.6 FE superiores (planificación e inteligencia fluída)	79
<b>5 Discusión de resultados de sección evaluación del desarrollo</b>	<b>83</b>
<b>6 Diseño de juegos control y de estimulación cognitiva</b>	<b>87</b>
6.1 Estrategia para el desarrollo de los juegos	87
6.2 Diseño del juego Huerta	89
6.3 Diseño del juego Lombriz	92
6.4 Diseño del juego Cuerdas	96
6.5 Diseño del juego Estantes	99
6.6 Diseño del juego Espacial	102

<b>7</b>	<b>Análisis de los juegos desarrollados</b>	<b>104</b>
7.1	Análisis del juego Huerta	104
7.2	Análisis del juego Lombriz	115
7.3	Análisis del juego Cuerdas	120
7.4	Análisis del juego Estantes	125
7.5	Análisis del juego Espacial	134
7.6	Opinión sobre los juegos	136
<b>8</b>	<b>Discusión de resultados del desarrollo de los juegos</b>	<b>139</b>
<b>9</b>	<b>Testeo del dispositivo en los centros educativos</b>	<b>142</b>
<b>10</b>	<b>Consideraciones finales</b>	<b>144</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>146</b>
	<b>Anexos</b>	<b>156</b>
Anexo 1	Hoja de información y formulario de consentimiento informado	156
Anexo 2	Encuesta Opiniones	158

# Capítulo 1

## Introducción

La primera infancia (definida según la UNESCO como el periodo comprendido entre el nacimiento y los 8 años de edad, UNESCO 1999) es una etapa de suma importancia para el desarrollo cerebral, marcada por una elevada plasticidad que determina que las experiencias tempranas se configuren como factores moduladores del neurodesarrollo (Garon, 2008; Ursache y Noble, 2016). Durante esta etapa, se observa que las funciones ejecutivas (FE) atraviesan un desarrollo muy pronunciado, asociado, como veremos, a la maduración de los sustratos biológicos que las subyacen. El contexto donde crecen los niños y las niñas impacta en el desarrollo cognitivo (Noble y Farah, 2013; Ursache y Noble, 2016). Esta asociación entre el contexto y el desarrollo cognitivo podría ser un elemento que da cuenta de la brecha en las pruebas de evaluación tempranas y desempeño académico asociado a la disparidad económica (Lipina et al., 2013; Sigman et al., 2014).

Actualmente informes de nuestro país destacan la situación de vulnerabilidad a la que está expuesta un sector de la población, estimando la incidencia de la pobreza en un 7.6%, lo que significa que de cada 1000 hogares, 76 se encuentran debajo de la línea de pobreza (INE, 2021). Este estudio reporta también un dato que nos resulta alarmante, la mayor incidencia de la pobreza se registra en niñas y niños menores de 6 años, comprendiendo un 21% de incidencia sobre el total de personas bajo la línea de pobreza (INE, 2021).

Si bien contamos con un amplio cuerpo de bibliografía que da cuenta del impacto del contexto de crianza en el desarrollo de las FE (Hackman y Farah, 2009; Lawson et al., 2018; Ursache y Noble, 2016), los datos provienen principalmente de poblaciones Norteamericanas y Europeas de clase media. Por este motivo entendemos necesario poder sumar a los aún escasos estudios locales, que contemplando las características particulares de nuestra población, nos permitan continuar construyendo conocimiento sobre el impacto de la pobreza en el desarrollo cognitivo.

Dada la importancia de las FE en el desarrollo cognitivo, resulta de gran relevancia la posibilidad de promover el funcionamiento ejecutivo a partir de programas de estimulación

durante los primeros años de educación formal, incluyendo educación inicial y primaria. Este período es una ventana de oportunidad para la intervención en el desarrollo de las FE gracias a que las redes neurales que las subyacen presentan una gran plasticidad. En este contexto surgió Mate Marote, una plataforma online de libre acceso que contiene videojuegos especialmente diseñados para estimular distintos procesos cognitivos (Goldin et al., 2013) con el objetivo de generar actividades que beneficien el desarrollo cognitivo, posibles de desplegarse en contextos de clase y el hogar, y con impacto social (Hermida et al., 2010).

En nuestro país, la implementación del Plan Ceibal permitió que cada niño y niña que ingresa al sistema educativo público acceda a un dispositivo digital. Esta circunstancia resulta especialmente atractiva para el diseño de programas de estimulación mediados por tabletas o computadoras.

En este trabajo proponemos aportar conocimiento que profundice nuestro entendimiento entre las características del contexto en que crecen niños y niñas y el desarrollo de las FE en una población uruguaya cursando primer año escolar. El presente trabajo busca también enriquecer la plataforma Mate Marote con juegos nuevos y atractivos para la población objetivo, con la finalidad de promover el desarrollo cognitivo en las poblaciones más vulnerables.

Este documento se organiza en 10 capítulos. A continuación de este primer capítulo con una breve introducción sigue el capítulo 2 en el que expondremos el marco teórico en el cual nos basamos para realizar esta investigación, así como los objetivos e hipótesis. En el capítulo 3 se presentan los aspectos generales de la metodología de trabajo. Los resultados junto con la metodología específica asociada serán presentados en tres capítulos independientes, agrupados en dos secciones. En la primera sección, el capítulo 4 presenta los resultados de la relación entre las características del entorno de crianza y las FE. En el capítulo 5 discutiremos los resultados obtenidos. La segunda sección, compuesta por los capítulos 6, 7, 8 y 9, consiste en el diseño de juegos computarizados para la promoción del desarrollo cognitivo, y el testeo de los juegos en el aula. El capítulo 6 presenta el desarrollo técnico de los juegos de estimulación de control inhibitorio, flexibilidad cognitiva y planificación. Seguiremos con el capítulo 7, presentando los resultados descriptivos del uso de los juegos por las y los participantes. En el capítulo 8, discutiremos los resultados obtenidos en los capítulos 6 y 7.

Finalizamos la segunda sección con el capítulo 9, presentando los resultados y discusión del testeo del dispositivo en los centros. Cerraremos el documento de tesis, en el capítulo 10, con las consideraciones finales y perspectivas a futuro.

## **Capítulo 2**

### **Marco Teórico**

#### **2.1 Desarrollo cognitivo y primera infancia**

Las propuestas contemporáneas de las Ciencias del Desarrollo proponen que el desarrollo en general y el cognitivo en particular ocurre en múltiples niveles de análisis, desde el nivel biológico (como ser la actividad genética y la actividad neural) hasta el nivel contextual (como ser la cultura), que interactúan entre sí de forma dinámica durante el desarrollo del individuo (Zelazo et al., 2013). El estudio de los múltiples niveles de análisis nos acerca al concepto del desarrollo del individuo como un fenómeno multidimensional, donde los eventos que suceden en un nivel influyen en los restantes (Blair y Raver, 2012; Lerner, 2006). Entendiendo el desarrollo del individuo durante la primera infancia bajo este marco conceptual, encontramos que el contexto donde crece el niño o niña, incluyendo las características del hogar, el relacionamiento con los cuidadores y el contexto sociocultural, resulta clave para el desarrollo cognitivo.

Uno de los constructos que permite vincular los distintos niveles de análisis mencionados más arriba (neural, cognitivo y conductual) es el de Funciones Ejecutivas (FE) (Evans et al., 2021; Noble y Farah, 2013). Las FE son el conjunto de procesos cognitivos superiores implicados en el control consciente del pensamiento y las emociones, que subyacen a los comportamientos dirigidos a un objetivo (Davidson et al., 2006, Diamond y Ling, 2016; Zelazo et al., 2013). Varias redes neurales distribuidas principalmente en el lóbulo prefrontal subyacen al funcionamiento ejecutivo. El desarrollo de la corteza prefrontal y de las FE es particularmente rápido durante la primera infancia, estableciendo las bases fundacionales para el desarrollo de procesos cognitivos superiores hasta la edad adulta (Garon, 2008; Zelazo et al., 2016). En este sentido, estas funciones son centrales para la escolarización y logros escolares subsiguientes (Blair y Raver, 2016).

#### **2.2 Funciones ejecutivas**

El constructo de las FE ha sido abordado en múltiples investigaciones, donde encontramos diversas formas de conceptualizarlas y distintos abordajes metodológicos para su evaluación.

Uno de los trabajos claves en la conceptualización de las FE es el de Miyake y colaboradores (Miyake et al., 2000). En este estudio, mediante un análisis factorial confirmatorio, los autores identificaron los procesos cognitivos que participan en la resolución de tareas frecuentemente utilizadas para evaluar FE. A partir del análisis los autores proponen un modelo procesual tripartito, es decir, que las FE pueden ser parcialmente dissociadas en los siguientes tres componentes: control inhibitorio, memoria de trabajo, y flexibilidad cognitiva.

Diamond (2013) continúa elaborando la propuesta de Miyake, esta autora plantea que estos componentes, a los que clasifica como FE básicas, sostienen a las funciones superiores, como son la planificación, el razonamiento y la resolución de problemas. Las FE básicas pueden ser así entendidas como los bloques constitucionales que sostienen el desarrollo de procesos cognitivos más complejos (Diamond y Ling, 2016). A continuación describimos los componentes de las FE básicas según la propuesta de Diamond (2013), y los correlatos neurales a los que se asocian estas funciones.

### Control inhibitorio

El control inhibitorio es la capacidad de inhibir impulsos, distractores y respuestas automatizadas para generar comportamientos regulados (Zelazo et al., 2016). Implica sobreponerse a una predisposición interna que conduce a una respuesta rápida, automática e irreflexiva para responder de forma adecuada o necesaria según el entorno. Esta capacidad permite elegir cómo reaccionar y comportarse, en lugar de simplemente actuar según impulsos y respuestas condicionadas (Diamond, 2013; Diamond y Ling, 2015). El componente de control inhibitorio está relacionado con la corteza orbitofrontal (Aron et al., 2004). El control inhibitorio tiene un rápido desarrollo en la primera infancia, que se continúa durante la etapa escolar media. Sin embargo, algunos estudios reportan una mejora en el componente de control inhibitorio hasta edades adultas tempranas (Best y Miller, 2010; Karbach y Unger, 2014).

### Memoria de Trabajo

La memoria de trabajo es el conjunto de procesos que permiten sostener temporalmente las representaciones mentales para ser utilizadas en el pensamiento y la acción (Klaus et al., 2018). La memoria de trabajo permite trabajar con información que no está perceptualmente

presente para la resolución de un problema. La memoria de trabajo implica un sistema de múltiples componentes que permiten utilizar información de eventos pasados para la toma de decisiones futuras; integrar información de eventos para obtener principios generales; considerar alternativas; así como también, permite la comprensión de un texto al mantener e integrar la información dada en los sucesivos párrafos (Diamond, 2013; Zelazo et al., 2016). A diferencia de la memoria de trabajo, la memoria a corto plazo permite retener la información en la memoria, sin manipularla. Ambos procesos se sostienen en subsistemas neurales diferentes. Mientras que la memoria de trabajo se sostiene en la corteza prefrontal dorsolateral, la memoria a corto plazo se sostiene en la corteza prefrontal ventromedial (Diamond, 2013). El componente de memoria de trabajo surge en etapas tempranas del desarrollo (9-12 meses de edad) y continúa su maduración de forma lenta y progresiva (Diamond, 2013).

### Flexibilidad cognitiva

La flexibilidad cognitiva es la capacidad de alternar entre tareas, objetivos o estados mentales. Consiste en la capacidad de abordar un problema desde distintas aristas, mediante el cambio de perspectiva, cambio de ideas previas y flexibilidad para ajustar la respuesta a consignas cambiantes (Zelazo et al., 2016). En relación a los otros componentes, la flexibilidad cognitiva surge de forma más tardía, y continúa su desarrollo hasta la adolescencia (Diamond, 2013). Aunque las niñas y niños de 3 años pueden clasificar correctamente elementos según una categoría determinada, recién entre los 3 y 5 años desarrollan la capacidad de alternar entre criterios de clasificación distintos (Doebel y Zelazo, 2015). El rendimiento en pruebas de flexibilidad cognitiva, conforme se da el desarrollo de este componente, continúa mejorando a edades más avanzadas para tareas más complejas y mayor número de reglas simultáneas (Karch y Unger, 2014). La capacidad de actuar con flexibilidad cognitiva requiere además control inhibitorio y memoria de trabajo, debido a que implica la capacidad de inhibir la perspectiva previamente dominante, y la capacidad de retener una nueva perspectiva en la mente (Davidson et al., 2006; Diamond et al., 2013). Respecto a las bases neurales que sostienen este componente, encontramos que la flexibilidad cognitiva se relaciona con la corteza prefrontal medial (Crone et al., 2006).

### Funciones ejecutivas superiores (planificación, razonamiento y resolución de problemas)

Las FE básicas constituyen la base sobre la que se desarrollan las FE superiores, que según la propuesta de Diamond incluye la resolución de problemas, la capacidad de planificación y de razonamiento (Diamond, 2013). La resolución de problemas se refiere al proceso que va desde el reconocimiento de un problema hasta alcanzar la solución. Puede ser deconstruido en las siguientes cuatro fases principales: representación del problema y sus posibles soluciones; selección de un plan de acción entre el abanico de posibilidades; ejecución del plan de acción; y finalmente, evaluación del plan, donde se da la detección y corrección de errores (Zelazo et al., 1997). La planificación es la habilidad de organizar el pensamiento y conducta en una secuencia determinada de pasos con el objetivo de alcanzar una meta. Requiere la formulación, evaluación y selección de una serie de pasos para lograr el objetivo deseado de manera eficaz. Implica organizar los pasos en un plan de acción, y ejecutarlo en el orden correcto, ajustando el plan en respuesta al entorno para poder cumplir con el objetivo establecido (Goldin et al., 2013; Owen, 1997). Por último, el razonamiento es la habilidad de sacar conclusiones a partir de hechos o premisas mediante procesos lógicos de carácter inductivo o deductivo. Este proceso se puede llevar a cabo tanto de forma tácita o implícita como de manera intencional o explícita (Evans y Over, 1996). Incluye la capacidad de extraer los patrones que subyacen a las analogías. El razonamiento junto con la resolución de problemas forman parte de la inteligencia fluida (Diamond, 2013).

### Modelo de redes atencionales

Si bien el modelo de FE presentado hasta ahora es ampliamente aceptado y utilizado, el modelo de redes atencionales propuesto por Posner y Petersen (1990) también es ampliamente citado en el área. El grupo de Posner ha aportado evidencia que sugiere la existencia de tres redes neurales asociadas a los aspectos de alerta, orientación, y control ejecutivo de la atención. El sistema de alerta se define como la capacidad de alcanzar y mantener un estado de alerta. Por otro lado, el sistema de orientación es la selección de información a partir de las entradas sensoriales. Finalmente, la red de control ejecutivo es la capacidad de resolución de conflictos entre respuestas (Fan et al., 2002; Posner y Petersen, 1990). La red de control ejecutivo de la atención se solapa parcialmente con el aspecto del control inhibitorio responsable de filtrar distractores. Dicho componente permite elegir

voluntariamente ignorar o inhibir la atención hacia un estímulo particular y atender a otros estímulos basándonos en la meta u objetivo (Diamond, 2013).

### **2.3 FE y rendimiento académico**

En lo que respecta al desempeño académico, las FE son predictoras de las habilidades de lectura y matemática, más aún que el coeficiente intelectual (Blair y Razza, 2007; Cragg et al., 2017; Monette et al., 2011). Si bien esta asociación ha sido sistemáticamente reportada, aún se discute sobre la implicancia de los distintos componentes de las FE en tal asociación. A continuación presentaremos algunos trabajos relevantes que dan cuenta de la asociación entre FE y rendimiento académico.

En primer lugar destaca el trabajo de Blair y Razza (2007), que evalúa las FE en una población preescolar cuyo ingreso familiar se encontraba bajo la línea de pobreza. Mediante el estudio de la asociación de los distintos componentes con las áreas de desempeño académico evaluadas, encontraron que el control inhibitorio se correlaciona consistentemente con el desempeño académico temprano asociado a habilidades matemáticas y lenguaje, mientras que la flexibilidad cognitiva se asocia únicamente con lenguaje. Si bien confirman la asociación de FE y rendimiento escolar, debemos tener presente que dichos autores no evaluaron el componente de memoria de trabajo.

Por otro lado, Monette y colaboradores (2011) buscaron determinar el rol de las FE (evaluadas en etapa preescolar) en el desempeño escolar temprano, esto es al completar el primer grado de escuela. Los resultados obtenidos mostraron que la memoria de trabajo se asocia de forma directa con habilidades matemáticas, mientras que tanto la memoria de trabajo como el control inhibitorio se asocian de forma indirecta con el desempeño en habilidades de lectoescritura.

En lo que se refiere a la asociación de las FE y el desempeño académico en etapas posteriores a la preescolar comenzaremos por presentar el trabajo de St Clair Thompson y Gathercole (2006). Dichos autores trabajaron con una población de niños que se encontraban cursando la transición del ciclo escolar y secundaria, donde evaluaron la medida en que las FE básicas contribuyen al desempeño académico (medido mediante los logros obtenidos en matemática,

ciencia e idioma Inglés). Replicando los resultados obtenidos por Blair y Razza (2007), los investigadores encontraron una asociación entre el control inhibitorio y el desempeño académico, pero a diferencia de los anteriores no encontraron tal asociación en el componente de flexibilidad cognitiva. Adicionalmente, dichos autores pudieron evidenciar una asociación del componente de memoria de trabajo con el desempeño en las áreas académicas evaluadas.

Finalmente, en un trabajo relativamente reciente Cragg y colaboradores (2017) estudiaron la asociación de las FE con el desempeño en habilidades matemáticas, evaluando un grupo de participantes de entre 8 y 25 años. Los resultados obtenidos por este grupo muestran una asociación entre las habilidades matemáticas y el desempeño en tareas que evalúan control inhibitorio y memoria de trabajo.

A modo de resumen, si bien estos trabajos utilizan una diversidad de metodologías de evaluación, así como también trabajan sobre poblaciones de distintas edades, en conjunto permiten sostener la existencia de una asociación de las FE con el desempeño académico (Borella et al., 2010; Cragg et al., 2017; Gathercole et al., 2004; St Clair Thompson y Gathercole, 2006).

## **2.4 FE y nivel socioeconómico del hogar**

El estudio del impacto de los contextos atravesados por la pobreza en los sistemas neurocognitivos es relativamente reciente. Uno de los varios factores que modulan el desarrollo cognitivo del individuo es el nivel socioeconómico (NSE) (Blair y Raza, 2007; Evans et al., 2021; Farah et al., 2006; Lawson et al., 2018; Lipina y Evers, 2017; Lipina et al., 2005; Lipina y Posner, 2012; Lipina et al., 2013; Mezzacappa, 2004; Raver et al., 2013; Ursache y Noble, 2016). Dentro de este cuerpo de conocimiento, destaca la investigación de Noble y colaboradores (2005). Con el objetivo de dilucidar qué aspectos del funcionamiento cognitivo se asocian al NSE, los autores emplearon una batería de tareas diseñadas para evaluar cinco sistemas neurocognitivos principales: cognición visual, procesamiento visoespacial, memoria, lenguaje y funcionamiento ejecutivo (utilizando tareas que miden control inhibitorio, flexibilidad cognitiva y memoria de trabajo visoespacial). Al comparar el desempeño entre grupos de niñas y niños según NSE encontraron diferencias significativas en los sistemas de lenguaje y funcionamiento ejecutivo. Este hallazgo, replicado posteriormente

por diversos autores (Hackman y Farah, 2009; Lawson et al., 2018; Ursache y Noble, 2016) sugiere que el NSE no impacta el desarrollo de todos los procesos cognitivos por igual. Destacamos también el trabajo regional de Lipina y colaboradores (2013), quienes realizaron la investigación basándose en una población de niñas y niños preescolares Argentinos, encontrando una asociación similar entre el NSE y el desempeño en tareas cognitivas.

A nivel nacional, el estudio recientemente realizado por Nin y colaboradores (2022) evaluó la asociación del contexto socioeconómico con el funcionamiento ejecutivo en una población de niños y niñas uruguayas que cursan nivel 5 de educación inicial. Los resultados sugieren que el desarrollo cognitivo se encuentra fuertemente asociado al contexto socioeconómico: el rendimiento en tareas de evaluación de control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, planificación e inteligencia fluida muestran una asociación con el NSE del hogar, donde a mayor índice de NSE encontramos un mejor desempeño en dichas tareas.

Por otro lado, estudios de imagenología han permitido comenzar a evidenciar una correlación entre la estructura neuroanatómica y funcional cerebral con el NSE del hogar (Farah, 2017; Noble et al., 2015). Estudios de resonancia magnética donde participaron niñas, niños y adolescentes de distinto contexto socioeconómico, encuentran efectos significativos del NSE en la estructura cerebral, principalmente en regiones asociadas al lenguaje, lectura, FE y habilidades espaciales (Noble et al., 2015). Por último, una revisión de Farah (2017) indica que la asociación entre NSE y FE es estable a lo largo de la infancia, no encontrando evidencia de un aumento en la brecha con el paso del tiempo, y tampoco un ajuste en el desarrollo (Farah, 2017). A pesar de los múltiples trabajos que abordan este estudio, debido a la diversidad de estrategias metodológicas utilizadas y la inconsistencia de algunos resultados, no es posible definir aún una huella precisa de la pobreza en la estructura del cerebro (Farah, 2017).

Si bien hay una clara asociación entre el desempeño en tareas que evalúan FE y el NSE, que se extiende a edades escolares y adultos (por una revisión ver Lawson et al., 2018), una serie de investigaciones se han enfocado en dilucidar los mecanismos por los cuales el NSE afecta el desarrollo de estas funciones. En este sentido, se propone que la respuesta fisiológica al estrés es un mecanismo biológico, o factor mediador, que vincula las características del ambiente con el desarrollo cognitivo (Blair et al., 2011).

La modulación de la respuesta fisiológica al estrés es un proceso de regulación alostérica que ajusta diversos parámetros biológicos del individuo a las demandas del contexto. Múltiples investigaciones indican que niñas y niños que crecen en condiciones de pobreza, o NSE bajo, presentan durante la primera infancia una fisiología de la respuesta al estrés elevada (Blair et al., 2011; Ursache y Noble, 2016). Esta adaptación del organismo a contextos de adversidades crónicas impide la regulación flexible de la respuesta al estrés (McEwen, 2000). Se postula que la actividad basal elevada de la fisiología del estrés puede ser así la base de dificultades en el funcionamiento ejecutivo, facilitando comportamientos reactivos y menos reflexivos. En términos adaptativos, estos comportamientos suponen un beneficio en el corto plazo pero potencialmente perjudicial a largo plazo (Blair y Raver, 2012).

Los estudios citados, que dan lugar a la conceptualización del impacto de la pobreza sobre el desarrollo conocido como “modelos de déficits” presentan dos limitaciones. En primer lugar, se posicionan desde una perspectiva donde las trayectorias de desarrollo de los niños y niñas de contexto socioeconómico medio-alto se asumen como normativas, una visión desafiada por las conceptualizaciones contemporáneas de la psicología del desarrollo (Frankenhuis y Nettle, 2020; Lerner, 2006). En segundo lugar, los estudios citados suelen comparar el rendimiento en tareas cognitivas entre grupos que se encuentran en los extremos de la distribución del NSE, por lo que pueden carecer de una granularidad que capture la diversidad de experiencias vitales asociadas al nivel socioeconómico. No obstante estas críticas, el enfoque de “déficits” ha contribuido a desenmascarar los efectos de la pobreza en el desarrollo cognitivo.

## **2.5 FE y parentalidad**

Como se mencionó con anterioridad, la primera infancia es una etapa del desarrollo fuertemente influenciada por el contexto de crianza. Dentro de las experiencias asociadas al contexto de crecimiento, los cuidados y los vínculos con los cuidadores primarios son esenciales para el desarrollo cognitivo (Johnson et al., 2016; Zelazo, 2016). En este sentido, estudios previos sugieren que el comportamiento parental modula el desarrollo de las FE (Blair et al., 2011; Fay Stambach et al., 2014; Valcan et al., 2018), siendo la fuerza y sentido de tal asociación no consistente en todos los trabajos (Valcan et al., 2018).

Dentro de la constelación de abordajes que conceptualizan los estilos de crianza encontramos dos marcos teóricos principales, el socioemocional y el instruccional (Pino-Pasternak y Whitebread, 2010). Dentro del marco socioemocional encontramos que la conceptualización clásica de los comportamientos parentales incluye calidez (soporte, afecto y estímulo), responsividad (respuestas adecuadas, oportunas y contingentes a las necesidades y sentimientos del niño o niña), y control (esfuerzo por controlar el comportamiento del niño o niña) (Baumrind, 1966). A pesar de que los distintos comportamientos producen efectos específicos en el desarrollo, frecuentemente son agrupados en comportamientos parentales positivos (calidez y responsividad) y comportamientos parentales negativos (control e intrusividad) (Blair et al., 2011).

En relación al abordaje instruccional, el comportamiento parental puede ser interpretado según las categorías de andamiaje (del inglés, *scaffolding*) y apoyo a la autonomía (del inglés, *autonomy support*). Andamiaje refiere a comportamientos orientados a brindar ayuda al niño/niña para abordar aspectos de los problemas que aún no logran completar independientemente, mientras que apoyo a la autonomía refiere a comportamientos que buscan fomentar la resolución independiente de problemas (Matte-Gagné y Bernier, 2011 en Valcan et al., 2018). Ambos comportamientos, andamiaje y apoyo a la autonomía, se agrupan en una única categoría denominada comportamientos parentales cognitivos (Valcan et al., 2018).

La revisión relativamente reciente de Valcan y colaboradores (2018), analiza resultados de 42 estudios (publicados entre el 2000 y el 2016) que vinculan el comportamiento parental con el desarrollo de las FE en la primera infancia. Este trabajo analiza el comportamiento parental a partir de las tres categorías referidas anteriormente: comportamientos parentales positivos, comportamientos parentales negativos y comportamientos parentales cognitivos. Estos autores encontraron una asociación entre rendimiento en tareas que evalúan FE y una mayor proporción de comportamientos parentales positivos y cognitivos, y una menor proporción de comportamientos parentales clasificados como negativos (Valcan et al., 2018). Adicionalmente, dichos autores sostienen que la asociación entre comportamiento parental y FE es moderada por la edad del niño o niña, siendo en los niños y niñas más pequeñas en los que se observa un tamaño del efecto mayor. De esta manera, la primera infancia es el periodo donde los comportamientos parentales cognitivos parecerían particularmente influir en el desarrollo de las FE (Valcan et al., 2018).

Otro enfoque en el estudio del comportamiento parental durante el desarrollo se basa en clasificar el comportamiento en estilos parentales saliendo de las categorías de parentalidad positiva y negativa. De acuerdo con la propuesta de Baumrind (1966) los comportamientos parentales reflejan uno de tres estilos característicos: estilo autoritativo, estilo autoritario y estilo permisivo. Trabajos posteriores sugieren la adición de un cuarto estilo, el estilo negligente (Maccoby y Martin, 1983). Los padres y madres con estilo parental autoritativo se caracterizan por guiar la actividad del niño o niña, basando la interacción en el diálogo y negociación. El estilo autoritativo se sostiene en el concepto de “Reciprocidad Jerárquica”, donde cada miembro de la familia tiene derechos y responsabilidades con respecto a los demás. Por su lado, el estilo parental autoritario se corresponde con padres y madres que utilizan medidas de castigo o fuerza para obtener la obediencia, donde el niño o la niña debe mantener un papel subordinado y restringir su autonomía. En este estilo de crianza no se facilita el diálogo entre padres/madres e hijos/hijas. Finalmente, el estilo parental permisivo es característico de padres afectuosos y atentos, pero que ejercen bajo control. Los padres y madres que ejercen este estilo de crianza proveen a sus hijos de gran autonomía, y evitan el uso de la autoridad, restricciones y castigo. Esta categorización de los estilos de crianza resulta atractiva para la presente tesis ya que la evaluación puede ser realizada mediante el cuestionario *Parenting styles and dimension questionnaire* (PSDQ; Robinson et al., 1995). Este cuestionario, a diferencia de la gran mayoría de las evaluaciones de parentalidad, no implica una instancia de observación del comportamiento de la diada padre/madre - niño/niña.

## **2.6 FE y programas de estimulación**

Como se señaló anteriormente las FE transitan un gran desarrollo durante la primera infancia, durante este período las regiones específicas del cerebro que son sustrato de las FE son especialmente susceptibles a la influencia del ambiente (Zelazo et al., 2016). Cabe aclarar también, que la plasticidad cortical prefrontal no se limita al periodo preescolar, encontrando evidencia de plasticidad de los circuitos neurales de las FE tanto en niñas y niños, como en adultos (Karbach y Unger, 2014; Zelazo et al., 2016).

Dada la importancia de las FE en el desarrollo de la capacidad de autorregulación, resulta de gran relevancia la posibilidad de promover el funcionamiento ejecutivo a partir de programas

de estimulación durante el período de educación inicial. Un concepto relevante para la evaluación de los programas de estimulación cognitiva es el de transferencia. La transferencia cercana refiere a mejoras en la habilidad cognitiva entrenada, mientras que el término transferencia lejana refiere a mejoras en habilidades cognitivas distintas a las entrenadas, incluyendo también aspectos más generales de la conducta (Jaeggi et al., 2017). Hay aún gran controversia sobre la eficacia en la transferencia lejana de distintas intervenciones, donde las metodologías, la edad de las y los participantes y la modalidad de evaluación son aspectos a tomar en cuenta al compararlas (Takacs y Kassai, 2019).

A la fecha se han empleado una diversidad de metodologías con el objetivo de estimular las FE. Takacs y Kassai (2019), en una meta-revisión reciente, comparan la evidencia acumulada sobre la eficacia de programas de intervención clasificando las distintas metodologías en las siguientes clases: entrenamiento explícito, programas de actividad física, diseño de currículas escolares, actividades artísticas, y enseñanza de estrategias para la autorregulación. El entrenamiento explícito refiere al entrenamiento de las FE mediante tareas que implican el uso de estas funciones (Takacs y Kassai, 2019), también referido por otros autores como entrenamiento cognitivo (Scionti et al., 2020).

El trabajo recién mencionado de Takacs y Kassai (2019), enfocado en niñas y niños entre 2 y 12 años de edad, encuentra un efecto significativo en el entrenamiento explícito de las FE y en enseñar nuevas estrategias para la autorregulación, no así en las otras modalidades. Estos resultados si bien confirman que es posible estimular las FE, los autores no encuentran evidencia suficiente para sostener un efecto de transferencia lejana. Los trabajos fueron clasificados en programas computarizados y no computarizados, encontrando el mismo efecto para ambas modalidades.

Profundizando en la bibliografía basada en modalidad de programas de entrenamiento explícito de las FE nos encontramos con resultados heterogéneos. Un metanálisis reciente (Sala y Gobet, 2020) sostiene que el entrenamiento en tareas que demandan únicamente el componente de memoria de trabajo muestra efectos de transferencia cercana, no así de transferencia a otros dominios. En contraposición, una investigación basada en el uso de una batería de entrenamiento de memoria de trabajo da evidencia de mejoras en la habilidad de lectura (transferencia lejana) (Buschkuehl et al., 2008 en Karbach y Unger, 2014). Por su parte, respecto a la estimulación del componente de flexibilidad cognitiva, encontramos

trabajos que evidencian una mejora en tareas novedosas, así como también en control inhibitorio, memoria de trabajo e inteligencia fluida (Buttelmann et al., 2017; Karbach y Kray, 2009). Una particularidad de estos trabajos es que se basan en un rango de edad amplio, tomando en un mismo grupo niñas y niños de primera infancia y adolescentes. Si bien estas revisiones consideran únicamente programas de entrenamiento explícito, trabajan con participantes desde la edad escolar temprana hasta la adolescencia.

La meta revisión de Scionti y colaboradores (2020), enfocada en la evaluación de programas de entrenamiento cognitivo de las FE en edades preescolares, encuentra evidencias contrapuestas. Por un lado, confirma el efecto significativo de la estimulación de las FE (transferencia cercana). En relación a los efectos de transferencia lejana, encuentran que son significativos con un tamaño de efecto similar a los de transferencia cercana (Scionti et al., 2020). Estos autores también encuentran un efecto del entrenamiento mayor en aquellos y aquellas participantes pertenecientes al NSE bajo.

Finalmente debemos destacar el trabajo de Goldin y colaboradores (2013). Mediante una intervención basada en un programa basado en videojuegos (utilizando la plataforma Mate Marote) que estimulan la memoria de trabajo y la planificación, reporta un efecto de transferencia cercana y a procesos no entrenados como inteligencia fluida y desempeño escolar. Un trabajo posterior del mismo grupo, señala que el entrenamiento en FE se transfieren a logros escolares, donde la intervención iguala el rendimiento académico de aquellos niños y niñas que asisten poco a la escuela, logrando notas escolares similares a la de los niños y niñas que asisten regularmente (Goldin et al., 2014; Goldin y López-Rosenfeld, 2016). Un aspecto relevante en el diseño de los juegos de estimulación de Mate Marote es que se adecuan al rendimiento del niño o niña mediante algoritmos adaptativos. Esto significa una adaptación continua del nivel de dificultad, donde las y los participantes comienzan en niveles sencillos y aumentan la dificultad a medida que logran superar las dificultades del nivel. A su vez, los juegos incorporan elementos de gamificación, que aumentan la motivación y disfrute de los jugadores (Mohammed et al., 2017). Esta plataforma cuenta también con tareas de evaluación, permitiendo a los investigadores generar programas de evaluación y estimulación dirigidos a estudiar la eficacia del entrenamiento (Nin et al., 2019).

En suma, a lo largo del marco teórico expuesto buscamos presentar evidencia actualizada sobre el impacto del contexto en el desarrollo cognitivo, específicamente de las FE. Entre la

diversidad de factores que modulan el desarrollo encontramos al NSE del hogar, las prácticas de crianza y las intervenciones que buscan estimular las FE. Respecto al primero, la evidencia sugiere que poblaciones pertenecientes a mayor NSE obtienen en tareas que evalúan FE un rendimiento mayor respecto a poblaciones pertenecientes a menor NSE, al ser evaluadas en contextos controlados de laboratorio. Siendo que el NSE no impacta el desarrollo de todos los procesos por igual, y dado que la gran mayoría de nuestro conocimiento procede de trabajos con poblaciones Europeas y Norteamericanas de clase media, entendemos que aún restan esfuerzos para caracterizar el impacto de la pobreza en el desarrollo de las FE en poblaciones uruguayas. A pesar de que múltiples investigaciones han demostrado la influencia de la crianza en el desarrollo, a la fecha no hay trabajos que reporten una asociación de los estilos parentales en el desarrollo de las FE y el NSE del hogar. Por último, repasamos brevemente la trayectoria de investigaciones enfocadas en la estimulación de las FE, resaltando los debates que aún persisten sobre la posibilidad de transferencia lejana de dicho entrenamiento, como ser a FE superiores, o aspectos más generales como el desempeño escolar.

## **2.7 Objetivo general**

En base a los puntos recién subrayados, nos proponemos aportar conocimiento que profundice nuestro entendimiento entre las características del contexto y el desarrollo de las FE en niñas y niños uruguayos que cursan primer año escolar. A su vez, nos proponemos aportar en el desarrollo de juegos de estimulación para sumar a la plataforma Mate Marote, siendo estos testeados en el aula.

## **2.8 Objetivos específicos**

1. Desarrollar nuevas tareas para evaluar las FE incorporadas en la plataforma Mate Marote.
2. Estudiar la asociación entre el NSE del hogar, los estilos parentales y el desempeño en tareas que requieren FE.
3. Desarrollar y testear juegos para la estimulación de FE.

## **2.9 Hipótesis**

- 1.** Hay una asociación entre el desempeño en tareas que requieren FE y el NSE del hogar; la magnitud de tal asociación es específica para cada función evaluada. Esperamos encontrar en aquellos y aquellas participantes que pertenecen a un NSE más elevado un rendimiento superior en tareas que evalúan control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo, planificación e inteligencia fluida, respecto a las y los participantes de menor NSE.
- 2.** Hay una asociación entre el desempeño en tareas que requieren FE y los estilos parentales. En este sentido, esperamos que aquellos y aquellas participantes cuyos responsables son categorizados con estilo parental autoritativo obtengan mayores puntajes en tareas de evaluación de las FE.
- 3.** Las niñas y los niños podrán jugar con los juegos desarrollados y presentados en la plataforma Mate Marote, alcanzando progresivamente niveles más avanzados de mayor demanda sobre las FE.

## **Capítulo 3**

### **Metodología general**

#### **3.1 Aspectos generales de la metodología de trabajo**

La primera fase del proyecto consistió en la evaluación cognitiva de las niñas y niños mediante una batería de tareas neuropsicológicas clásicas y la evaluación del contexto de desarrollo a partir de información proporcionada por las familias mediante formularios aplicados telefónicamente. Familias con hijos e hijas en primer grado escolar de escuelas públicas de Montevideo fueron invitadas a participar de este estudio. El presente trabajo se enmarca en el proyecto de Innovación Inclusiva “Desarrollo de las Funciones ejecutivas en la primera infancia: estrategias de estimulación oportuna en el ámbito escolar”, que ha sido aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Psicología de la Universidad de la República.

Con el objetivo de contar con la participación de niñas y niños que pertenecen a contextos de alta y baja vulnerabilidad socioeconómica, realizamos la selección de escuelas de acuerdo al índice de contexto sociocultural (CSC) elaborado por ANEP (ANEP, 2016). Este indicador, obtenido del Monitor educativo de Primaria en el relevamiento de características socioculturales de las escuelas públicas, agrupa a los centros educativos en cinco quintiles. Para acceder a una población de niñas y niños de hogares de NSE diverso se seleccionaron grupos de primer año de educación primaria pertenecientes a escuelas del quintil 1 y 5.

#### **3.2 Presentación de metodología de trabajo en los centros**

Se procedió a contactar tres centros catalogados como quintil 1 y tres centros catalogados como quintil 5. Luego, se coordinó la presentación del proyecto en cada centro educativo, donde se invitó a participar a las directoras de los centros y a las educadoras de primer año escolar. Dicha instancia consistió en una breve descripción de los contenidos teóricos que sustentan esta investigación, seguida de la presentación de los antecedentes junto con los objetivos del presente proyecto. Adicionalmente, se expusieron las consideraciones éticas contempladas, se detalló la metodología de trabajo de los investigadores dentro del centro educativo y el rol de las educadoras dentro del proyecto. Luego de la presentación se solicitó

a las escuelas evaluar la viabilidad de llevar adelante el proyecto dentro de la dinámica de funcionamiento del centro y confirmar su participación en el proyecto. Los tres centros quintil 1 y uno de los centros del quintil 5 aceptaron participar.

Una vez que el centro educativo aceptó participar del proyecto de investigación se procedió a coordinar el trabajo dentro del centro, estableciendo los horarios de trabajo y el espacio físico que sería destinado para el trabajo con las niñas y los niños. También se realizó una reunión con padres, madres y educadoras donde se presentó nuevamente el proyecto, se atendieron las consultas e inquietudes y se entregó a los padres una hoja de información y un formulario de consentimiento informado (Anexo 1). El contar con la aceptación por parte de los padres fue un requisito excluyente para la participación del niño en el proyecto. El proyecto fue presentado a 171 familias, de las cuales el 72% aceptó participar (123 familias).

Las niñas y los niños fueron invitados a jugar con las tablets a un set de tareas que evalúan distintas habilidades cognitivas atencionales, funcionamiento ejecutivo e inteligencia general. Para lograr un trabajo personalizado, y así disminuir factores de distracción durante la evaluación, se trabajó en una sala del centro educativo acondicionada por los investigadores. Se estableció un ratio de un investigador para dos participantes, pudiendo ser ajustado según la demanda de las y los participantes. Se seleccionaron los grupos de acuerdo a la lista de participantes habilitados, consultando al niño o niña si estaba dispuesto en ese momento a salir del salón de clase y acompañar a los investigadores a la sala de evaluación. Si un niño o niña prefería no participar en ese momento, o si durante la evaluación manifestaba que no deseaba continuar participando, se lo acompañaba al salón sin que ello generase ningún perjuicio. En instancias posteriores se reiteró la invitación a aquellos niños y niñas que no habían completado las tareas de evaluación.

A cada niño y niña se le entregó una tableta ingresada con su usuario personal en la plataforma de juego, donde se le asignó el flujo de tareas a realizar. La evaluación se realizó en dos sesiones de aproximadamente 35 minutos cada una. Las tareas presentadas evalúan FE básicas (control inhibitorio, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva), FE superiores (inteligencia fluida y planificación) y atención. La descripción detallada de las tareas utilizadas se presenta en una sección más adelante. Por último, se contactó telefónicamente a cada familia para realizar dos encuestas, una referida al nivel socioeconómico del hogar (Perera, 2018) y otra referida a los estilos parentales (Robinson et al., 1995).

### **3.3 Plan de análisis de datos**

En una primera instancia se evaluaron las tareas de evaluación y encuestas, a través de un análisis descriptivo de tiempos de reacción y tasas de acierto. Las comparaciones de medias entre 2 grupos con distribución normal se realizaron a través de pruebas T, las distribuciones no normales con el test de Wilcoxon y las de múltiples grupos con anovas de una vía, y post hoc con prueba de Tukey. Para comparar frecuencias de variables categóricas entre grupos empleamos chi cuadrado.

Para evaluar la asociación entre contexto de desarrollo y funcionamiento ejecutivo empleamos modelos lineales mixtos, donde se incluyeron las variables descriptivas como efectos fijos y un intercepto aleatorio con los niños anidados en clases. Los modelos se realizaron en la plataforma R (Rstudio Team, 2020), utilizando el paquete lme4 (v1. 1-26; Bates et al., 2015).

Para la evaluación de los juegos tomamos el nivel máximo alcanzado por nivel, comparando grupos mediante pruebas T, y analizando el desempeño a lo largo de los niveles mediante regresión lineal simple.

Los detalles del análisis se brindan en las secciones correspondientes

### **3.4 Análisis descriptivo de la muestra**

En la Tabla 1 se muestra la estadística descriptiva de la muestra. Las escuelas 1, 2 y 3 son centros de quintil 1, mientras que la escuela 4 es un centro de quintil 5. Contamos con 5 clases quintil 1 (N=60); y tres clases quintil 5 (N=63). La edad de los y las participantes y el nivel socioeconómico fueron recolectados mediante llamadas telefónicas a las familias.

**Tabla 1.** Estadística descriptiva de la muestra. N=número de participantes. Se muestra la media para cada variable junto con el desvío (ds) y rango.

	<b>Escuelas quintil 1</b> (N=60)	<b>Escuelas quintil 5</b> (N=63)	<b>Total</b> (N=123)	<b>p valor</b>
<b>Género</b>				0.305
F	24 (40.0%)	31 (49.2%)	55 (44.7%)	
M	36 (60.0%)	32 (50.8%)	68 (55.3%)	
<b>Edad</b>				0.471
Media (ds)	80.79 (5.00)	81.45 (4.34)	81.15 (4.64)	
Rango	71.00 - 93.00	68.00 - 88.00	68.00 - 93.00	
<b>NA edad</b>	12	5	7	

Los valores perdidos en edad se deben a dos razones, por un lado familias que no contestaron las llamadas telefónicas para realizar la encuesta (N=7, 5.7%), y por otro lado a errores en el registro de las respuestas dentro del formulario (N=10, 8.1%). Los valores de edad faltantes fueron asignados con el valor promedio de la muestra total.

Al comparar los grupos de participantes separando por quintil escolar, no encontramos diferencias significativas según género y edad.

## Capítulo 4

### Desarrollo de las FE en relación al entorno de crianza

#### 4.1 Metodología de la evaluación del entorno de crianza

##### 4.1.1 Evaluación del contexto socioeconómico del hogar

Para evaluar el contexto socioeconómico utilizamos el cuestionario INSE (Índice de Nivel Socioeconómico; Perera, 2018), un cuestionario de 14 preguntas que abarcan aspectos de la composición del hogar, nivel educativo, atención de salud, tenencia de medios de transporte familiar, y región geográfica del hogar. El rango de puntuación de la escala va entre 0 y 100 puntos, donde un mayor NSE se corresponde con mayor puntaje en el INSE.

Tal como esperábamos, encontramos que en el grupo de escuelas quintil 1 el promedio del NSE de los hogares es significativamente menor que las de quintil 5, tal como se muestra en la Tabla 2 ( $t_{(119)} = -13.077$ ,  $p < 0.001$ ).

**Tabla 2.** Estadística descriptiva del NSE del hogar según quintil escolar. Se muestra la media junto con el desvío (ds) y rango. N=número de participantes.

	Escuelas quintil 1 (N=60)	Escuelas quintil 5 (N=63)	Total (N=123)	p valor
<b>NSE</b>				< 0.001
Media (ds)	23.09 (8.43)	43.68 (9.40)	34.09 (13.64)	
Rango	11.00 - 46.00	19.00 - 63.00	11.00 - 63.00	
<b>NA</b>	6	1	7	

Los valores perdidos en la variable NSE ( $n=7$ , 5.7%) se deben a familias que no contestaron las llamadas telefónicas para realizar la encuesta. Estos valores fueron asignados tomando el promedio del puntaje de la clase.

Para los análisis utilizaremos el puntaje del NSE del hogar (variable continua). Adicionalmente, en algunos casos que se detallarán oportunamente, también tomamos la categoría del NSE del hogar (variable categórica). Se utilizan los puntos de corte del manual del instrumento de

INSE (Perera, 2018), para agrupar a los y las participantes en dos grupos: NSE bajo (0 a 31 puntos N=59), y NSE medio y alto (de 31 a 100 puntos, N=64).

#### **4.1.2 Evaluación de los estilos parentales**

Para evaluar los estilos parentales utilizamos el cuestionario PSDQ (Robinson et al., 1995) adaptado al español (Velásquez y Villouta, 2013). Este cuestionario consiste en una pregunta (“con qué frecuencia usted actúa de este modo con su niño/a?”) y 62 afirmaciones que deben ser respondidas según la escala likert de 5 puntos, que representan el continuo de respuestas desde: Nunca (1) a Siempre (5). El cuestionario evalúa las dimensiones autoritativa, autoritaria y permisiva, que están conformadas a su vez por factores. La dimensión autoritativa se forma por los siguientes 4 factores: “Cariño y participación” (11 afirmaciones), “Razonamiento/Iniciación” (7 afirmaciones), “Participación Democrática” (5 afirmaciones), y “Relajado/Tranquilo” (4 afirmaciones). La dimensión autoritaria se compone nuevamente de 4 factores: “Hostilidad Verbal” (4 afirmaciones), “Castigo Corporal” (6 afirmaciones), “Estrategias Punitivas y sin razón” (6 afirmaciones), y “Directividad” (4 afirmaciones). Finalmente, la dimensión permisiva se evalúa mediante los siguientes 3 factores: “Falta de seguimiento” (6 afirmaciones), “Ignorar la mala conducta” (4 afirmaciones) y “Confianza en sí mismo” (5 afirmaciones). (Robinson et al., 1995)

El procesamiento del cuestionario PSDQ de dimensiones y estilos de crianza requiere calcular el promedio de cada factor, para luego calcular el promedio de los factores para cada una de las dimensiones de parentalidad evaluadas, y tomar la dimensión con mayor puntaje como el estilo parental predominante. Al realizar esta metodología nos encontramos con que el 100% de los adultos responsables de las niñas y los niños participantes presentaban un estilo parental predominante autoritativo (N=102).

## **4.2 Metodología para el desarrollo de nuevas tareas de evaluación de las FE**

Se incorporaron tareas clásicas de evaluación de procesos cognitivos constitutivos de las FE. Las tareas seleccionadas permiten evaluar las dimensiones de control inhibitorio, y flexibilidad cognitiva.

En términos generales, el desarrollo de las tareas de evaluación siguió los siguientes pasos. En primer lugar, se realizó una revisión y selección de las tareas de evaluación que se ajustaban a los objetivos del presente proyecto. Las especificaciones de cada tarea, que se presentarán más adelante en el documento, fueron definidas con base en la bibliografía respectiva. Finalmente, la implementación de las tareas dentro de la plataforma fue realizada en colaboración con los desarrolladores informáticos y diseñadores gráficos. El diseño gráfico de las tareas continuó las líneas generales de la plataforma. En todas las tareas desarrolladas, previo a comenzar la evaluación se presenta un video explicativo donde los personajes de Mate Marote explican brevemente la consigna de la tarea. Luego de presentar las reglas se pasa a la sección de práctica, donde tendrá la posibilidad de repetir el video si no logra cumplir con el criterio de avance, dos veces como máximo. Durante la sección de práctica, los ensayos finalizan con una pantalla de retroalimentación, donde se le indica al participante si su respuesta fue correcta o incorrecta (retroalimentación positiva y negativa, respectivamente). Una vez que el usuario completa exitosamente la sección de práctica, o que la repite tres veces, la tarea continúa al bloque de evaluación.

Una vez desarrolladas las tareas, se verificó para el total de participantes que los patrones de respuesta coincidieran con los esperados, y así poder validar su uso en la evaluación de los procesos cognitivos.

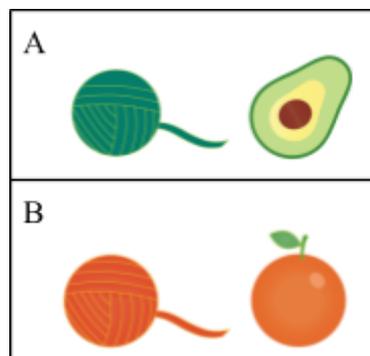
### **4.3 Tareas desarrolladas para la evaluación de las funciones ejecutivas.**

Siguiendo los objetivos planteados en el proyecto de investigación, el desarrollo de nuevas tareas se enfocó en tareas de evaluación de funciones ejecutivas, específicamente control inhibitorio y flexibilidad cognitiva. Las tareas de evaluación de control inhibitorio miden la capacidad de reprimir una respuesta automática, mientras que las tareas de flexibilidad cognitiva miden la capacidad de alternar entre distintas reglas. Se desarrollaron las tareas *Go/NoGo*, *Simon*, *Flechas* y *Stop Signal Task*, para evaluar control inhibitorio, y la tarea *Dimensional Change Card Sorting (DCCS)*, para evaluar flexibilidad cognitiva. A continuación se describe el desarrollo de las tareas mencionadas junto con el análisis descriptivo correspondiente.

### 4.3.1 Tarea *Go/NoGo*

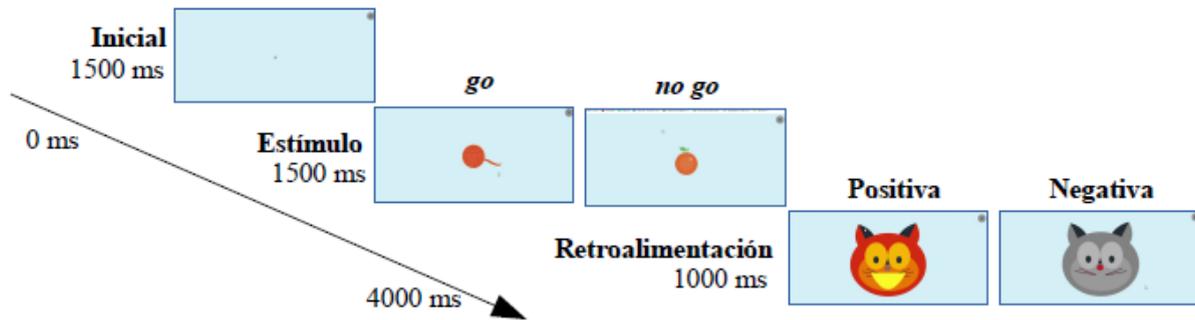
#### Descripción de la tarea *Go/NoGo*

Las tareas de tipo *go/no go* evalúan la capacidad de reprimir una respuesta motora que se automatiza. Para ello, al participante se le presentan una serie de estímulos *go*, frente a los que debe ejecutar una respuesta, alternados con estímulos *no go*, frente a los cuales no debe ejecutar la respuesta. Los estímulos *go* se presentan en mayor frecuencia, generando una automatización de la respuesta motora. Por el otro lado, los estímulos *no go* aparecen en menor frecuencia y de forma aleatoria, impidiendo así anticipar la aparición de este tipo de estímulo. La tarea que implementamos en Mate Marote se basa en la reportada por Brophy y colaboradores (2002), estableciendo la proporción de estímulos *no go* en 30%. Los estímulos *go* son ovillos, mientras que los estímulos *no go* son frutas que guardan ciertas similitudes perceptuales en relación a los estímulos *go*. La consigna de esta tarea es tocar la pantalla lo más rápido posible cada vez que aparece un ovillo, pero inhibir la respuesta cuando aparece una fruta. La fruta y el ovillo presentado comparten atributos como color, tamaño y forma. En esta tarea se generaron dos versiones equivalentes con frutas y ovillos distintos: versión naranja y versión verde (Figura 1).



**Figura 1.** Estímulos presentados en la tarea *Go/NoGo*, en las versión Naranja (A) y versión Verde (B). En la izquierda se muestran los estímulo *go* (ovillos), mientras que a la derecha se muestran los estímulo *no go* (frutas).

La tarea comienza con una sección de ensayos de práctica, luego de los cuales pasará a la sección de evaluación. En la sección de evaluación los ensayos se organizan en dos bloques de 45 cada uno, con una pantalla de descanso entre ellos. A continuación se describe la sucesión de pantallas en un ensayo de práctica (Figura 2).



**Figura 2.** Sucesión de pantallas presentadas durante un ensayo de práctica en la tarea *Go/NoGo*, versión naranja.

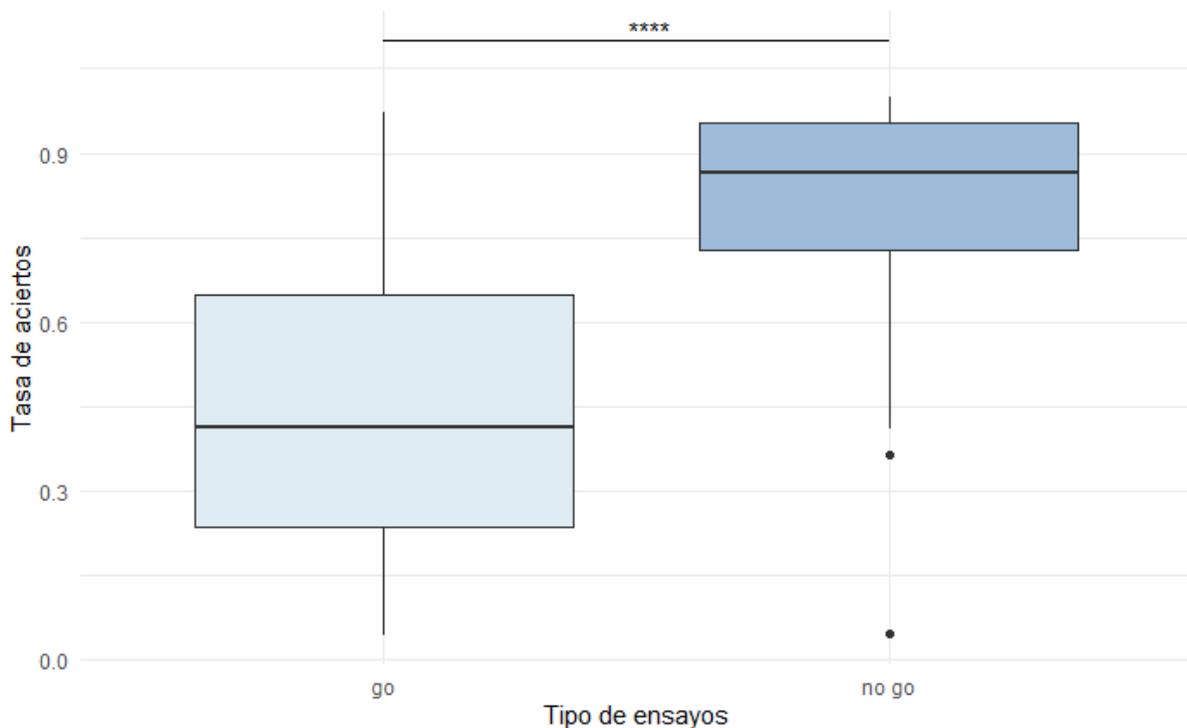
La tarea comienza presentando en un inicio una pantalla en blanco con una cruz de fijación por 1500 ms, seguido por la presentación del estímulo un tiempo de hasta 1500 ms. Transcurrido ese lapso, o luego de que el participante toca la pantalla, finaliza el ensayo.

### **Análisis descriptivo de la tarea *Go/NoGo***

Para el análisis descriptivo de la tarea se tomó el índice de aciertos para los ensayos *go* (total ensayos *go* correctos / total de ensayos *go*) y el índice de aciertos para los ensayos *no go* (total ensayos *no go* correctos / total ensayos *no go*). Se realizaron comparaciones de medias mediante pruebas T para comparar los dos bloques de la tarea, y pruebas T de una vía para comparar aciertos según tipo de ensayos.

La tarea *Go/NoGo* fue realizada por 122 participantes, de los cuales 6 (5%) fueron descartados ya que no alcanzaron a completar el 80% de la tarea.

Tal como se señaló anteriormente, la tarea busca evaluar el control inhibitorio primero estableciendo una respuesta preponderante a un estímulo frecuente y presentando de forma aleatoria un estímulo que no requiere respuesta. Por lo tanto, se espera una tasa de aciertos alta frente a los estímulos *go*. Debido a que la dificultad de la tarea radica en inhibir la respuesta frente a los estímulos *no go*, esperamos también un menor número de aciertos en los ensayos *no go*. En la Figura 3 presentamos el boxplot correspondiente de la proporción de ensayos correctos para los dos tipos de estímulo, tomando el total de participantes que completaron la tarea (N), agrupando los datos de ambos bloques.

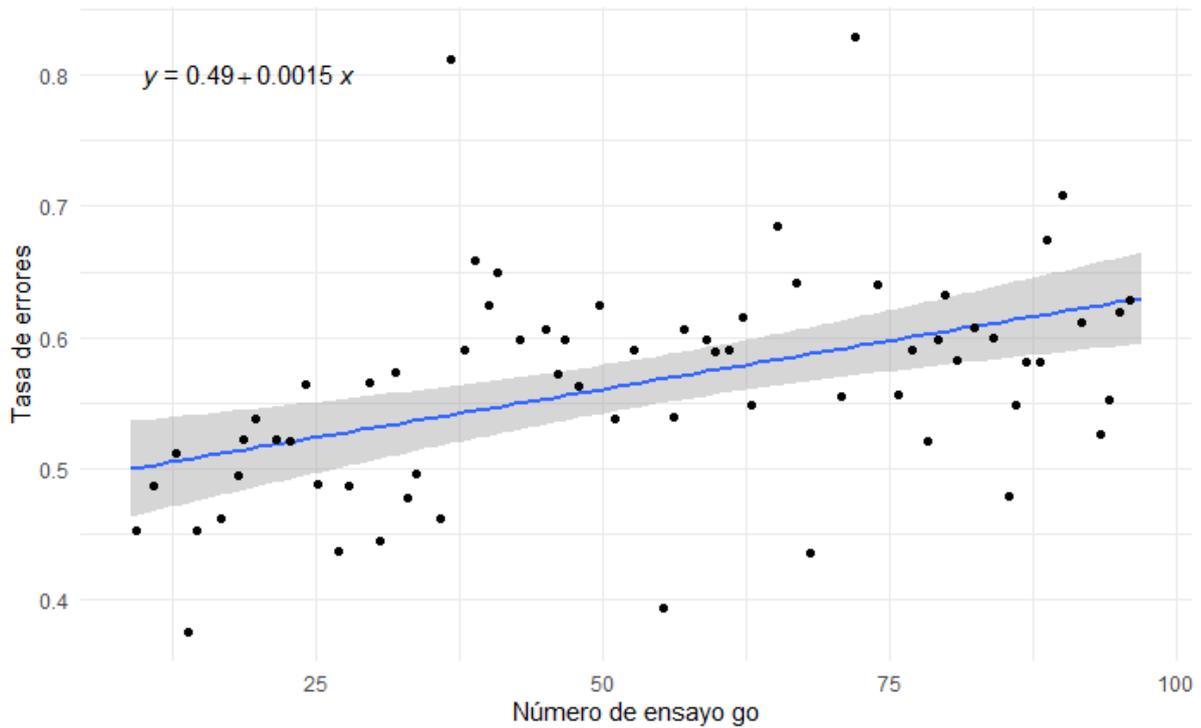


**Figura 3.** Tasa de aciertos para ensayos *go* y *no go* en la tarea *Go/NoGo*. N=116. Nota: \*\*\*\*  $p < 0.0001$ .

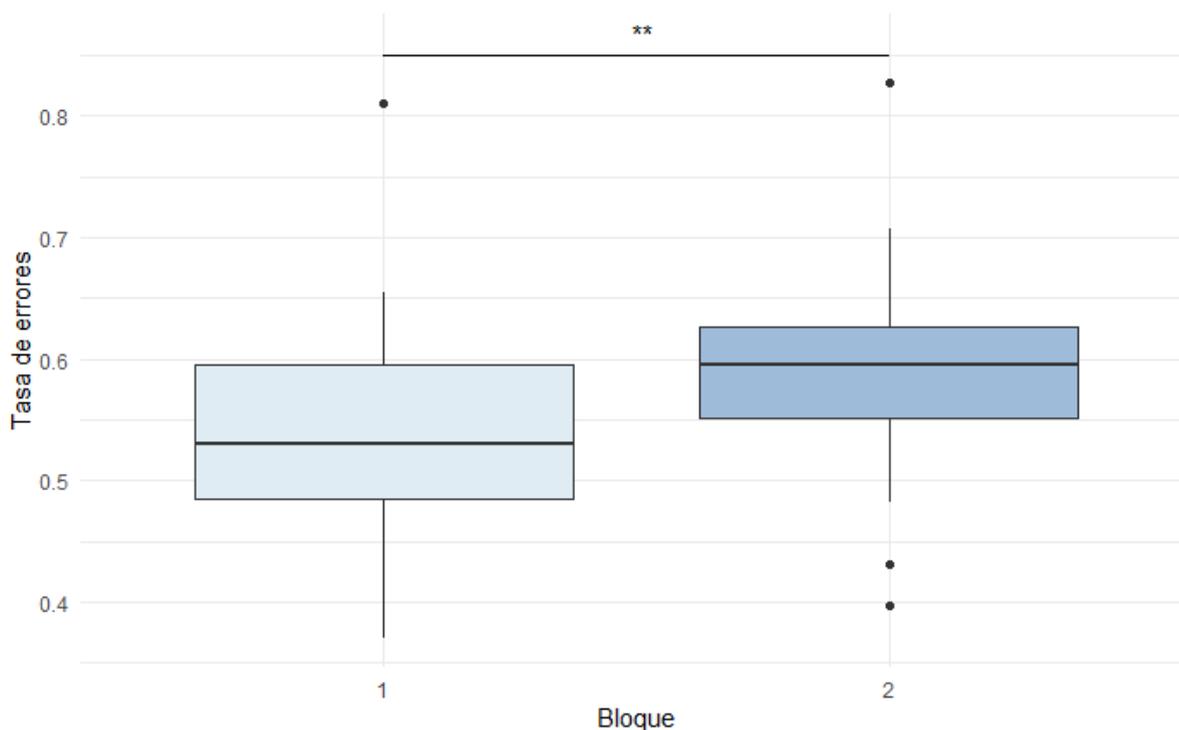
Encontramos una diferencia estadísticamente significativa entre los tipos de estímulo ( $t_{(115)}=17.92$ ,  $p<0.001$ ), donde el tipo de ensayos *go* obtuvo una media de aciertos de 0.43 ( $ds=0.23$ ) y el tipo de ensayo *no go* una media de aciertos de 0.83 ( $ds=0.17$ ). Contrario a lo esperado, nuestros resultados parecerían indicar que las y los participantes tienen mayor facilidad para responder a los estímulos *no go* que a los estímulos *go*. Esto refleja que los y las participantes no logran la automatización de la respuesta, y sugieren un grado alto de distracción durante la tarea.

Para evaluar si efectivamente la atención sostenida de las y los participantes decrece a lo largo de la tarea, calculamos la tasa de errores para todos los ensayos *go*. Puesto que en los ensayos *go* se debe dar una respuesta, las no respuestas representan una distracción del participante mientras realiza la tarea. Efectivamente, como se observa en la Figura 4, la media de errores en los ensayos *go* aumenta a medida que la tarea avanza (tal como se visualiza en la gráfica por la línea de regresión azul con pendiente positiva) ( $R^2=0.22$ ,  $F_{(1,66)}=18.24$ ,  $p<0.001$ ), sugiriendo que los y las participantes no logran sostener la atención durante la misma. La diferencia de errores entre ambos bloques es estadísticamente

significativa ( $t_{(33)}=-2.84$ ,  $p=0.008$ ), encontrando una media de 0.54 ( $ds=0.08$ ) errores en el bloque 1 y una media de 0.59 ( $ds=0.08$ ) errores en el bloque 2 (Figura 5).



**Figura 4.** Tarea *Go/NoGo*. Media de errores cometidos al responder a un ensayo *go*, para el total de jugadores. La línea azul es la línea de regresión simple. Ecuación de la recta de regresión en el ángulo superior izquierdo.  $N=116$ .



**Figura 5.** Tasa de errores cometidos en ensayos *go*, separando por bloque de la tarea *Go/NoGo*. N=116. Nota: \*\*\*\* p < 0.01.

Este mismo patrón en la tasa de errores según bloque se evidencia en los ensayos *no go* ( $t_{(10)}=-3.19$ ,  $p=0.008$ ), encontrando una media de 0.14 ( $ds=0.06$ ) errores en el bloque 1 y una media de 0.21 ( $ds=0.04$ ) errores en el bloque 2.

### **Discusión de los resultados obtenidos con la tarea *Go/NoGo***

La tarea *Go/NoGo* es una tarea que se organiza en dos bloques de igual dificultad. El aumento en el número de ensayos incorrectos a medida que avanza la tarea, tanto en ensayos *go* como *no go*, podría explicarse por una disminución de la atención de las y los participantes, indicativo de cansancio o disminución de *engagement* en la tarea.

Para el diseño de esta tarea nos basamos en el trabajo de Brophy y colaboradores (2002), quienes la utilizaron para evaluar control inhibitorio en una muestra de 73 niñas y niños de 7 años. En dicho trabajo, los investigadores decidieron excluir del análisis a tres niñas y niños ya que tenían tasa de aciertos a ensayos *no go* inferior al 10% y puntajes de omisión superiores al 30%.

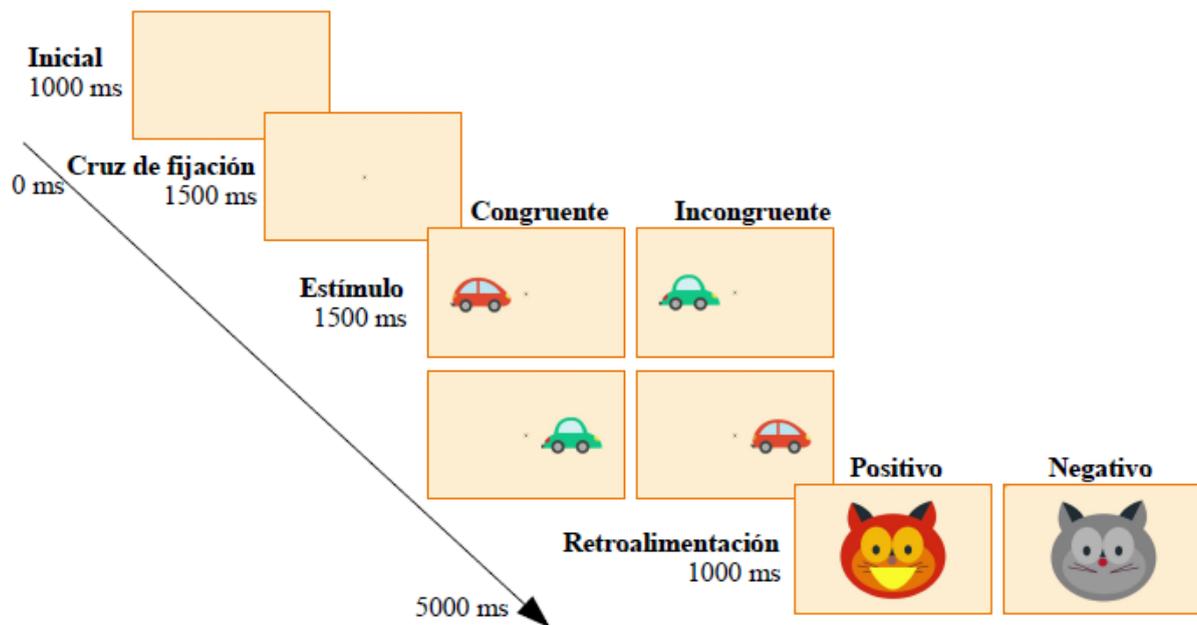
Al comparar estos valores con los encontrados en nuestra muestra nos sorprendió el elevado número de participantes que tienen puntajes de omisión por arriba del corte utilizado por Brophy y colaboradores (2002) (84.6%). Nuestros resultados indican una mayor facilidad para responder a un estímulo *no go* que a un estímulo *go*, entendiendo así que no logran la automatización de la respuesta. Dado que los resultados obtenidos no se encuentran alineados con los patrones de respuesta esperables para esta tarea, concluimos que no es posible emplearla para evaluar control inhibitorio. Por esta razón los datos recolectados en la tarea *Go/NoGo* no serán incluidos en los análisis posteriores.

### **4.3.2 Tarea Simon**

#### **Descripción de la tarea Simon**

La tarea Simon (Davidson et al., 2006) es una tarea basada en el paradigma del efecto Simon (Simon, 1990), que implica responder a la presentación de estímulos con atributos relevantes no espaciales, mientras que su ubicación espacial es irrelevante. Bajo este supuesto las respuestas son más rápidas y con mayor frecuencia de aciertos cuando el estímulo y el botón de respuesta están del mismo lado (condición congruente) que cuando están en lados opuestos (condición incongruente). Cuando la ubicación del estímulo y del botón de respuesta son incompatibles, la respuesta predominante debe inhibirse; por lo tanto, la tarea Simon requiere control inhibitorio (Davidson et al., 2006). La tarea utilizada en este trabajo consiste en la presentación de dos tipos de estímulos, que serán presentados a la derecha o izquierda de la cruz de fijación ubicada en el centro de la pantalla. A su vez, en la parte inferior de la pantalla se encuentran los dos botones de respuesta asignados a cada uno de los estímulos. La consigna es identificar el estímulo presentado y responder lo más rápido posible acorde a la regla previamente especificada. Para obtener una medida de control inhibitorio se toma la tasa de aciertos en los ensayos incongruentes.

A continuación se presenta una figura representativa de la sucesión de pantallas en la tarea Simon durante un ensayo de práctica (Figura 6).



**Figura 6.** Sucesión de pantallas presentadas durante un ensayo de práctica en la tarea Simon, versión Auto. Se muestra el diseño de cada pantalla junto con el tiempo de duración. Los ensayos congruentes son aquellos donde se presenta el coche rojo a la izquierda o el coche verde a la derecha, y los ensayos incongruentes son aquellos donde se presenta el coche rojo a la derecha o el coche verde a la izquierda.

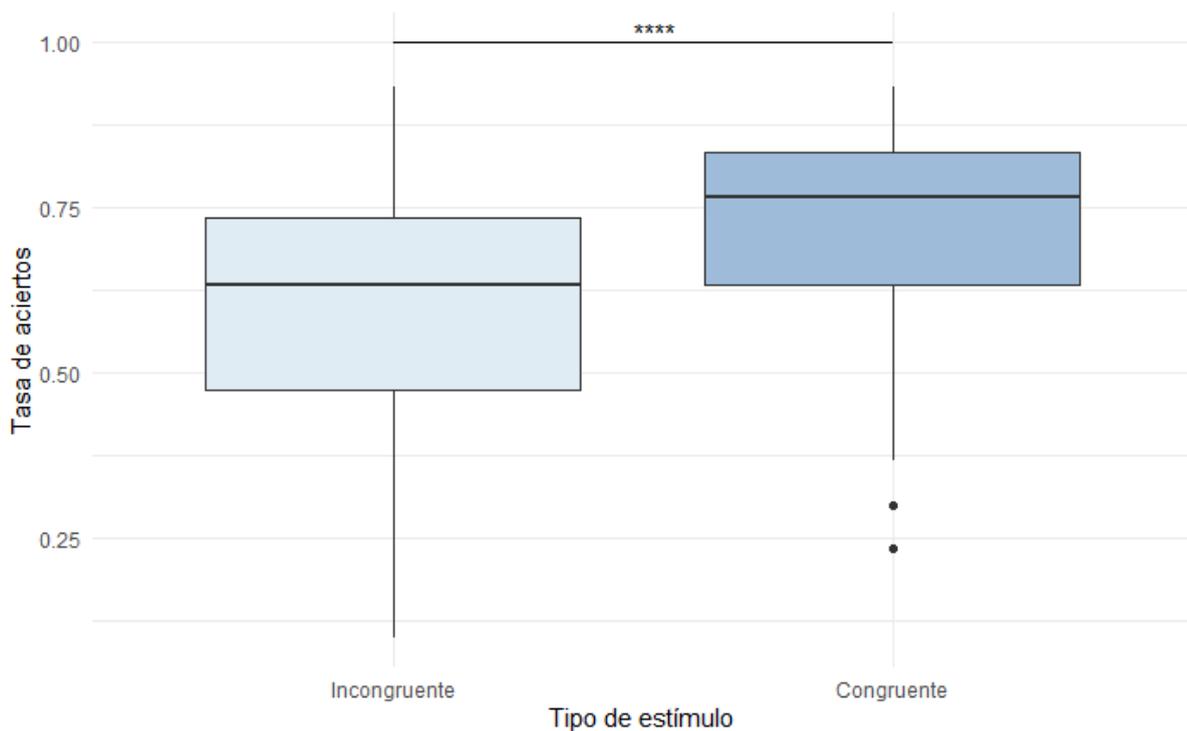
En esta figura el estímulo coche rojo está asignado al botón izquierdo, y al coche verde le corresponde el botón derecho. Los ensayos en los que coincide el lado donde aparece el estímulo y la ubicación de su botón de respuesta, son ensayos congruentes. Aquellos ensayos en los que el estímulo aparece en el lado opuesto a su botón de respuesta son ensayos incongruentes. La tarea consta de 60 ensayos organizados en tres bloques con una pausa entre ellos. Los ensayos se organizan de forma pseudoaleatoria dentro de cada bloque, donde se balancea según la congruencia del estímulo. Adicionalmente se toma en cuenta la sucesión de los ensayos presentados, reconociendo mayor dificultad al alternar en una secuencia de estímulos con distinta congruencia respecto a una secuencia donde se conserva la congruencia del estímulo. De esta manera, los pares sucesivos de ensayos se clasifican en los siguientes cuatro grupos, dispuestos en orden de dificultad decreciente: incongruente-congruente; incongruente-incongruente; congruente-incongruente; y congruente-congruente.

## Análisis descriptivo de la tarea Simon

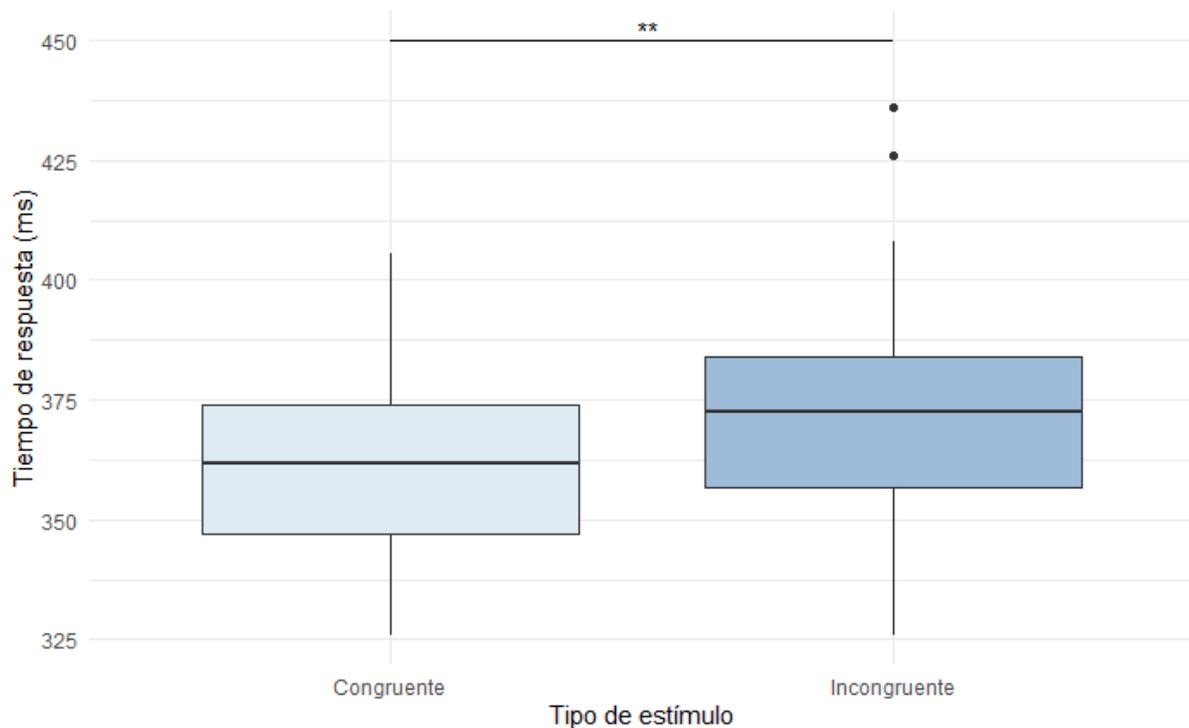
La tarea Simon fue realizada por 122 participantes, siendo los bloques 1 y 2 completos por el total de participantes, y el bloque 3 por 120 participantes.

Para verificar que la tarea evalúa correctamente el constructo de control inhibitorio comparamos la tasa de aciertos y tiempo de respuesta (RT) a los estímulos congruentes respecto a los incongruentes. Dado que la respuesta a un estímulo congruente representa menor dificultad, esperamos una mayor tasa de aciertos y un menor tiempo de respuesta en dichos ensayos.

La tasa de aciertos por tipo de estímulo se calcula tomando el número de aciertos por condición sobre el total de ensayos. Para el cálculo del RT, se toma la mediana del tiempo de las respuestas correctas, y se promedia en el total de participantes. La comparación de ambas variables entre los dos tipos de estímulos fue realizada mediante una prueba T de doble cola (Figura 7 y Figura 8).



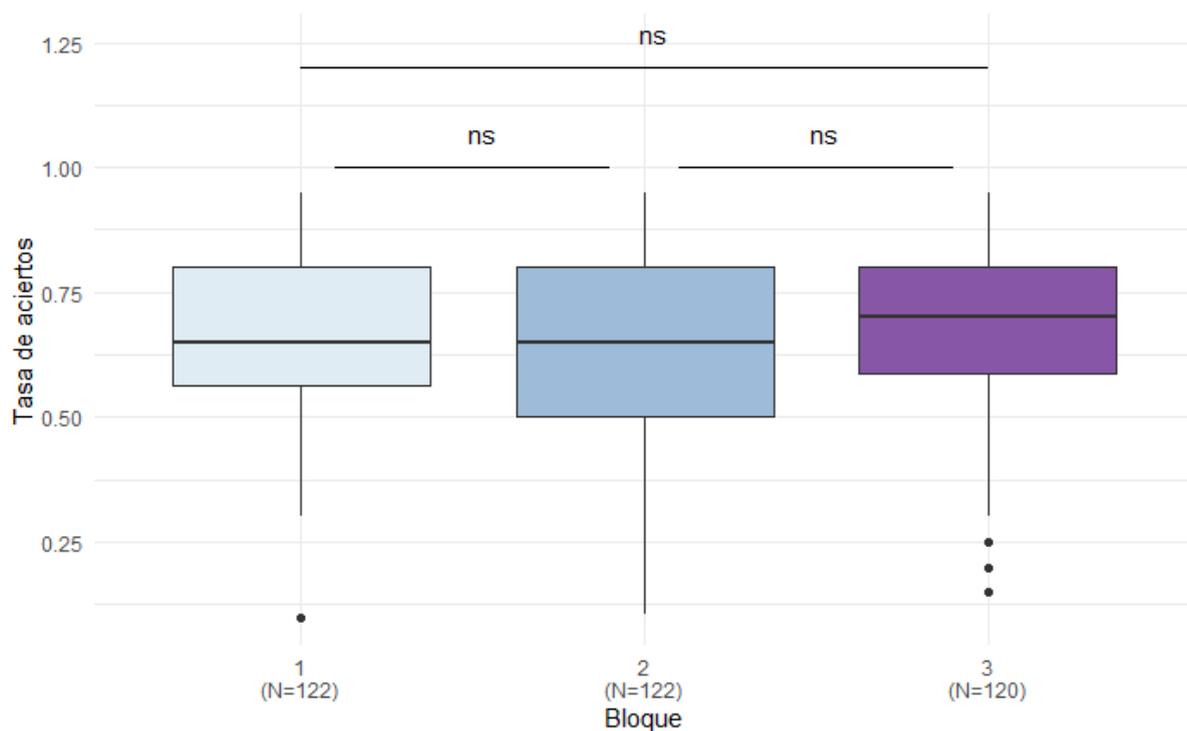
**Figura 7.** Tarea Simon. Boxplot de la tasa de aciertos según tipo de estímulo. Nota: \*\*\*\*  $p < 0.0001$ . N=122



**Figura 8.** Tarea Simon. Boxplot del RT medio (en milisegundos) según tipo de estímulo. Nota: \*\*  $p < 0.01$ .  $N=122$

En línea con los resultados esperados, encontramos una mayor tasa de aciertos a estos estímulos ( $t_{(121)} = 10.88$ ,  $p < 0.001$ ), así como también un menor RT a estímulos congruentes ( $t_{(121)} = -7.71$ ,  $p < 0.001$ ).

Finalmente, analizamos la tasa de aciertos por total, separando los distintos bloques. Al ser una tarea que presenta una misma dificultad en los bloques, una disminución significativa en la tasa de aciertos de los bloques finales respondería a un efecto de cansancio; a su vez, un aumento significativo en la tasa de aciertos responde a un efecto de aprendizaje de la tarea. Como se ve en la Figura 9, la tasa de aciertos es similar en los tres bloques, por lo que no encontramos efecto de cansancio ni aprendizaje de la tarea. Al realizar la prueba Anova no encontramos diferencias significativas en la tasa de acierto de los distintos bloques ( $F_{(2)} = 0.68$ ;  $p = 0.51$ ).



**Figura 9.** Boxplot de la tasa de aciertos por bloque en la tarea Simon. Nota: ns, no significativo.

### Discusión de los resultados obtenidos con la tarea Simon

La tarea Simon fue realizada por 122 participantes, de los cuales únicamente dos participantes (1.6%) no lograron completarla. Los y las participantes respondieron a los estímulos incongruentes con menor rapidez (mayor RT), y con una tasa de aciertos menor, respecto a los estímulos congruentes. Adicionalmente, la tasa de aciertos entre bloques no presenta diferencias, descartando entonces un efecto significativo de cansancio o aprendizaje a medida que avanza la tarea. Por último, la tarea no presenta efecto techo ni piso. En conclusión, entendemos que la tarea es adecuada para evaluar control inhibitorio.

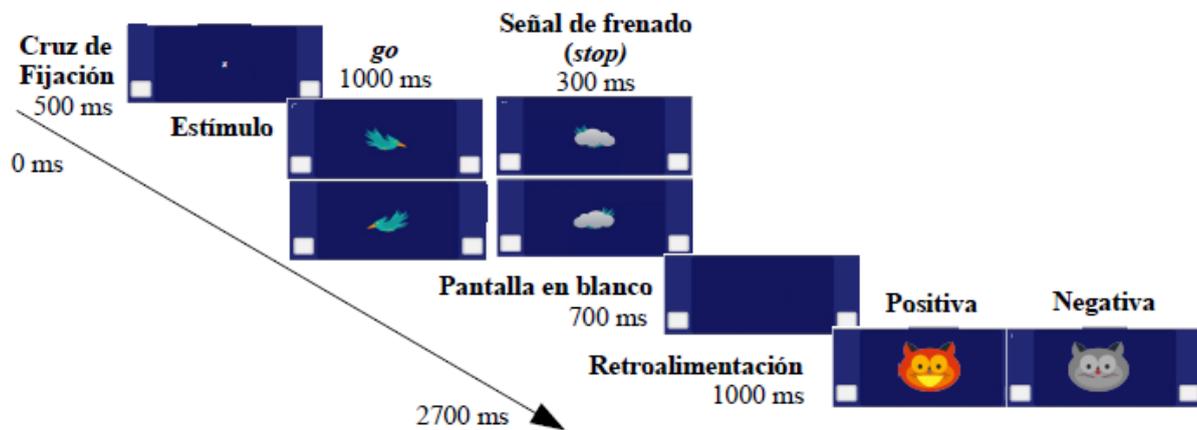
### 4.3.3 *Stop signal Task*

#### Descripción de la tarea *Stop*

La tarea *Stop Signal Task* (Rubia et al., 2007), o tarea de frenado, evalúa la capacidad de inhibición de una respuesta motora en curso. La consigna de la tarea es dar una respuesta determinada frente a estímulos *go*, e inhibir la respuesta motora iniciada cuando se presenta una señal de frenado (*stop*) interrumpiendo al estímulo *go* (ensayo *go-stop*).

La tarea consiste en ensayos *go* y ensayos *go-stop* (Figura 10). Durante un ensayo *go* se presenta en el centro de la pantalla una cruz de fijación durante 500 ms, tras lo cual se

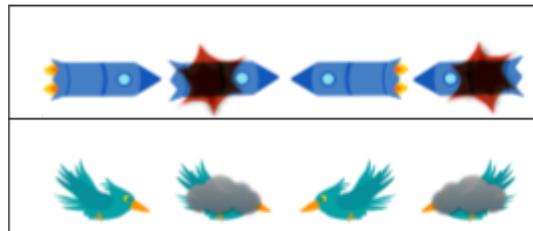
presenta un estímulo *go* durante 1000 ms, seguido de una pantalla en blanco durante 700 ms. En los ensayos *go-stop* el estímulo *go* es interrumpido por la señal de frenado durante 300 ms, seguido nuevamente de la pantalla en blanco durante 700 ms. En las esquinas inferiores derecha e izquierda se presentan los botones de respuesta. Para cada ensayo, el participante debe indicar para qué lado apunta el estímulo, tocando el botón de respuesta correspondiente. Esta respuesta debe de ser inhibida cuando se presenta la señal de frenado. Los ensayos configurados como de entrenamiento presentan a su vez una pantalla de retroalimentación final durante 1000 ms.



**Figura 10.** Sucesión de pantallas presentadas durante un ensayo de práctica en la tarea *Stop Signal Task*, versión Pájaro. Se muestra el diseño de cada pantalla junto con el tiempo de duración.

El tiempo entre la presentación del estímulo *go* y la presentación de la señal de frenado comienza en 250 ms, y varía en 50 ms, buscando que el porcentaje de acierto del participante se mantenga en 50%. De esta manera, cuando la tasa de acierto es inferior al 50%, se adelanta 50 ms la presentación de la señal de frenado; mientras que cuando la tasa de acierto es superior al 50%, se atrasa 50 ms la aparición de la señal de frenado. Las variaciones en el tiempo responden al ajuste dinámico de la dificultad de la tarea, siendo más fácil cuando se da la presentación de la señal de frenado próxima a la presentación del estímulo *go*. Para automatizar la respuesta frente al estímulo, sólo un 27% de los ensayos contienen señal de frenado. El total de la tarea consiste en 150 ensayos distribuidos en dos bloques con una pantalla de descanso entre ellos. Los ensayos fueron balanceados según dirección del estímulo y número de ensayos *go-stop*.

Se realizaron dos versiones de esta tarea, variando los estímulos y señales presentados. En una primera versión se utilizó la imagen de un pájaro volando como estímulo *go*, y una nube como señal de frenado. La segunda versión utilizó la imagen de un cohete como estímulo *go* y una explosión como señal de frenado. A continuación se muestran los estímulos de ambas versiones (Figura 11).



**Figura 11.** Estímulos presentados en las dos versiones de la tarea *Stop Signal Task*. Franja superior: versión Cohete. Franja inferior: versión Pájaro. De izquierda a derecha en ambas franjas: estímulo *go* hacia la derecha; estímulo *go-stop* hacia la derecha; estímulo *go* hacia la izquierda; estímulo *go-stop* hacia la izquierda.

### **Discusión de los resultados obtenidos con la tarea *Stop***

Durante las pruebas de testeo realizadas por los investigadores encontramos que la tarea implicaba una complejidad muy alta para poder ser llevada a cabo por el grupo objetivo. Es por esto que resolvimos no incorporar esta tarea en el flujo de juegos de evaluación.

#### **4.3.4 Tarea Flechas**

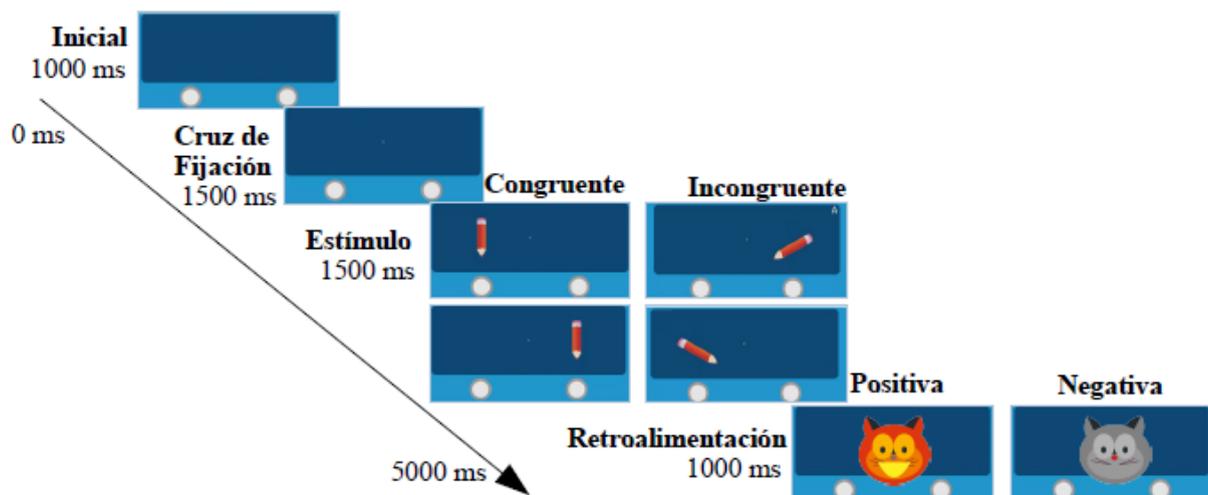
##### **Descripción de la tarea Flechas**

La tarea Flechas (Davidson et al., 2006) es una tarea que permite evaluar control inhibitorio con una baja demanda de memoria de trabajo. La tarea consiste en determinar lo más rápido posible la dirección a la que apunta el estímulo presentado, demandando control inhibitorio cuando la respuesta es requerida en el lado opuesto a donde se presenta el estímulo. Esta tarea requiere baja demanda de memoria de trabajo ya que los estímulos siempre apuntan hacia el botón de respuesta correcto.

En la Figura 12 se presenta el diagrama de la sucesión de pantallas de un ensayo. En la franja inferior de la pantalla se disponen dos botones de respuesta, uno sobre el lado izquierdo y otro sobre el lado derecho. En la franja superior de la pantalla se presentan los estímulos de forma secuencial, en este caso un lápiz en posición vertical y otro en posición diagonal, ambos apuntando hacia uno de los botones de respuesta. El participante deberá indicar lo más rápido posible hacia qué botón de respuesta está apuntando el estímulo. Los ensayos se clasifican en congruentes e incongruentes. En la condición congruente el estímulo se presenta del lado del botón de respuesta correcto, apuntando hacia él. Por el contrario en la condición incongruente, el estímulo apunta en diagonal hacia el botón de respuesta que se encuentra del lado opuesto. La tarea consta de 60 ensayos balanceados, organizados en tres bloques de 20 ensayos cada uno y con una pausa entre cada bloque.

La sucesión de ensayos sigue una organización pseudo aleatoria donde se controla que esté presente la misma cantidad de pares de sucesiones por congruencia del estímulo (congruente-congruente; congruente-incongruente; incongruente-congruente; incongruente-incongruente) y la misma cantidad de secuencias de pares de sucesiones. Este diseño en la organización de los ensayos responde a que la dificultad de un ensayo va a estar ligada al ensayo anterior presentado. El orden de progresión de dificultad es el siguiente: dos ensayos congruentes continuos; un ensayo congruente seguido de un incongruente; un ensayo incongruente seguido de un congruente; dos ensayos incongruentes continuos.

La secuencia de pantallas presentada durante un ensayo consiste en la presentación de una pantalla inicial durante 1000 ms, seguida de una pantalla con cruz de fijación central durante 1500 ms. Luego se presenta el estímulo durante 1500 ms, y en el caso de ensayos de entrenamiento, concluye con una pantalla de retroalimentación durante 1000 ms (Figura 2).



**Figura 12.** Sucesión de pantallas presentadas durante un ensayo de práctica en la tarea Flechas, versión Lápiz.

Con el objetivo de obtener una tarea que permita realizar varias evaluaciones con igual demanda cognitiva pero con estímulos diferentes se implementaron tres diseños de estímulos distintos: lápices, crayolas y tijera; estos estímulos conformarán las tres versiones desarrolladas de esta tarea.

### **Discusión de los resultados obtenidos con la tarea Flechas**

Durante las pruebas realizadas por los investigadores que participaron en el desarrollo de la tarea Flechas, encontramos que esta modalidad de evaluación parecía muy sencilla para el grupo objetivo. Definimos entonces no incorporar esta tarea en el flujo de evaluación. Cabe aclarar que la tarea quedó disponible para su uso en la plataforma Mate Marote.

### **4.3.5 Tarea *Dimensional Change Card Sorting* (DCCS)**

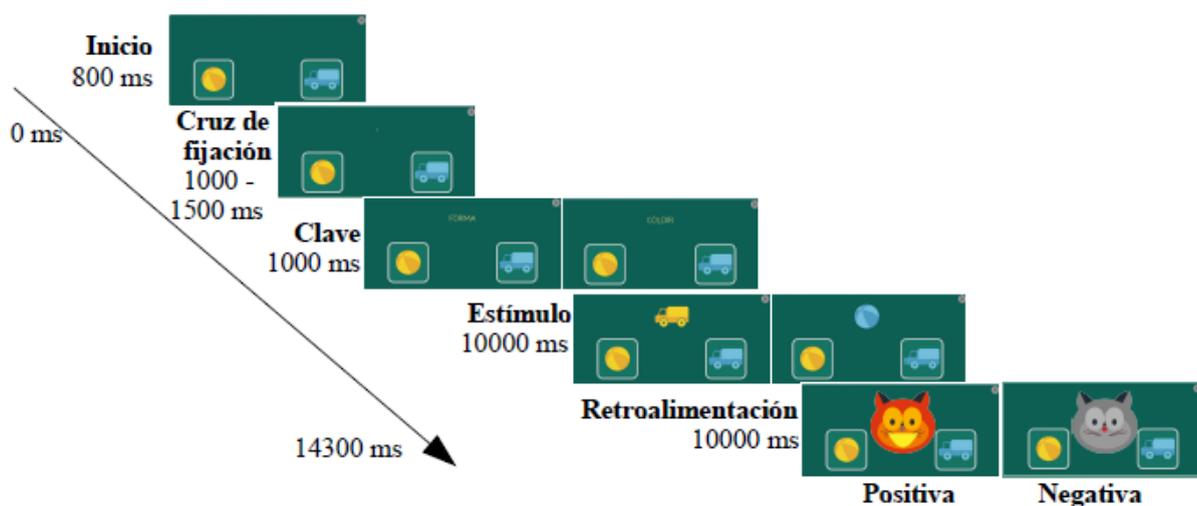
#### **Descripción de la tarea DCCS**

La tarea *Dimensional Change Card Sorting* (DCCS) (Frye et al., 1995; Zelazo, 2006) se utiliza como medida de flexibilidad cognitiva. La tarea consiste en clasificar una serie de tarjetas bivalentes según las dimensiones de color y forma, variando la regla de clasificación en los bloques sucesivos.

Esta tarea se organiza en una fase de entrenamiento, compuesta por los bloques 1 y 2, y una fase de evaluación, compuesta por los siguientes tres bloques: bloque pre-cambio, bloque post-cambio y bloque mixto. A medida que el jugador avanza en los sucesivos bloques el nivel de dificultad se incrementa gradualmente. Implementamos la tarea tal cómo se describe en los trabajos mencionados (Zelazo, 2006).

La pantalla de juego presenta dos imágenes de respuestas fijas en la mitad inferior, y una imagen central, o estímulo, en la mitad superior de la pantalla. La característica por la cual el participante deberá clasificar el estímulo se denomina regla de clasificación, o clave, que se presenta en formato audiovisual también en la mitad superior de la pantalla, previo al estímulo.

Cada ensayo transcurre con la presentación consecutiva de las pantallas tal como se presenta en la Figura 13 y se detalla a continuación. En la pantalla de inicio, se presentan únicamente las imágenes de respuesta durante 800 ms. Luego se incorpora en la pantalla una cruz de fijación, ubicada en el centro del cuadrante superior, durante un tiempo variable entre 1000 y 1500 ms. Sobre esta cruz posteriormente se presenta la clave de forma visual y auditiva durante 1000 ms. Una vez presentada la clave se procede a presentar el estímulo durante 10000 ms. Durante el tiempo de presentación del estímulo el participante deberá seleccionar una de las imágenes de respuesta. Luego de transcurrido el tiempo dado, el ensayo será considerado incorrecto y se procederá al siguiente ensayo.



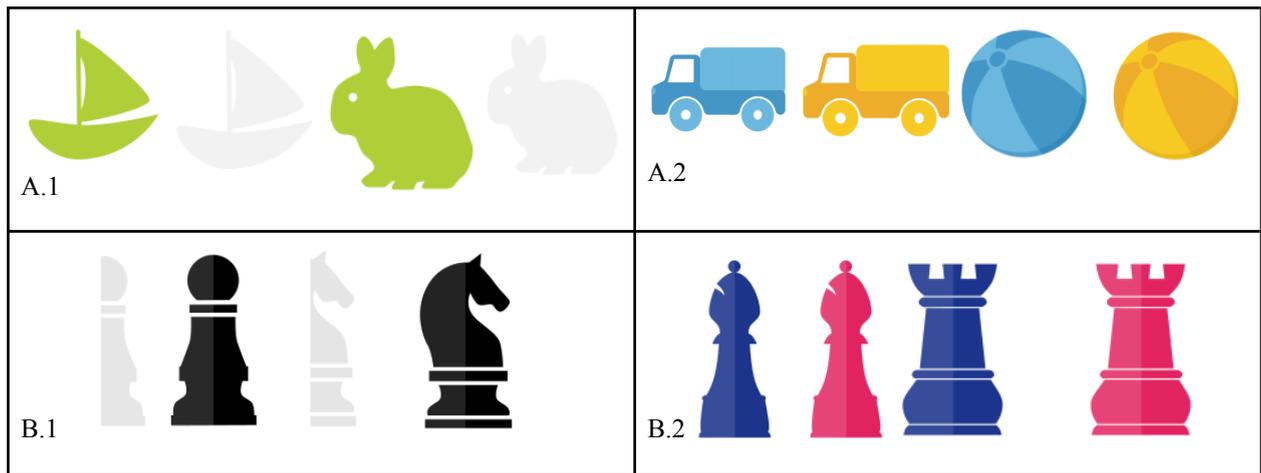
**Figura 13.** Sucesión de pantallas presentadas durante un ensayo de práctica en la tarea DCCS, versión Juguetes.

La fase de práctica contiene dos bloques, que deben ser superados para poder continuar hacia la fase de evaluación. En el primer bloque se presentan estímulos de práctica y el participante debe ubicar el estímulo presentado en una de las imágenes de respuesta laterales según el criterio de selección presentado. Una vez superado, se continúa al segundo bloque donde se solicita que clasifique el estímulo según la otra dimensión. En cada uno de los bloques se requiere que las y los participantes respondan correctamente al menos tres de los cuatro primeros estímulos presentados para pasar al siguiente, de no ser así se repite el bloque hasta tres veces. Durante esta fase de práctica el participante recibe un feedback luego de dar una respuesta.

La fase de evaluación consiste en los bloques pre-cambio, post-cambio y mixto. En esta fase se utiliza un conjunto de estímulos diferentes a los anteriores, y el participante no recibirá un feedback luego de responder. El bloque pre-cambio consiste en cinco ensayos donde el participante debe utilizar el criterio de clasificación aplicado en la segunda fase del bloque de entrenamiento. Luego de responder correctamente cuatro de los cinco ensayos presentados, se procederá al siguiente bloque. En el siguiente bloque, el bloque post-cambio, se solicita al participante que cambie el criterio de clasificación a la otra dimensión. Este bloque consiste también de cinco ensayos, necesitando nuevamente de cuatro respuestas correctas para proceder al bloque mixto. En el caso de que el participante no logre contestar correctamente cuatro de los cinco ensayos presentados, tanto en el bloque pre-cambio como post-cambio, el participante no podrá avanzar en el juego y se da por finalizada la tarea de evaluación.

En el bloque mixto se solicita al participante alternar los criterios de selección varias veces en el transcurso del bloque, siempre anunciando con las claves que criterio debe utilizar en cada ensayo. El bloque mixto consiste en 30 ensayos, de los cuales 24 ensayos son frecuentes y 6 infrecuentes, ordenados de manera pseudo aleatoria. Los ensayos frecuentes se corresponden al último criterio de clasificación realizado en el bloque post-cambio.

Se realizaron dos versiones de esta tarea variando los estímulos y señales presentadas. En la Figura 14 se muestran los estímulos e imágenes de respuesta utilizados en cada una de las versiones, tanto en la fase de entrenamiento como de evaluación.



**Figura 14.** Estímulos presentados en la tarea DCCS, versión Juguetes (A) y versión Ajedrez (B). En la columna a la izquierda se presentan los estímulos correspondientes a los bloques de práctica, mientras que en la columna a la derecha se presentan los estímulos del bloque de evaluación.

### **Análisis descriptivo de la tarea DCCS**

De acuerdo al diseño de la tarea DCCS, la progresión en los bloques depende del desempeño del participante. A diferencia de las tareas organizadas con un número de bloques y ensayos fijo, en esta tarea el avance al siguiente bloque está dado por la tasa de aciertos en el bloque anterior. Por esa razón, utilizaremos dos estrategias para evaluar la dificultad de la tarea: por un lado, el número de participantes que jugó a cada bloque; por otro lado, calcularemos la tasa de aciertos por bloque para las y los participantes que completaron la tarea.

El número de participantes que comenzó la tarea es 119, avanzando todos al bloque 2 de práctica. Un 98% (118) de los y las participantes alcanzaron a jugar al bloque 3, primero del módulo de evaluación, y el 89% (106) al bloque 4. Finalmente, únicamente el 40% (48) logró llegar al bloque 5, último del módulo de evaluación, completando así la tarea.

Pasamos a continuación a calcular la media de la tasa de aciertos para cada uno de los bloques, los resultados se muestran en la siguiente tabla (Tabla 3). Encontramos en los primeros tres bloques tasas de aciertos elevadas. Pasando ahora al cuarto bloque, el bloque de evaluación post-cambio, vemos una caída notoria en la tasa de aciertos. Nos llama la atención que cerca de un 50% de las y los participantes no logran pasar al bloque 5, es decir, no logran cambiar el criterio de clasificación. El bloque 5, realizado por menos de la mitad de los y las participantes, muestra nuevamente una tasa de aciertos elevada.

**Tabla 3.** Tasa de aciertos media y desvío (M+-ds) para el total de jugadores, separando por bloque de la tarea. Se detalla el número de participantes por bloque (N).

Bloque 1 (N=119)	Bloque 2 (N=119)	Bloque 3 (N=118)	Bloque 4 (N=106)	Bloque 5 (N=48)
0.93+-0.12	0.96+-0.10	0.91+-0.20	0.58+-0.34	0.76+-0.19

Para estudiar la progresión en la dificultad de la tarea completa tomamos el subgrupo de jugadores que completó la tarea, y nuevamente comparamos la tasa de aciertos por bloque. En la Tabla 4 se detallan los resultados obtenidos.

**Tabla 4.** Tasa de aciertos media y desvío (M+-ds) para jugadores que completaron la tarea, separando por bloque. N=48.

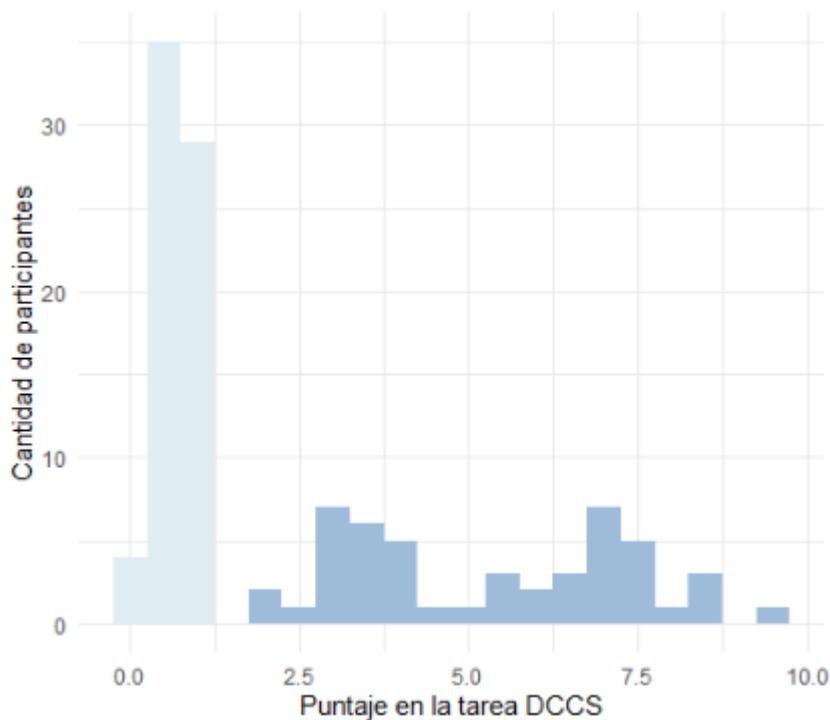
Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5
0.93+-0.12	0.97+-0.09	0.95+-0.08	0.90+-0.10	0.76+-0.19

Al comparar la tasa de aciertos dentro del subgrupo obtenemos un efecto de bloque ( $F_{(4)}=23.29, p<0.001$ ); contrastes post hoc mediante prueba de Tukey revelan diferencias significativas únicamente entre el bloque 5 y el resto de los bloques ( $p<0.001$ ).

Para el análisis de la flexibilidad cognitiva mediante la tarea DCCS seguiremos la metodología propuesta por Zelazo (2013), calculando el *Accuracy Score* (Puntaje de aciertos). El cálculo del puntaje de aciertos consiste en multiplicar el número de aciertos por 0,125. La razón de utilizar este factor es otorgar un puntaje de 5 para cada respuesta correcta, y dividirlo en el total de ensayos de evaluación de la tarea (Puntaje de aciertos = 5 \* respuestas correctas / 40 = 0.125 \* respuestas correctas). A continuación, y únicamente para aquellas y aquellos participantes que completaron los tres bloques de evaluación y tienen un porcentaje de aciertos superior al 80%, se realiza un ajuste por tiempo. Este ajuste responde a que la demora en el tiempo de respuesta (o aumento de RT) le permite a las y los participantes responder con mayor precisión, siendo así el RT un indicador del costo de la tarea. Mediante este procedimiento, los sujetos que completan los bloques 3 (pre-cambio de regla) y 4 (post-cambio de regla) pero que no pasan al bloque 5 pueden obtener un puntaje máximo de 1.25. Los sujetos que pasan al bloque 5 juegan 30 ensayos adicionales, que son mayoritariamente sin cambio de regla, pueden obtener puntajes finales de hasta 5. Esta estrategia de puntuación conduce a dos poblaciones con puntajes que oscilan entre el 0 y 1.25 y entre 1.25 y 5. Finalmente, el ajuste por RT otorga a aquellos y aquellas participantes con

un porcentaje de aciertos mayor al 80% un máximo de 5 puntos, que al acumularse al puntaje anterior puede alcanzar hasta 10 puntos. En conclusión el puntaje de los y las participantes varía entre 0 y 10.

La Figura 15 muestra la distribución de participantes por resultado obtenido en la tarea DCCS, según la metodología de puntaje propuesta por Zelazo (2013). Adicionalmente se identifican las y los participantes que juegan hasta los bloques 4 y 5, y los que juegan hasta el bloque 5. La puntuación y estructura de la tarea resultan en una distribución compleja de las puntuaciones. Definimos analizar por separado aquellos jugadores que realizan los bloques 3 y 4 y por otro los que realizan la tarea completa.



**Figura 15.** Cantidad de participantes por puntaje obtenido en la tarea DCCS según la propuesta de Zelazo (2013). Azul claro: participantes que juegan a los bloques 3 y 4. Azul oscuro; participantes que alcanzan jugar al bloque mixto.

### **Discusión de los resultados obtenidos con la tarea DCCS**

Encontramos que la mayoría de los y las participantes (99%) logran llegar al bloque 3, que corresponde al bloque de evaluación pre-cambio de la tarea DCCS. Para el grupo de participantes que logra completar la tarea se observa que la tasa de aciertos disminuye a medida que avanzan en los bloques, lo que es esperable en una tarea con un aumento progresivo en la dificultad.

Encontramos que nuestros datos no siguen una distribución normal, pudiendo diferenciarse dos grupos, uno con puntajes menores a 1.25 y otro con puntajes mayores. El primer grupo corresponde a aquellas y aquellos participantes que no lograron cambiar el criterio de clasificación, esto es, no lograron cumplir con la consigna planteada en el bloque 4, el bloque post-cambio. El segundo grupo corresponde a aquellos y aquellas participantes que lograron cambiar el criterio de clasificación, es decir completar el bloque 4, para luego avanzar al bloque 5. Por este motivo, en los análisis subsiguientes se tomará por un lado las y los participantes que completaron los bloques 3 y 4 de la tarea, y por otro lado los que completaron la tarea completa.

#### **4.3.6 Discusión general del desarrollo de nuevas tareas de evaluación**

El desarrollo de las nuevas tareas de evaluación de las funciones ejecutivas buscaba enriquecer las medidas de control inhibitorio y flexibilidad cognitiva. A partir del análisis descriptivo de las tareas concluimos que las tareas Simon y DCCS cumplen con los requisitos para ser utilizadas para la evaluación cognitiva. Las restantes tareas requieren ajustes para poder ser empleadas en la batería de evaluación.

### **4.4 Tareas de evaluación disponibles en la plataforma Mate Marote**

Junto a las nuevas tareas de evaluación desarrolladas se utilizaron tareas que se encontraban ya dentro de la plataforma Mate Marote. Las tareas son las siguientes: Tarea tipo Flor-Corazón (FH), Bloques de Corsi, Tarea de Redes Atencionales (ANT), Torres de Londres (ToL) y Test de Inteligencia No Verbal (ToNI).

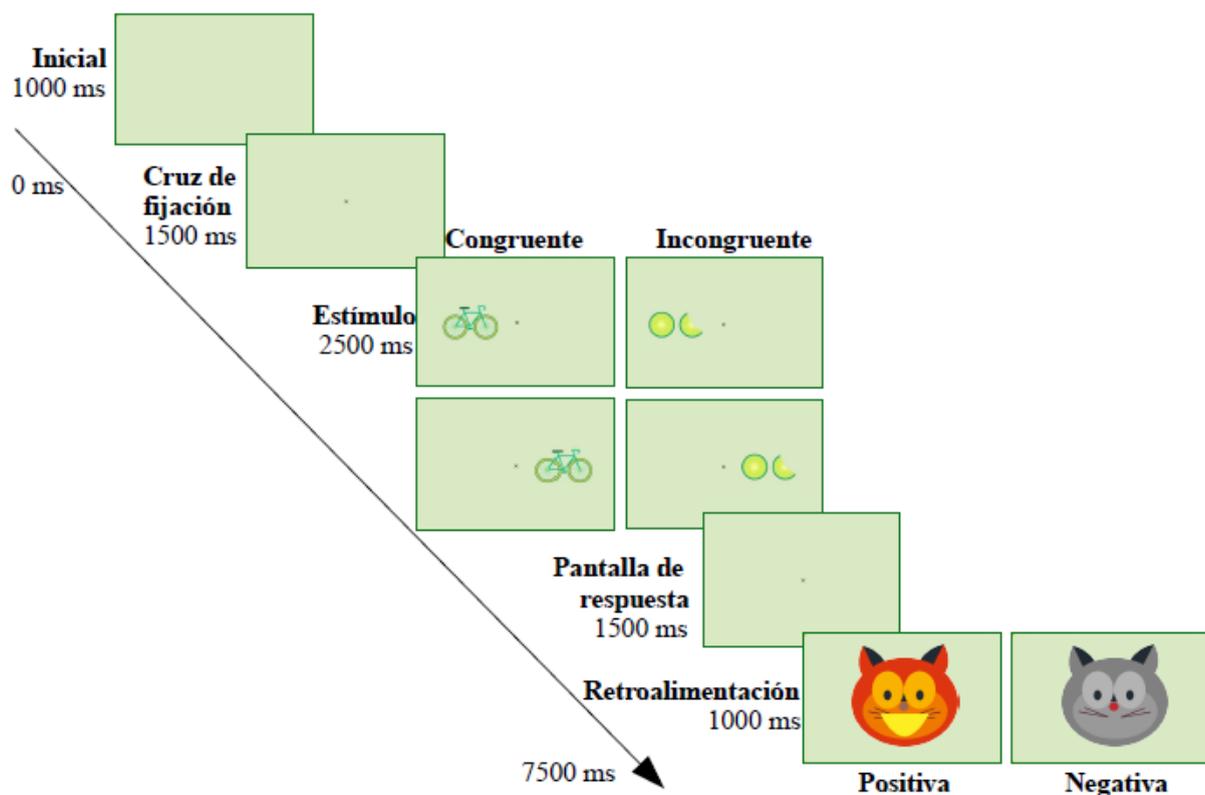
#### **4.4.1 Tarea tipo Flor-Corazón (FH)**

##### **Descripción de la tarea FH**

La tarea tipo Flor-Corazón stroop (FH; Diamond et al., 2007) evalúa control inhibitorio y flexibilidad cognitiva. La prueba comienza con una pantalla de pre estímulo, con una cruz central y dos botones de respuesta en la parte inferior del lado derecho e izquierdo, después de lo cual se muestra a uno de los lados de la cruz un estímulo. Esta tarea presenta dos condiciones de congruencia, una congruente y otra incongruente. Para la condición

congruente, el niño debe presionar el botón en el mismo lado donde aparece el estímulo; y para la condición incongruente, el niño debe presionar el botón en el lado opuesto de la pantalla donde aparece el estímulo. La tarea se organiza en tres bloques, donde las condiciones de congruencia de los ensayos se distribuyen de la siguiente manera: bloque de condiciones congruentes fijas con 12 ensayos, bloque de condiciones incongruentes fijas con 12 ensayos, bloque de condiciones mixtas con 24 ensayos (12 ensayos congruentes y 12 ensayos incongruentes, presentados de forma pseudoaleatoria). Al comienzo de cada bloque se presenta un video explicativo donde se explica al participante la consigna de ese bloque en particular. Para la condición congruente el estímulo presentado es una bicicleta, mientras que para la condición incongruente se presenta un limón.

El transcurso de pantallas en cada ensayo consiste en 1000ms de una pantalla en blanco, luego 1500 ms de la pantalla con cruz de fijación, 2500ms de la pantalla con el estímulo, 1500 ms de la pantalla de respuesta y finalmente 1000ms de la pantalla en blanco. La Figura 16 muestra una imagen representativa de la sucesión de pantalla de la tarea Flor-Corazón.



**Figura 16.** Sucesión de pantallas presentadas durante un ensayo de práctica en la tarea tipo Flor-Corazón, versión bicicleta. Se muestra el diseño de cada pantalla junto con el tiempo de

duración. Los ensayos congruentes son aquellos donde se presenta una bicicleta, y los ensayos incongruentes son aquellos donde se presenta un limón.

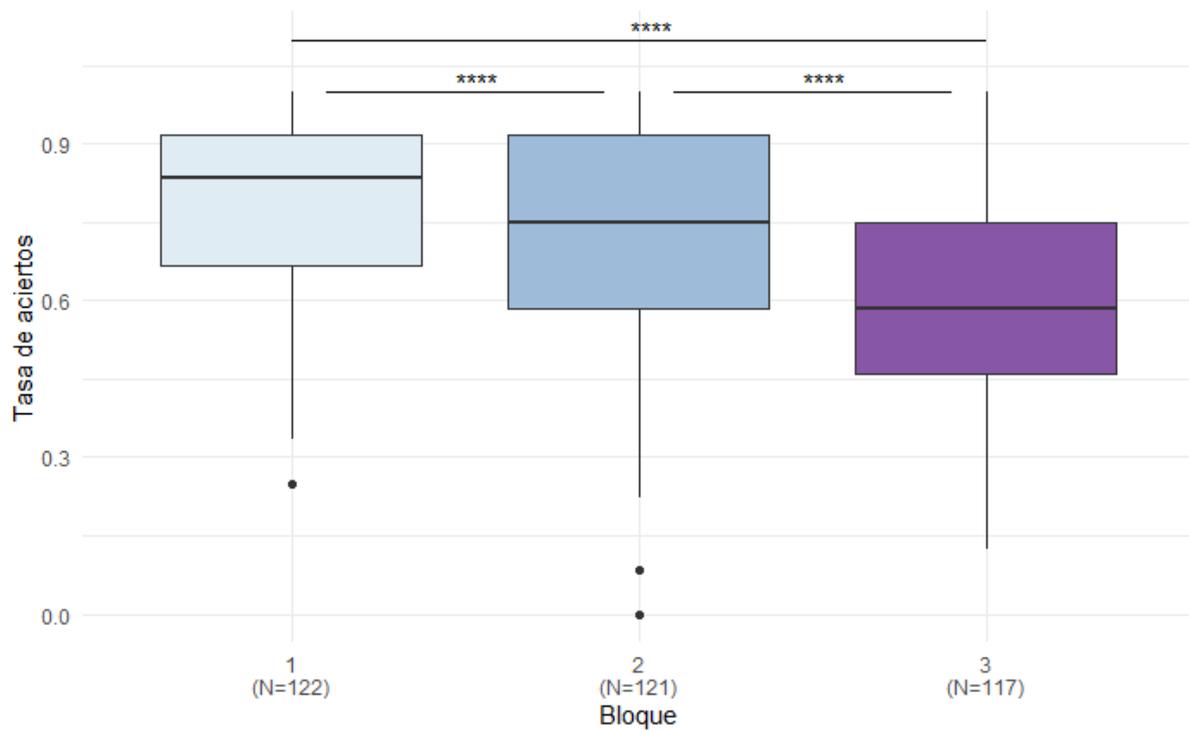
La organización de los ensayos en tres bloques sigue un orden de dificultad creciente. El primer bloque presenta únicamente ensayos congruentes (la respuesta motora del mismo lado que se presenta el estímulo). El segundo bloque, que presenta únicamente ensayos incongruentes (respuesta del lado contrario al que se presenta el estímulo), requiere control inhibitorio. El bloque mixto, considerado como el más exigente respecto a las funciones ejecutivas, requiere alternar entre ensayos congruentes e incongruentes. El participante deberá detectar el estímulo presentado para responder de acuerdo a la regla correspondiente, por lo que se considera una medida de flexibilidad cognitiva.

De acuerdo con el diseño de la tarea esperamos que el bloque congruente presente la menor dificultad, que el bloque incongruente presente una dificultad intermedia, y que el bloque mixto presente la mayor dificultad de la tarea. La dificultad de los bloques se vería reflejada en diferencias en las tasas de acierto de cada bloque y en el tiempo de respuesta.

### **Análisis descriptivo de la tarea FH**

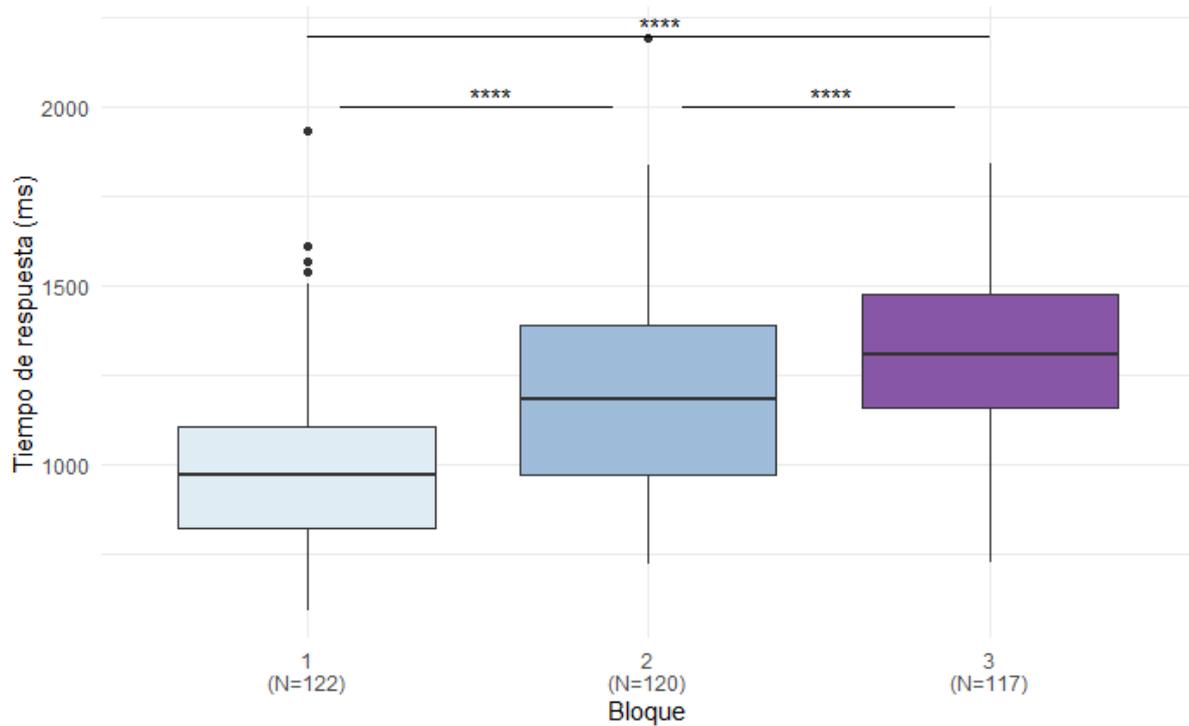
El bloque congruente de la tarea FH fue completado por 122 participantes, de los cuales 121 participantes completaron también el bloque incongruente, y 117 participantes completaron el bloque mixto.

Calculamos la tasa de aciertos por bloque de la tarea FH. Encontramos que la media de la tasa de aciertos en el bloque congruente es de  $0.79 \pm 0.19$ ; en el bloque incongruente es  $0.71 \pm 0.23$ , y en el bloque mixto es  $0.59 \pm 0.21$ . Al comparar la tasa de aciertos mediante un ANOVA observamos un efecto de bloque ( $F_{(2)}=27.91$ ,  $p < 0.001$ ); contrastes post-hoc mediante test de Tukey revelan diferencias significativas entre los bloques 1 y 2 ( $p=0.008$ ), 1 y 3 ( $p < 0.001$ ), y 2 y 3 ( $p < 0.001$ ). La tasa de aciertos por bloque se presenta en la Figura 17.

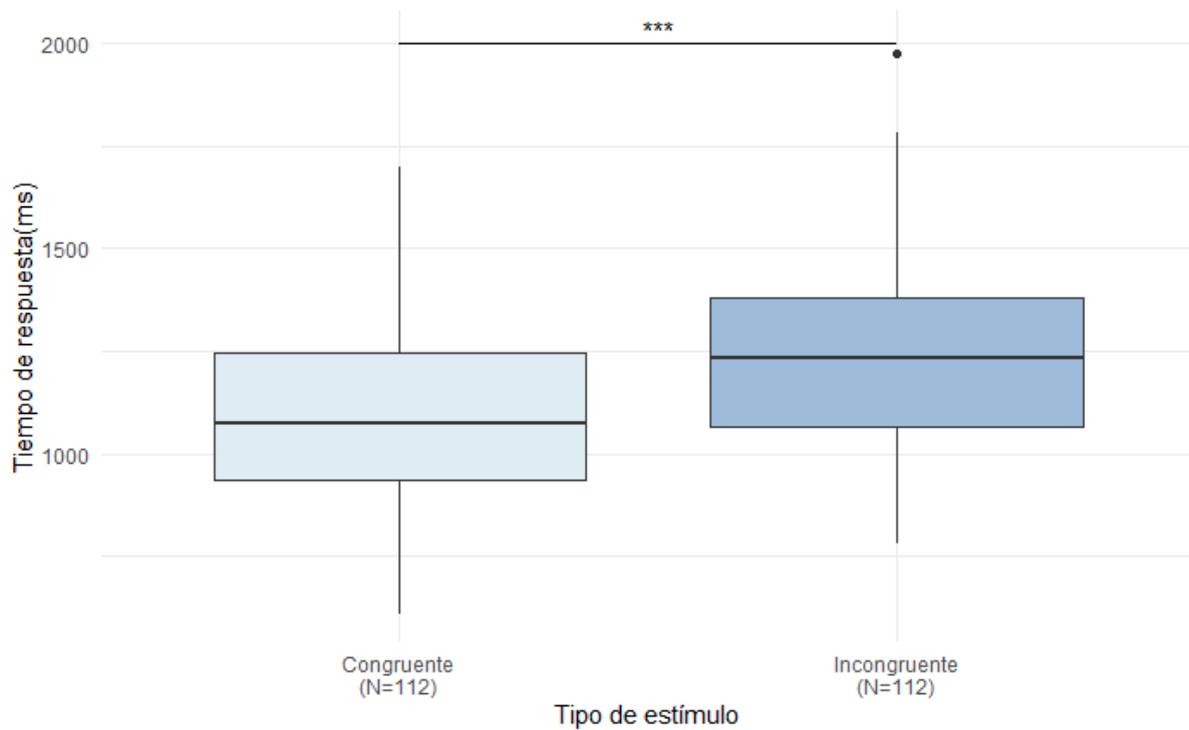


**Figura 17.** Tasa de aciertos por bloque en la tarea Flor-Corazón. Nota:\*\*\*\* p < 0.0001. N

Adicionalmente analizamos el tiempo de respuesta de las respuestas correctas, diferenciando por un lado los tres bloques de la tarea, y por otro lado el tipo de estímulo presentado. A continuación se presentan los boxplots correspondientes a ambos análisis (Figura 18 y Figura 19).



**Figura 18.** Boxplot del tiempo de respuesta por bloque en la tarea Flor-Corazón. Nota:\*\*\*\*  $p < 0.0001$ .



**Figura 19.** Boxplot del tiempo de respuesta según tipo de estímulo presentado en la tarea Flor-Corazón. Nota:\*\*\*\*  $p < 0.0001$ .

El tiempo de respuesta muestra un efecto de bloque ( $F_{(2)}=56.48$ ,  $p<0.001$ ), así como también al comparar tipo de estímulo ( $t_{(111)}=-5.48$ ,  $p<0.001$ ). Los contrastes post-hoc entre bloques revelan diferencias significativas entre todos los bloques ( $p < 0.001$ ).

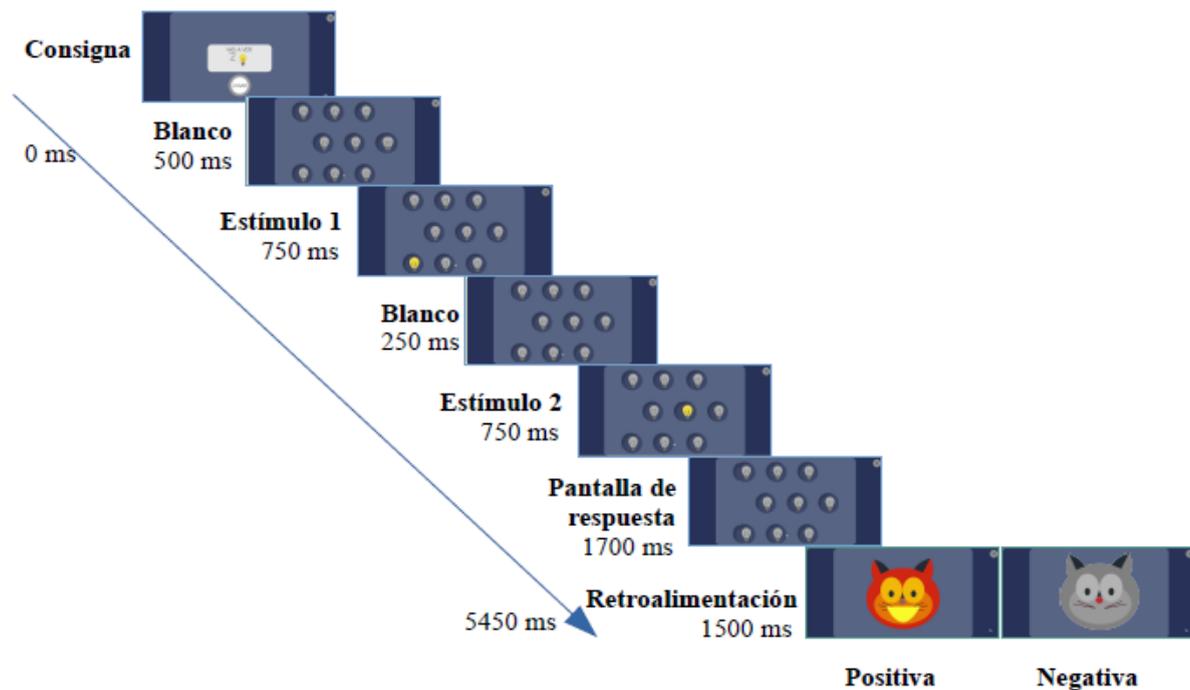
### **Discusión de los resultados obtenidos con la tarea FH**

Encontramos que la tasa de aciertos disminuye a medida avanza la tarea, lo que es esperable dado que la dificultad se incrementa en cada bloque. Observamos también un aumento en el tiempo de respuesta a medida que avanzamos en los sucesivos bloques, nuevamente acompañando el incremento de dificultad, y respuestas más lentas para los estímulos incongruentes. Estos resultados son acordes a los resultados esperados por la demanda ejecutiva de la tarea.

#### **4.4.2 Bloques de Corsi**

##### **Descripción de la tarea Bloques de Corsi**

La tarea Bloques de Corsi (Corsi, 1972) evalúa la memoria de trabajo visuoespacial a corto plazo. Esta tarea mide la capacidad de retener y reproducir el orden secuencial de una serie de elementos. En la pantalla inicial se anuncia el número total de elementos (lámparas, u otros) que deberán recordarse en ese ensayo. Una vez seleccionado el botón de inicio, ubicado en la parte inferior de la pantalla inicial, se procede a la pantalla de lámparas. En esta pantalla se encuentran nueve lámparas grises organizadas en una matriz de 3 x 3, que cambian al color amarillo durante 750 ms al ser encendidas. Durante el ensayo se presenta la secuencia de lámparas correspondiente, encendiendo una a una las lámparas con un intervalo de 250 ms entre ellas. Luego de presentada la secuencia en su totalidad se habilita la respuesta del participante. Una respuesta es considerada correcta cuando se indica el número total de lámparas que se encendieron, en el mismo orden en que fue presentada la secuencia. Una vez que el participante completó su respuesta debe de presionar el símbolo ✓, ubicado en el ángulo inferior derecho de la pantalla, para pasar al siguiente ensayo. En la Figura 20 se muestra la sucesión de pantallas correspondiente a un ensayo de práctica para la tarea Bloques de Corsi.

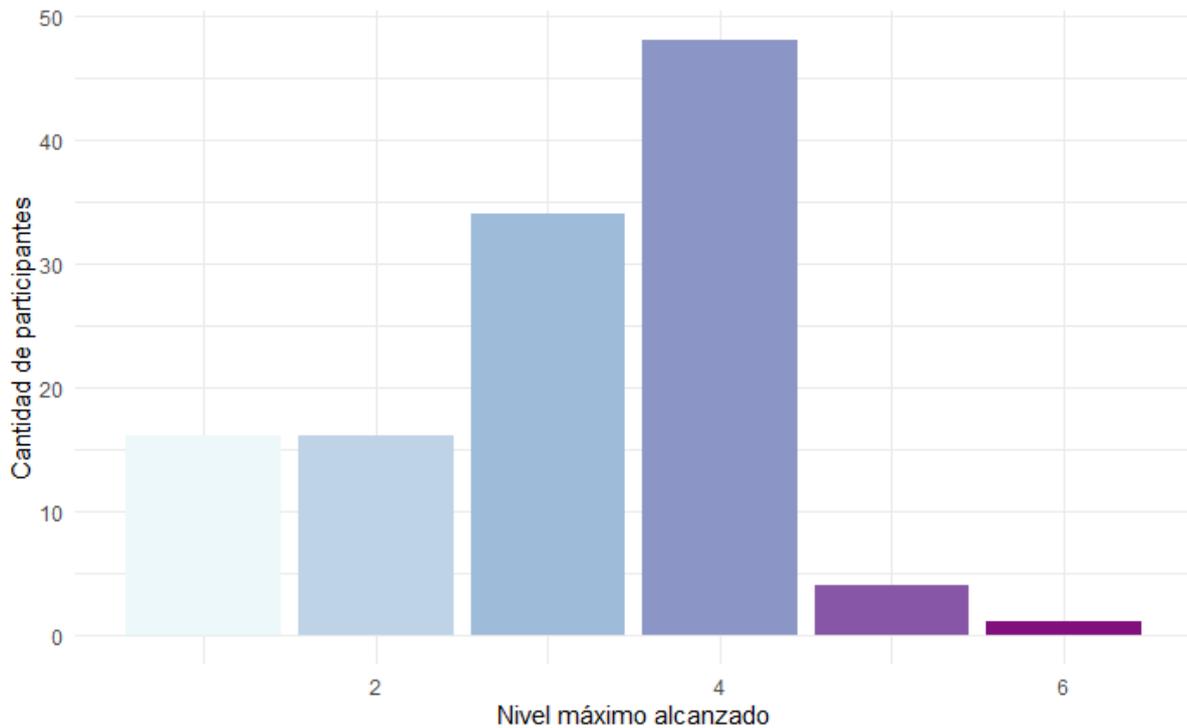


**Figura 20.** Imagen representativa de la tarea Bloque de Corsi, ensayo nivel 2 (se presenta una secuencia de encendido de 2 lámparas), ensayo de practica. Pantalla inicial; presentación de la organización de las lámparas; presentación de la secuencia, con pantalla en blanco en intervalo de lámparas encendidas; pantalla de respuesta; retroalimentación.

La tarea aumenta la dificultad a medida que el niño resuelve correctamente los ensayos. La dificultad se determina por secuencias cada vez más extensas, que van desde una única lámpara hasta un máximo de 8 lámparas encendidas. La tarea finaliza una vez que el participante responde incorrectamente dos ensayos consecutivos.

### **Análisis descriptivo de la tarea Bloques de Corsi**

La tarea fue realizada por 119 participantes, alcanzando como máximo el nivel 6, que corresponde a responder correctamente una secuencia de 6 lámparas. La distribución del nivel máximo alcanzado por los y las participantes se detalla en la figura a continuación (Figura 21).



**Figura 21.** Histograma de participantes por span alcanzado en la tarea Bloques de Corsi.

Encontramos que 16 participantes lograron completar únicamente el nivel 1, y sólo un participante alcanzó el nivel 6. La media de avance para el total de participantes es de 3.09, con un desvío de 1.13.

### **Discusión de los resultados obtenidos con la tarea Bloques de Corsi**

119 participantes realizaron la tarea Bloques de Corsi, donde 16 (13.4%) no lograron completar el nivel 1 de dificultad; y el nivel máximo alcanzado, por un único participante (0.8%), es el nivel 6. Dado que la tarea consta de 8 niveles disponibles, nuestros datos no presentan efecto piso o efecto techo. Entendemos que la tarea es realizada de acuerdo a la demanda intencionada en su diseño, permitiendo evaluar la memoria de trabajo.

#### **4.4.3 Tarea de Redes Atencionales (ANT)**

##### **Descripción de la tarea ANT**

La Tarea de Redes Atencionales ANT (*Attentional Network Test*) (Rueda, 2004) mide los tres componentes del constructo atencional (Fan y Posner, 2004): red de alerta, red de orientación y red de atención ejecutiva.

La consigna de la tarea ANT es determinar la dirección a la que apunta el estímulo central y responder lo más rápido posible la dirección seleccionada utilizando las flechas derecha o izquierda. En la pantalla se presenta un estímulo central con dos distractores a cada lado, siendo la serie de estímulos cinco animales iguales en línea.

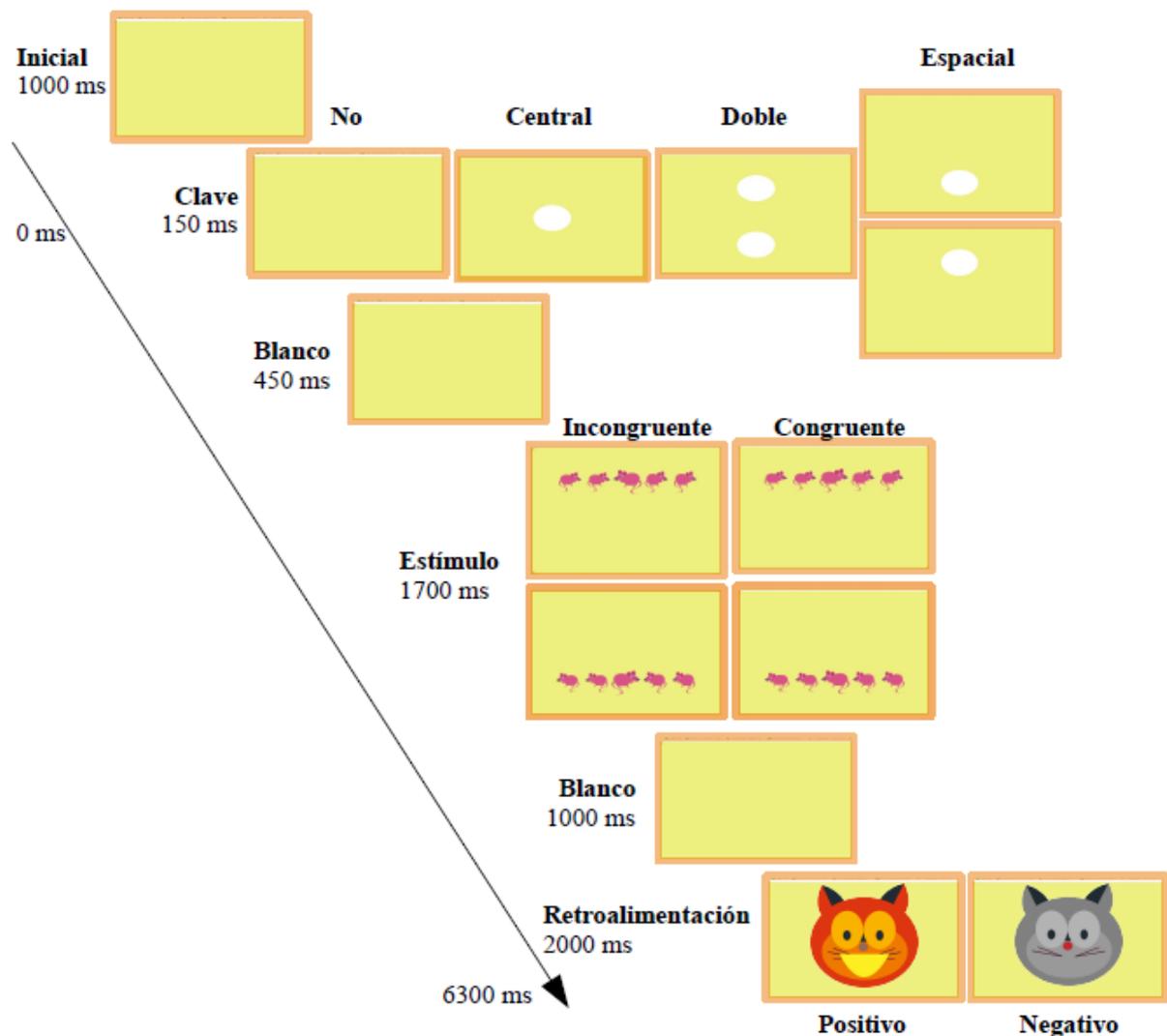
Durante la tarea se presentan dos condiciones, una congruente y una incongruente. En la condición congruente tanto los distractores como el estímulo central se orientan hacia la misma dirección. Por lo contrario, en la condición incongruente los distractores apuntan en dirección contraria al estímulo central.

Otro elemento de la tarea es la clave previa a la presentación de los estímulos, o clave de alerta. En la condición de clave espacial, se presenta una clave de alerta en la posición donde se mostrará el estímulo, que puede ser en la franja superior o inferior de la pantalla. Esta clave dirige la atención hacia la zona de la pantalla en la que aparecerá el estímulo. En la condición de clave doble se presentan dos claves de alerta en simultáneo, una por encima y otra por debajo de la cruz de fijación. En esta condición las claves de alerta sirven para atraer la atención del participante a las dos zonas de la pantalla donde puede aparecer el estímulo. En la condición de clave central, se presenta una clave de alerta en la posición central de la pantalla. En esta condición la clave de alerta no señala la ubicación donde aparecerá el estímulo, simplemente atrae la atención del participante a la pantalla. Los ensayos cumplen con una de las cuatro condiciones: sin clave, clave doble o clave espacial y clave central.

Cada ensayo consiste inicialmente en la presentación de la pantalla en blanco, con un punto de fijación en posición central durante un periodo de 1000 ms. Luego se procede a la presentación de una de las tres condiciones de clave durante 150 ms, seguido nuevamente de la presentación del punto de fijación durante 450 ms. Por último se presentan los estímulos y el participante cuenta con 1700 ms para dar la respuesta. En la Figura 22 se presenta una imagen representativa de la sucesión de pantallas en un ensayo de práctica.

La tarea original consiste en 144 ensayos de evaluación, organizados en tres bloques. A partir de experiencias previas con la tarea en una población de edad similar a la nuestra, definimos usar una versión modificada de 2 bloques ya que constatamos que en la tarea de 3 bloques la tasa de omisiones en el último bloque es muy alta. La tarea utilizada consiste en 64 ensayos de evaluación que se organizan en dos bloques de 32 ensayos cada uno, variando entre

bloques de animal y color de fondo de pantalla. Dentro de cada bloque se presentan de forma aleatoria las distintas condiciones de congruencia y clave de alerta.



**Figura 22.** Imagen representativa de la tarea ANT, ensayo de práctica. Pantalla inicial; presentación de la clave; presentación de una pantalla en blanco; presentación del estímulo; presentación nuevamente de una pantalla en blanco donde se espera que responda el participante; retroalimentación.

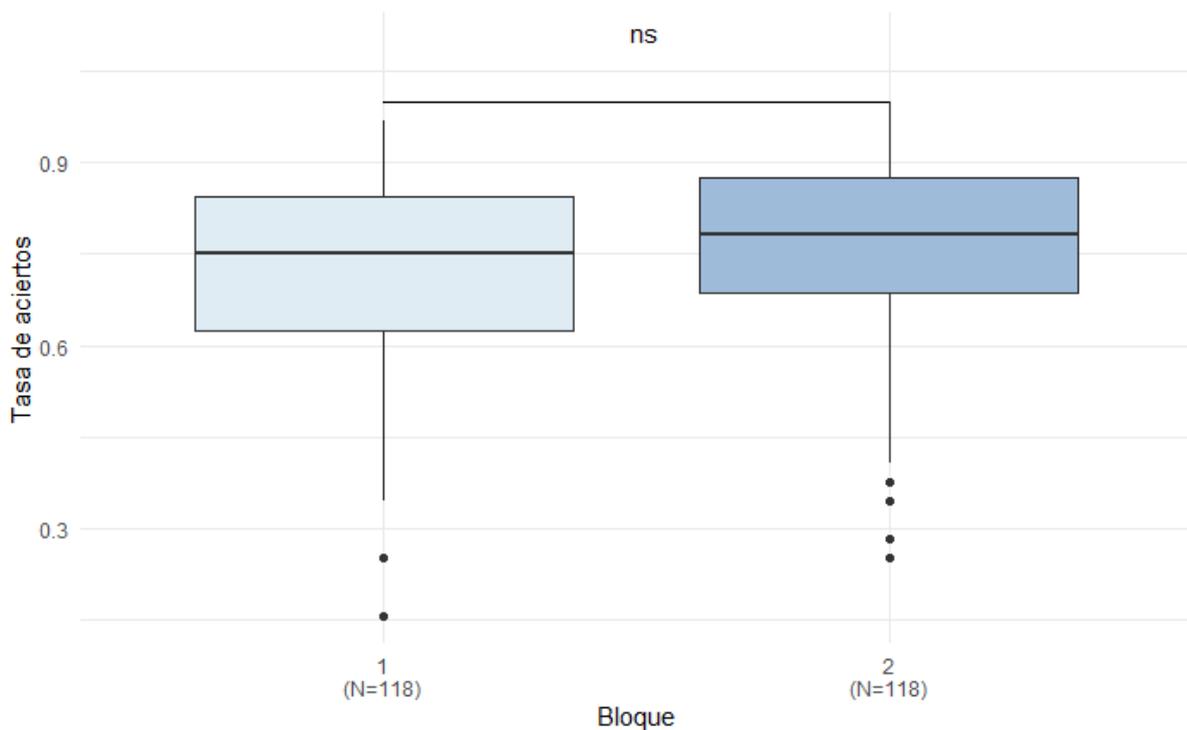
Para el análisis del control atencional tomamos como variables dependientes la tasa de aciertos en el total de la tarea, el tiempo de respuesta (RT) global, y el tiempo de respuesta (RT) en cada red atencional por separado. Esta aproximación, seguida también por Lipina y colaboradores (2013), permite evaluar las distintas dimensiones del control atencional. Los puntajes en RT se calcularon tomando únicamente los ensayos correctos.

Se calcularon los puntajes correspondientes a cada red atencional según se detalla a continuación. El puntaje en la red de alerta se obtiene restando a la mediana del RT para la condición sin clave, la mediana del RT para la condición de doble clave. El puntaje en la red de orientación se obtiene restando a la mediana del RT para la condición de clave central, la mediana del RT para la condición de clave espacial. El puntaje de la red de control toma el total de condiciones de clave, calcula la mediana del RT para los ensayos incongruentes y le resta la mediana del RT para los ensayos congruentes. Se calcula luego el puntaje medio de cada participante para cada red (Fan y Posner, 2004).

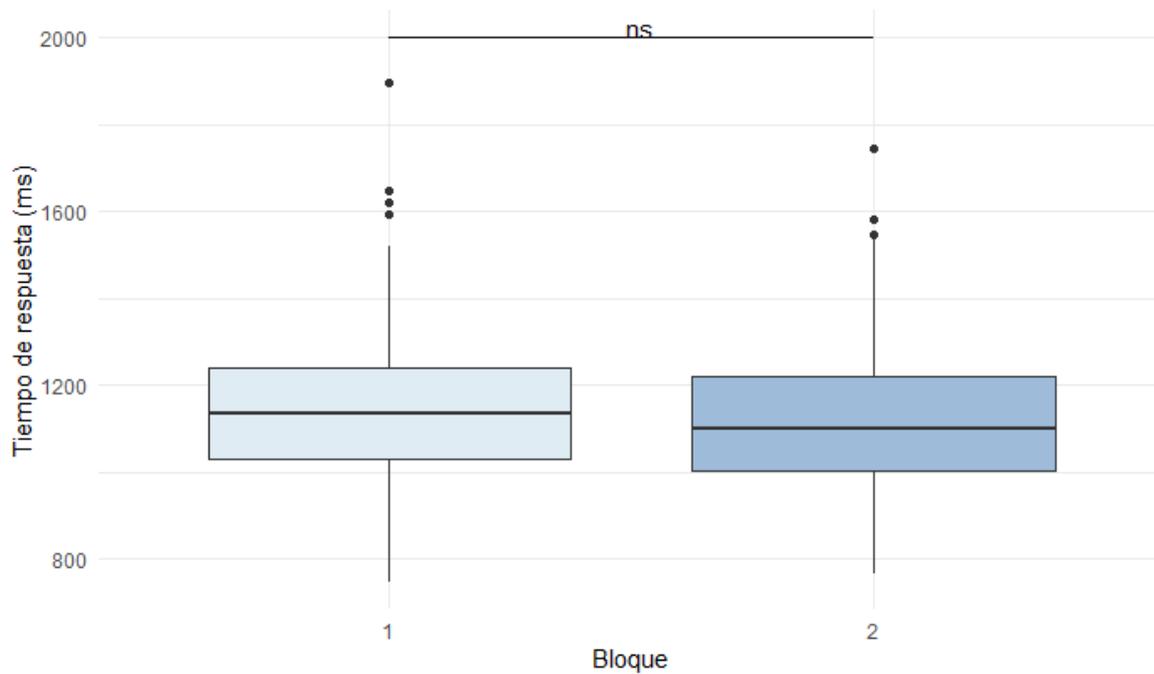
### Análisis descriptivo de la tarea ANT

La tarea ANT fue realizada por 123 participantes, de los cuales 120 completaron el bloque 1, y 118 completaron ambos bloques (bloque 1 y bloque 2).

Respecto al desempeño de las y los participantes a lo largo de la tarea analizamos tanto la tasa de aciertos como el tiempo de respuesta global. Comparamos el desempeño de los y las participantes diferenciando los dos bloques de la tarea. A continuación se presentan las gráficas correspondientes (Figura 23 y Figura 24).



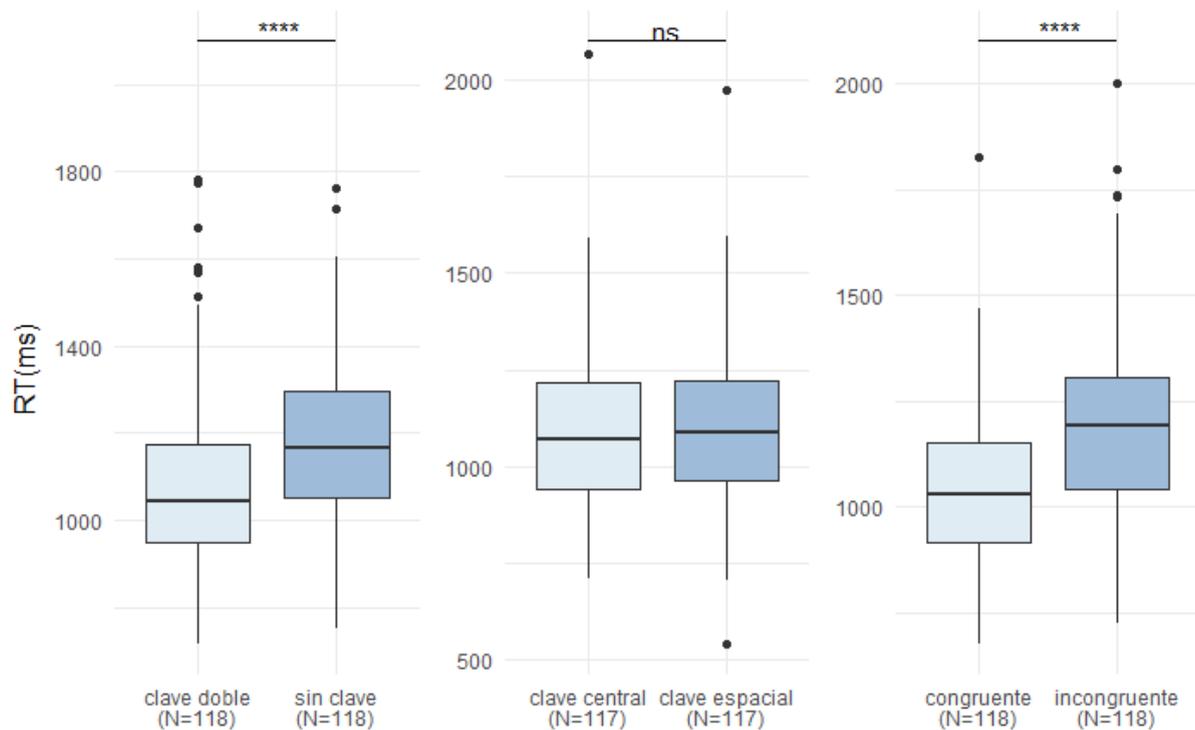
**Figura 23.** Boxplot de la tasa de aciertos por bloque en la tarea ANT. N=118. Nota: ns, no significativo.



**Figura 24.** Boxplot del tiempo de respuesta por bloque en la tarea ANT. N=118. Nota: ns, no significativo.

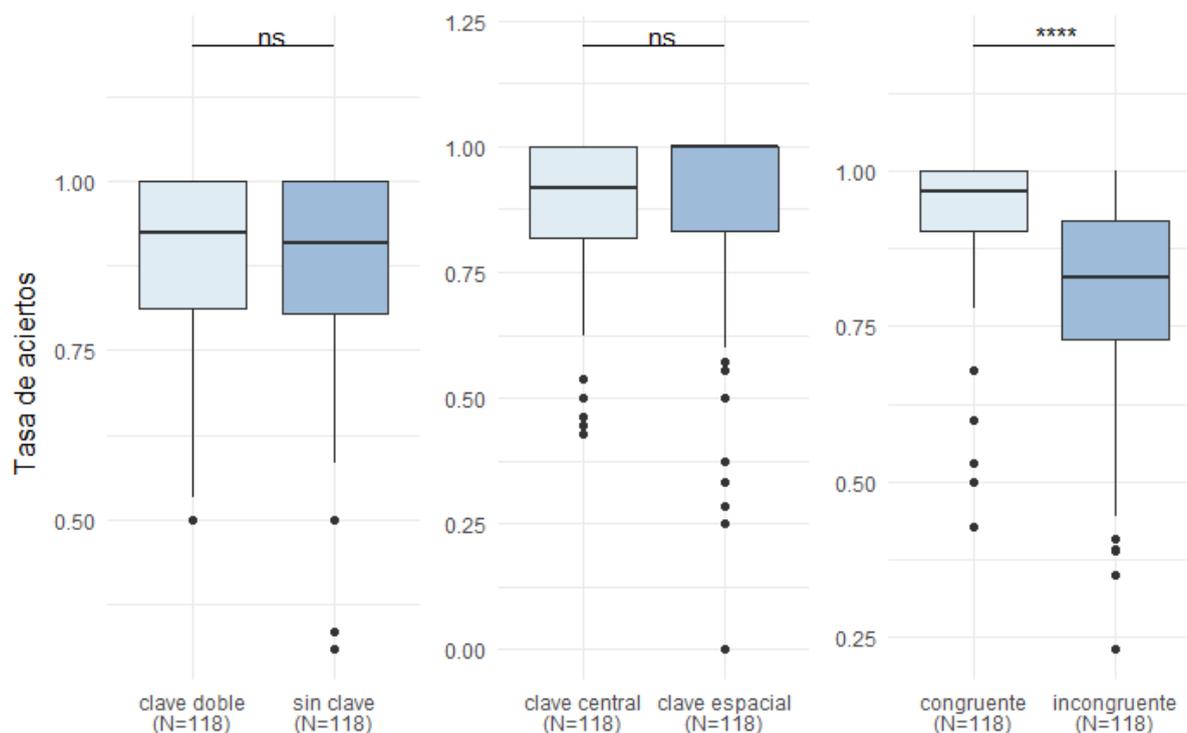
No observamos diferencias significativas por bloque en la tasa de aciertos ( $t_{(117)}=-2.75$ ,  $p=0.007$ ), ni en el tiempo de reacción global ( $t_{(117)}=2.30$ ,  $p=0.023$ ). Estos resultados se ajustan a los esperados según el diseño de la tarea, ya que los bloques poseen igual dificultad.

Por último, estudiamos el desempeño frente a los distintos estímulos y claves presentados, tanto en tiempo de respuesta como en tasa de aciertos, que se presentan en la Figura 25.



**Figura 25.** Boxplot de la mediana del tiempo de respuesta (RT) según tipo de estímulo (estímulo congruente y estímulo incongruente) y clave (clave doble, sin clave, con clave central, con clave espacial) presentado, en la tarea ANT. Nota: \*\*\*\*  $p < 0.001$ ; ns, no significativo.

Realizamos las comparaciones de los tiempos de respuesta mediante pruebas t-test, entre pares de estímulos y claves, siguiendo la línea del cálculo de las distintas redes atencionales (Figura 25). Al evaluar la red de alerta encontramos, como es esperable, un tiempo de respuesta mayor para la condición sin clave ( $t_{(117)} = -6.76$ ,  $p < 0.001$ ). Para la red de orientación, no encontramos una diferencia en el tiempo de respuesta entre condiciones ( $t_{(116)} = -0.72$ ,  $p = 0.470$ ). Por último, al evaluar la red de control, encontramos, también como es esperable, un tiempo de respuesta mayor en ensayos incongruentes ( $t_{(117)} = -12.52$ ,  $p < 0.001$ ).



**Figura 26.** Boxplot de la media de tasa de aciertos según tipo de estímulo (estímulo congruente y estímulo incongruente) y clave (clave doble, sin clave, con clave central, con clave espacial) presentado, en la tarea ANT. Nota: \*\*\*\*  $p < 0.0001$ ; ns, no significativo.

Para el caso de la tasa de aciertos (Figura 26), no encontramos diferencias en la red de alerta ( $t_{(117)}=0.58$ ,  $p=0.564$ ), ni en la red de orientación ( $t_{(117)}=-0.18$ ,  $p=0.859$ ). Encontramos diferencias únicamente en el estudio de la red de control ( $t_{(117)}=11.33$ ,  $p<0.001$ ), donde los ensayos congruentes, como es esperable, tienen una mayor tasa de aciertos respecto a los incongruentes. Para la condición de clave doble, sin clave, clave central, clave espacial, y condición congruente encontramos que el desempeño se acerca a 1, indicando un efecto techo en la tarea según tasa de acierto por red atencional.

### Discusión de los resultados obtenidos con la tarea ANT

El 96% (118) de las y los participantes completaron la tarea de ANT. Tal como es esperado por el diseño de la tarea, donde ambos bloques representan igual dificultad, no se encontraron diferencias significativas en la tasa de aciertos y tiempo de respuesta por bloque.

El análisis del desempeño frente a las distintas condiciones de clave y congruencia muestra, tal como es esperado, un tiempo de respuesta menor en ensayos congruentes en relación a incongruentes, y también en ensayos con clave doble respecto a ensayos con clave central.

Debemos destacar que no encontramos diferencias en el tiempo de respuesta a ensayos con clave espacial respecto a ensayos con clave central. En conclusión, consideramos que en nuestra población la tarea puede ser utilizada para evaluarlas redes de atención y control inhibitorio, no así la red de orientación.

#### **4.4.4 Torre de Londres (ToL)**

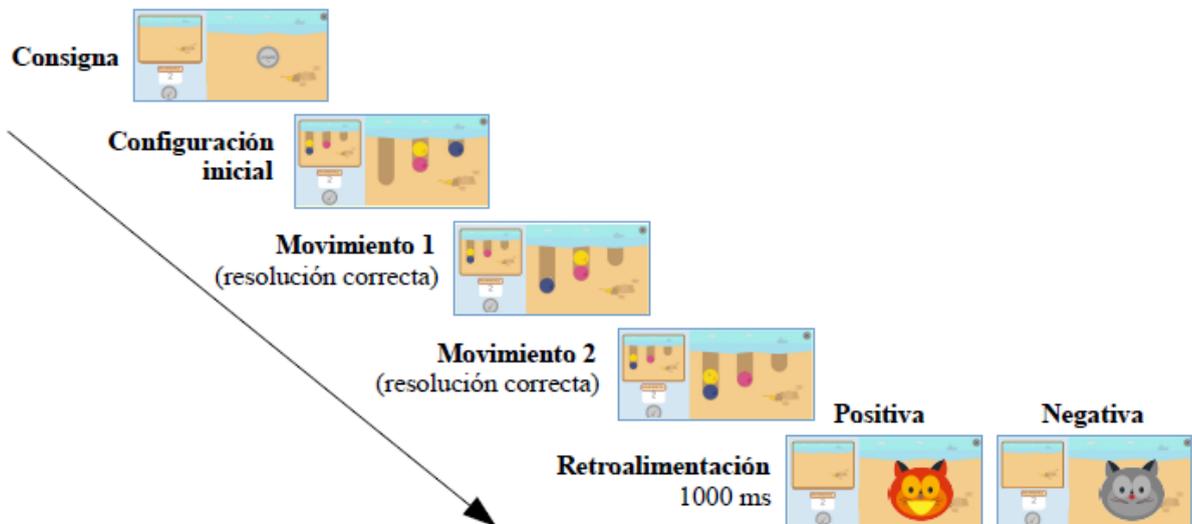
##### **Descripción de la tarea ToL**

La tarea Torre de Londres (ToL) mide planificación y resolución de problemas. En esta tarea se presenta una configuración inicial y una configuración final que debe ser alcanzada utilizando un número determinado de movimientos.

La tarea comienza con una pantalla donde se presenta la consigna. En el lado izquierdo de la pantalla se muestra el número de movimientos indicados para ese ensayo y un cuadro con la configuración final. Para dar comienzo al ensayo el participante deberá presionar el ícono con la palabra inicio ubicado en el centro de la pantalla inicial. Una vez que inicia el ensayo, el participante contará con un espacio de juego conteniendo tres pozos de distinto tamaño, con capacidad de contener una, dos o tres pelotas. En cada pozo, distribuidos según las especificaciones del nivel, se encuentran tres pelotas de distinto color. En la Figura 27 se presenta la sucesión de pantallas de un ensayo de práctica para la tarea ToL.

La consigna de la tarea es que el participante mueva las pelotas, una a la vez, entre las columnas para alcanzar la configuración final en el número de movimientos indicado.

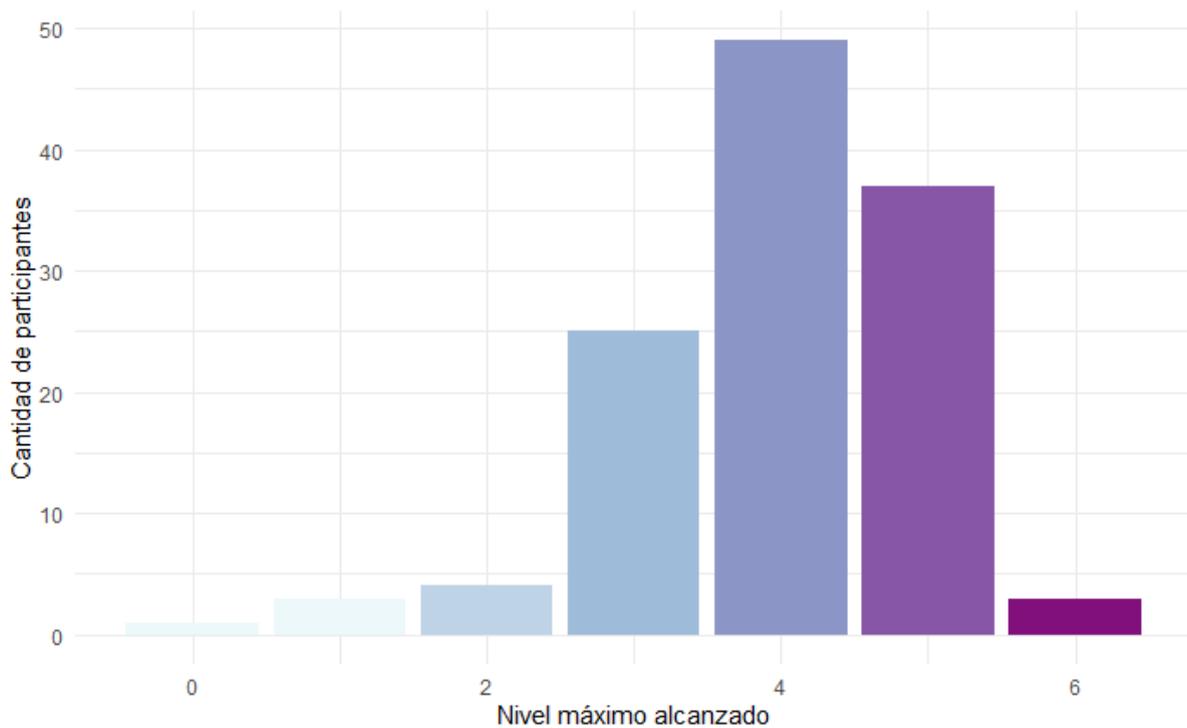
La dificultad de la tarea aumenta progresivamente, donde cada 5 ensayos se aumenta en una unidad el número de movimientos que deben realizarse para resolver el ensayo. La tarea termina cuando el participante realiza tres ensayos incorrectos en cinco ensayos consecutivos.



**Figura 27.** Imagen representativa de la sucesión de pantallas en la tarea ToL, ensayo de práctica. Pantalla inicial; presentación de la consigna; resolución correcta del primer movimiento; resolución correcta del segundo movimiento; retroalimentación.

### **Análisis descriptivo de la tarea ToL**

La tarea ToL fue realizada por 122 participantes. El número del nivel corresponde al número de movimientos necesarios para completar el ensayo, es decir, el nivel 2 corresponde a ensayos que requieren realizar 2 movimientos. Se toma como medida de desempeño al nivel máximo alcanzado por el participante. En la Figura 28 se presenta la distribución de las y los participantes según el nivel máximo alcanzado.



**Figura 28.** Cantidad de participantes por nivel máximo alcanzado en la tarea ToL. N=122.

El desempeño en esta tarea se ubica en  $3.97 \pm 1.05$ , mientras que el nivel máximo alcanzado es 6.

### **Discusión de los resultados obtenidos con la tarea ToL**

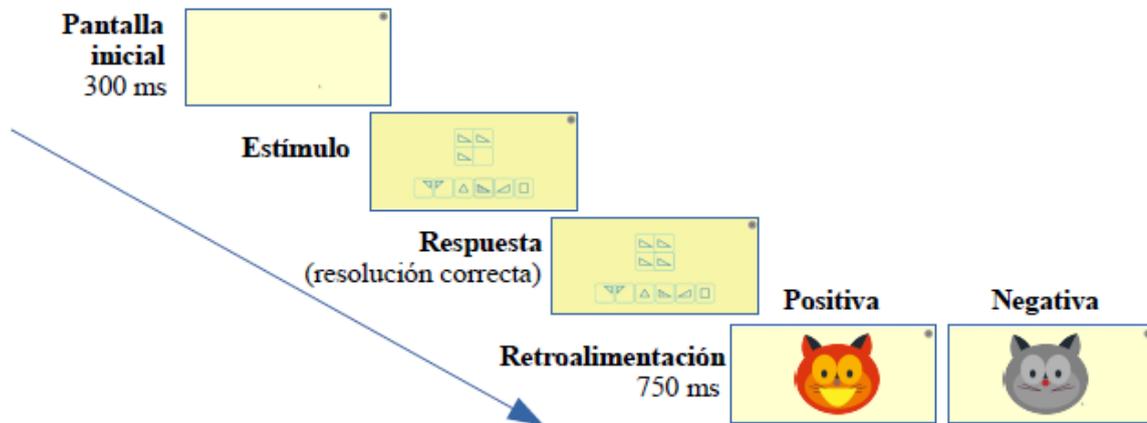
Tal como se muestra en el análisis descriptivo de la tarea ToL, sólo un participante (0.8%) no logró completar al menos un ensayo del primer nivel de dificultad, por lo que no se evidencia un efecto piso. En esta línea, tres participantes (2.5%) lograron alcanzar un nivel correspondiente a 6 movimientos. Dado que la tarea contaba con 8 niveles disponibles, entendemos así que tampoco encontramos un efecto techo. En suma, consideramos que la tarea ToL aplicada es adecuada para evaluar planificación.

#### **4.4.5 Test de Inteligencia No Verbal (ToNI)**

##### **Descripción de la tarea ToNI**

El Test de Inteligencia No Verbal (ToNI) es una tarea de matrices que mide inteligencia fluida. La pantalla presentada en cada ensayo se divide en dos cuadros, uno superior y otro inferior. En el cuadro superior se muestra una matriz de elementos abstractos con un espacio vacío. En el cuadro inferior se muestran 6 imágenes abstractas, o figuras, de las cuales sólo una completa la matriz. La consigna de esta tarea es encontrar la figura del cuadro inferior

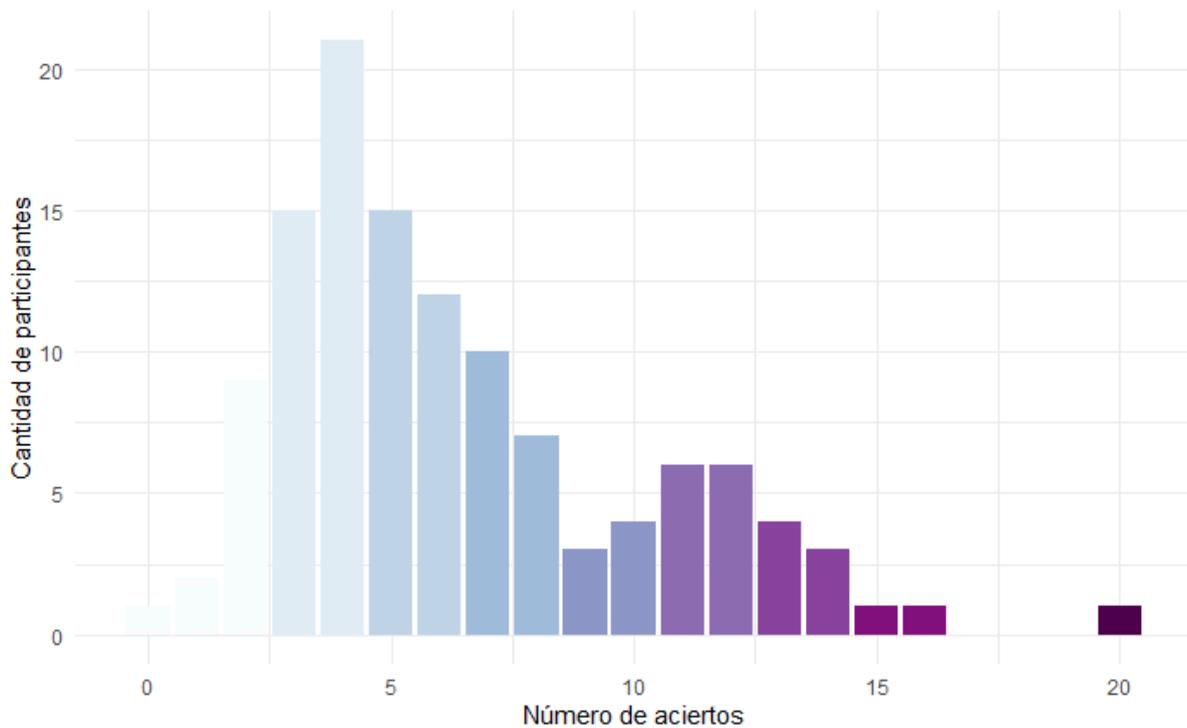
que completa la matriz. La Figura 29 presenta un ejemplo de sucesión de pantallas durante un ensayo de práctica de la tarea ToNI. La dificultad de la tarea aumenta a medida que el participante completa correctamente los ensayos hasta un máximo de 45 matrices. La tarea culmina cuando el participante realiza un total de 3 ensayos incorrectos.



**Figura 29.** Sucesión de pantallas en la tarea ToNI, ensayo de práctica. Pantalla inicial; presentación del estímulo; resolución correcta del ensayo; retroalimentación.

### **Análisis descriptivo de la tarea ToNI**

La tarea ToNI fue realizada por 121 participantes. Al estar organizada en niveles ordenados en grado de dificultad ascendente, el avance en la tarea va a estar dado por el número de aciertos totales obtenidos. A continuación se presenta el histograma correspondiente al número de aciertos alcanzado (Figura 30).



**Figura 30.** Cantidad de participantes por máxima cantidad de aciertos obtenidos en la tarea ToNI. N=121.

El desempeño en esta tarea se ubica en  $6,38 \pm 3,77$ ; mientras que el número máximo de aciertos es 20. Llama la atención la distribución bimodal.

### **Discusión de los resultados obtenidos con la tarea ToNI**

En la tarea ToNI 121 participantes comenzaron por realizar la tarea, de los cuales 1 (0.8%) no logró completar al menos un ensayo del primer nivel de dificultad, y sólo 2 participantes (1.6%) no lograron completar más allá del primer nivel de dificultad. El número máximo de aciertos alcanzado fue el 20, realizado por un único participante (0.8%). Dado que la tarea consta de 50 niveles disponibles, entendemos que nuestros datos no presentan efecto piso o efecto techo. Entendemos que la tarea es adecuada para evaluar inteligencia fluida.

#### **4.4.6 Consideraciones finales de las encuestas aplicadas y tareas evaluadas**

En este apartado discutiremos las variables que utilizaremos en la evaluación del desarrollo en relación al contexto de crianza, basándonos en los resultados obtenidos en el análisis descriptivo de las encuestas y tareas.

En relación al NSE de la muestra, constatamos que trabajar con escuelas públicas clasificadas en los extremos de quintil, nos permitió acceder a un rango amplio de puntajes en la muestra. Los hogares participantes obtuvieron puntuaciones que oscilan entre 11 y 63, en una escala que va de 0 a 100. La muestra evaluada incluye un rango de nivel socioeconómico que va de bajo a medio-alto.

Dado el rol relevante de los estilos parentales ejercidos por los responsables en el desarrollo cognitivo de los niños y niñas, buscamos incorporar esta variable en nuestros modelos. Lamentablemente al aplicar el cuestionario PSDQ, encontramos que el total de participantes obtienen como resultado el estilo parental autoritativo. Al no contar con una diversidad de estilos parentales en nuestra muestra, no es posible incorporar esta variable a los análisis subsiguientes.

En relación a las tareas de evaluación definimos emplear las siguientes tareas. Para evaluar control inhibitorio el bloque incongruente de la tarea Flor-Corazón y la tarea Simon; para memoria de trabajo Bloques de Corsi; flexibilidad cognitiva, mediante las tareas DCCS y bloque mixto de la tarea Flor-Corazón; redes atencionales mediante ANT; planificación mediante la tarea ToL; e inteligencia no verbal mediante la tarea ToNI.

## **4.5 Resultados: desarrollo de las FE en relación al nivel socioeconómico**

### **4.5.1 Análisis estadístico**

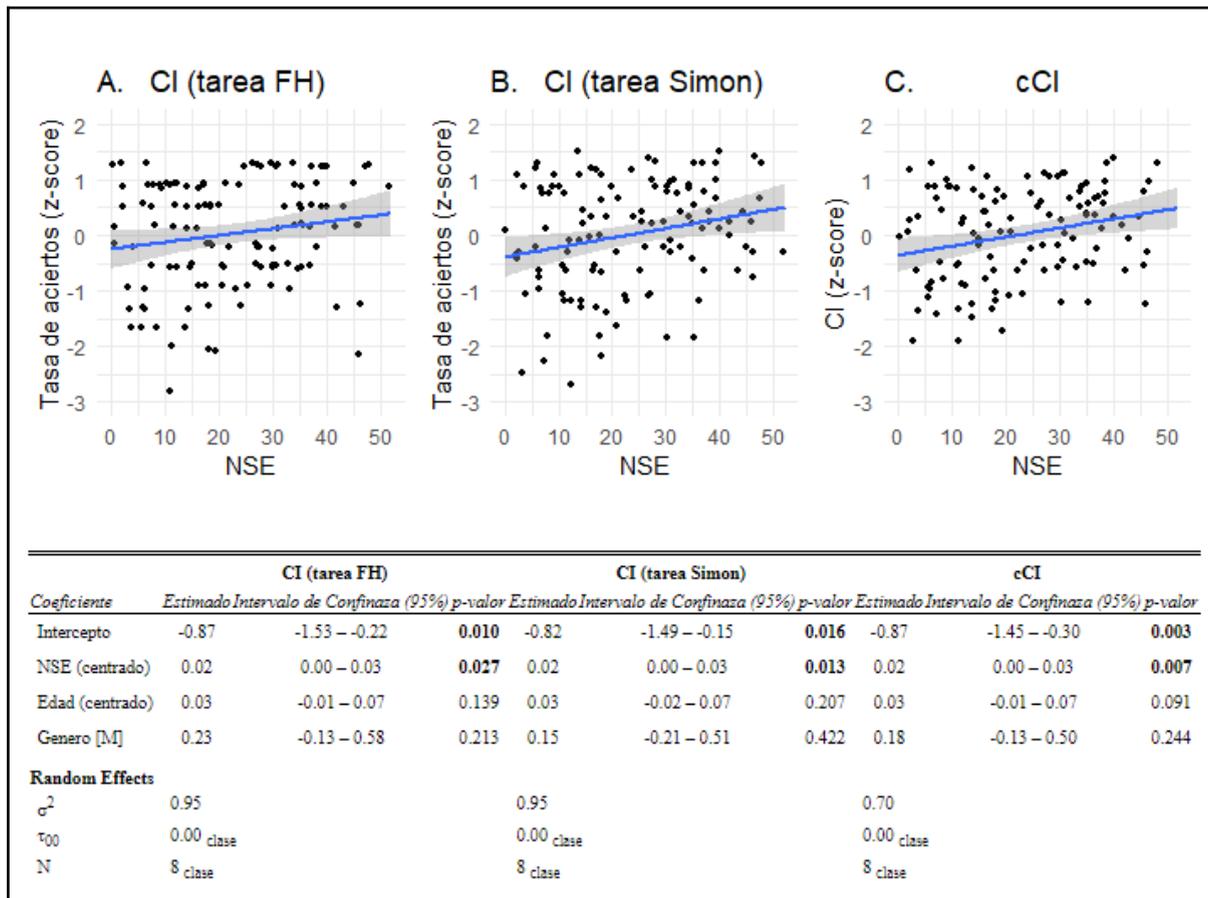
Para evaluar la asociación del funcionamiento ejecutivo con el NSE de los hogares empleamos modelos lineales mixtos (LMM), que incluyeron edad, género y NSE como efectos fijos, y un intercepto aleatorio con las niñas y niños anidados en clases. Las variables edad y NSE fueron centradas, mientras que el desempeño fue transformado a valores z.

### **4.5.2 Control Inhibitorio (CI)**

El análisis de control inhibitorio se realizó utilizando el segundo bloque de la tarea Flor-Corazón y la tarea Simon. Además de analizarlas por separado calculamos un compuesto de control inhibitorio (cCI) promediando la tasa de aciertos en los ensayos

incongruentes de ambas tareas. Para el cálculo del cCI únicamente se toman los datos de aquellos y aquellas participantes que completaron ambas tareas (N=120).

A continuación presentamos los resultados de ambas tareas por separado, y luego el análisis tomando en un único valor el desempeño en ambas (Figura 31).



**Figura 31.** Resultado de la asociación entre el desempeño en control inhibitorio y el NSE. A: tarea Flor-Corazón (FH) bloque 2 (N=121). B: tarea Simon (N=120). C: cCI (N=120). Regresión lineal representada por la línea en azul. Fila inferior: Resumen del resultado del modelo lineal mixto de la columna correspondiente. CI: control inhibitorio.

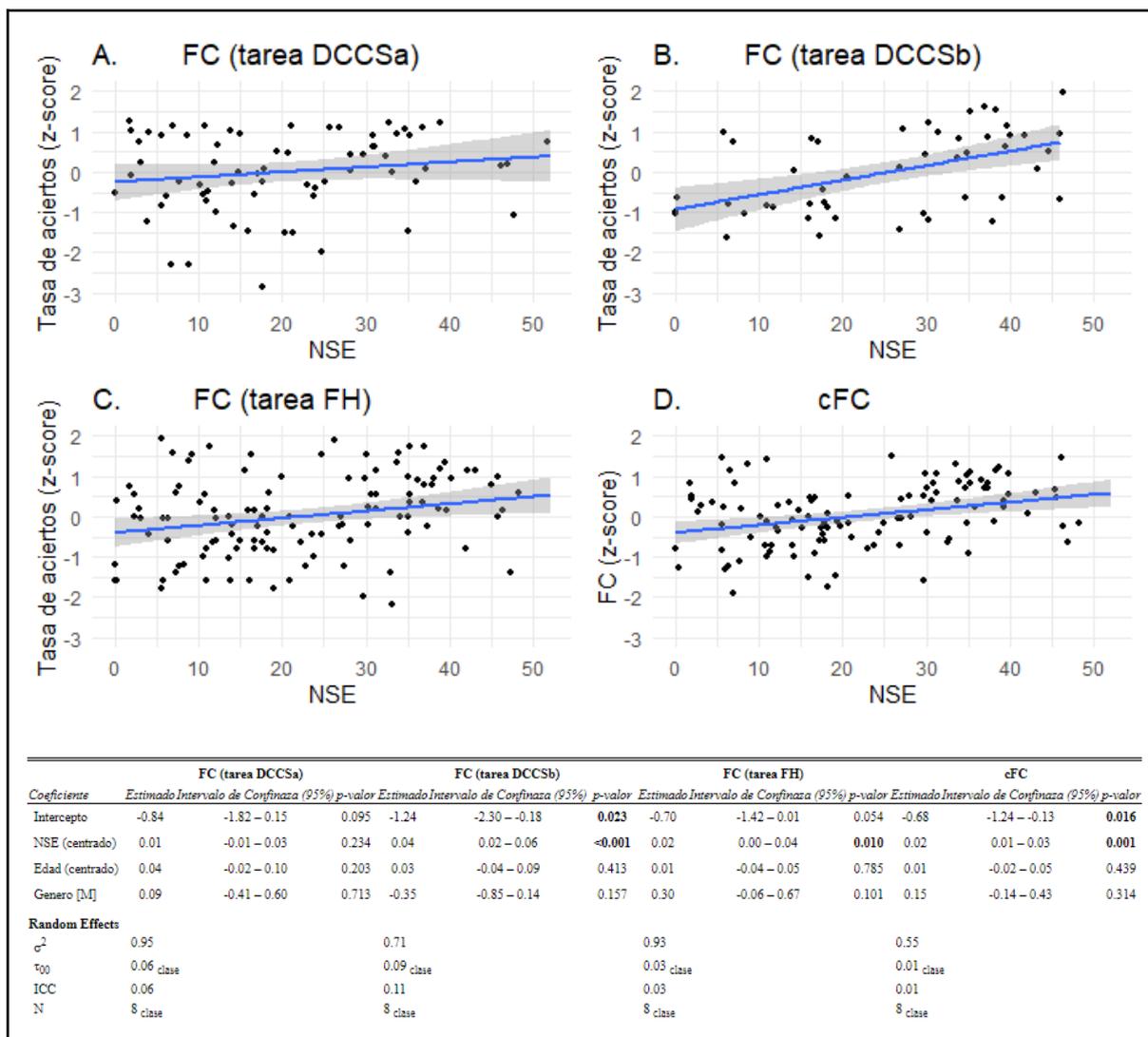
Encontramos una asociación positiva entre el NSE del hogar y el control inhibitorio evaluado mediante el desempeño en el bloque 2 de la tarea FH ( $F_{(1)}=4.99$ ,  $p=0.027$ ) y el desempeño en la tarea Simon ( $F_{(1)}=6.31$ ,  $p=0.013$ ). Encontramos también una asociación entre el nivel socioeconómico y el control inhibitorio evaluado mediante el cCI ( $F_{(1)}=7.59$ ,  $p=0.007$ ), donde aquellas y aquellos participantes que pertenecen a NSE alto alcanzan un puntaje mayor en cCI (Figura 31).

### **4.5.3 Flexibilidad Cognitiva**

Para evaluar flexibilidad cognitiva utilizamos dos tareas nuevamente, DCCS y el bloque mixto de FH. Adicionalmente calculamos el compuesto de flexibilidad cognitiva (cFC), únicamente para aquellos y aquellas participantes que completaron ambas tareas (N=111), promediando el puntaje obtenido en las tareas.

Para el caso de los bloques 3 y 4 de la tarea DCCS, en adelante DCCSa, calculamos la tasa de aciertos sobre un total de 10 ensayos (5 pertenecientes al bloque 3 y 5 pertenecientes al bloque 4). En el bloque 5, en adelante DCCSb, tomamos la suma de aciertos sobre un total de 30 ensayos, que corresponden a la totalidad del bloque 5. Para dicho análisis no realizamos un ajuste por RT.

El desempeño en flexibilidad cognitiva en la tarea FH se obtiene calculando la tasa de aciertos en la condición mixta, que corresponden al bloque 3.

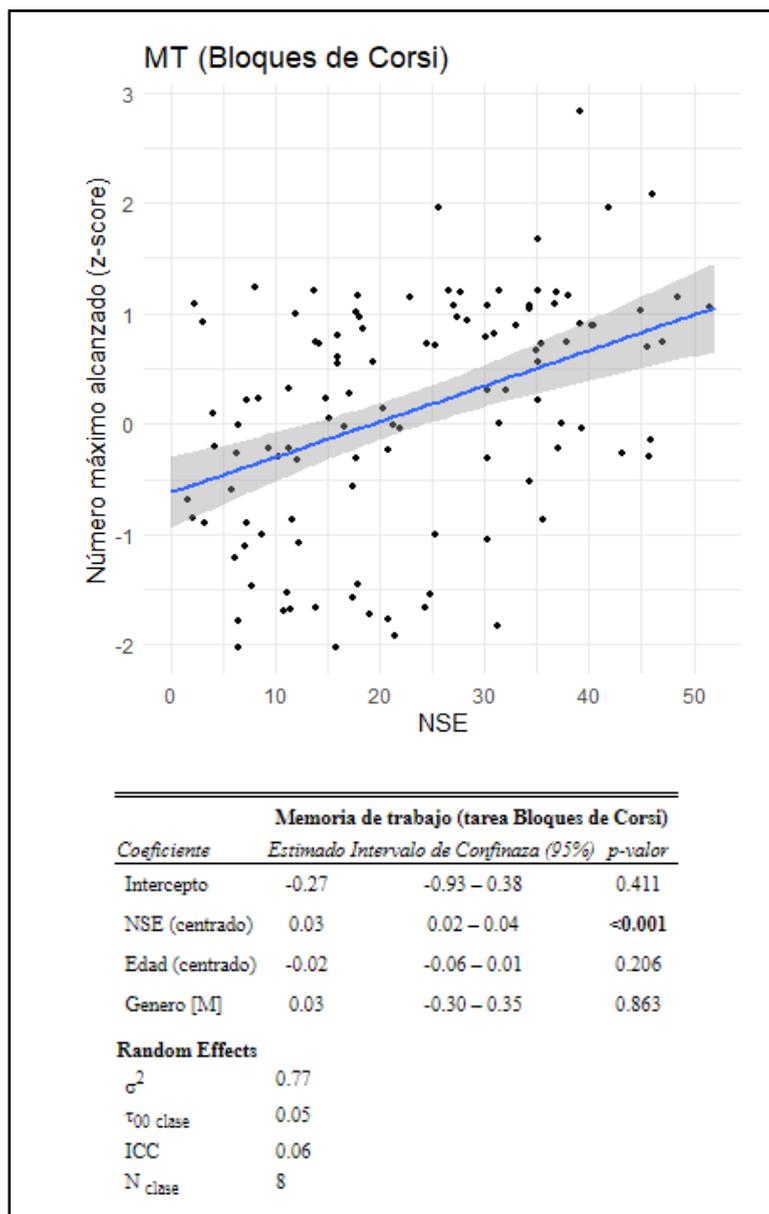


**Figura 32.** Resultado de la asociación entre el desempeño en flexibilidad cognitiva y el NSE. A: tasa de aciertos en DCCSa (N=68). B: tasa de acierto en DCCSb (N=48). C: tasa de aciertos en el bloque 3 de la tarea FH (N=116). D: tasa de aciertos en cFC (N=111). La línea azul es la línea de regresión simple. Fila inferior-Resumen del resultado del modelo lineal mixto de las figuras correspondientes. FC: flexibilidad cognitiva.

Encontramos una asociación significativa entre el nivel socioeconómico y desempeño en la tarea DCCSb ( $F_{(1)}=15.05$ ,  $p=0.003$ ), y entre la medida de flexibilidad cognitiva en la tarea FH y NSE del hogar ( $F_{(1)}=6.86$ ,  $p=0.017$ ), no así en la tarea DCCSa ( $F_{(1)}=1.44$ ,  $p=0.244$ ). Encontramos también una asociación entre el nivel socioeconómico y la flexibilidad cognitiva evaluada mediante el compuesto de FC, cFC ( $F_{(1)}=11.78$ ,  $p=0.005$ ) (Figura 32).

#### 4.5.4 Memoria de trabajo

Para la evaluación de memoria de trabajo se tomó el grado de avance de los y las participantes, indicado por el nivel máximo alcanzado en Bloques de Corsi. Los resultados se muestran en la siguiente figura, junto con la regresión simple obtenida y el resumen del modelo lineal mixto (Figura 33).



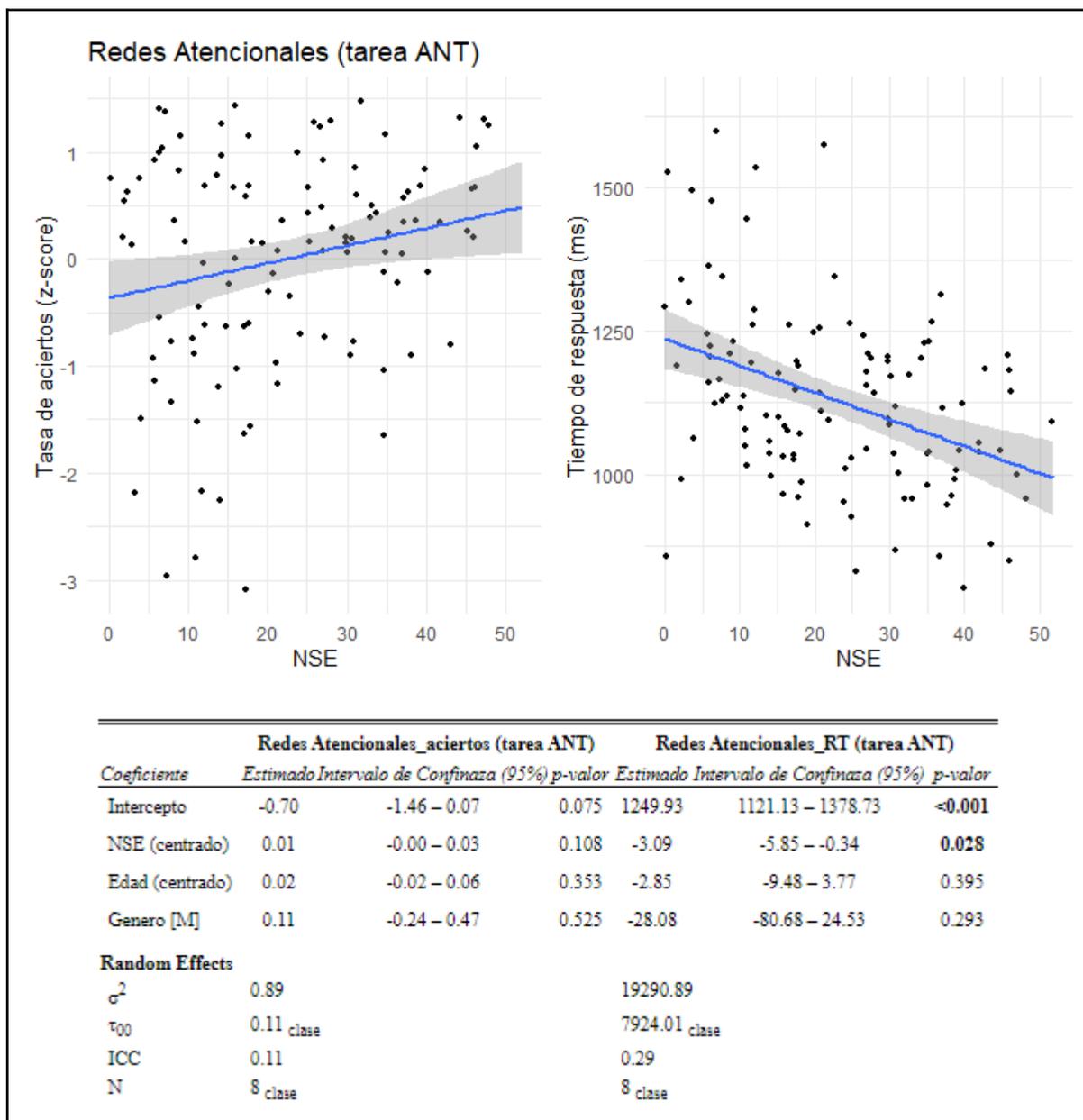
**Figura 33.** Resultado de la asociación entre el desempeño en memoria de trabajo visoespacial y el NSE. Parte superior: número máximo alcanzado en función del NSE. Regresión lineal representada por la línea en azul. Parte inferior: resumen del resultado del modelo lineal mixto correspondiente. MT: memoria de trabajo. N=119.

Encontramos una asociación entre esta medida de memoria de trabajo con el nivel socioeconómico ( $F_{(1)}=16.72$ ,  $p<0.001$ ). A mayor NSE encontramos un desempeño mayor en la tarea que evalúa memoria de trabajo.

#### **4.5.5 Redes atencionales**

Siguiendo con la evaluación de las funciones ejecutivas, realizamos el análisis de las redes atencionales, utilizando la tarea ANT.

Las variables RT global y tasa de aciertos global se calculan para la tarea en su conjunto. En la Figura 34 se muestran los resultados obtenidos al estudiar la asociación del NSE y atención.



**Figura 34.** Resultado de la asociación entre el NSE y las redes atencionales. Fila superior- Primera columna: tasa de aciertos en el total de la tarea. Segunda columna: Tiempo de respuesta (RT) en total de ensayos correctos. La línea azul es la línea de regresión simple. Fila inferior- Resumen del resultado de modelos lineales mixtos correspondientes por columna. N=118.

Encontramos una asociación entre el tiempo de respuesta global y el nivel socioeconómico ( $F_{(1)}=4.94$ ,  $p=0.028$ ), no así en la tasa de aciertos ( $F_{(1)}=2.63$ ,  $p=0.108$ ).

Realizamos luego el análisis de los tiempos de reacción en cada red atencional, reportando los resultados obtenidos en la Tabla 5.

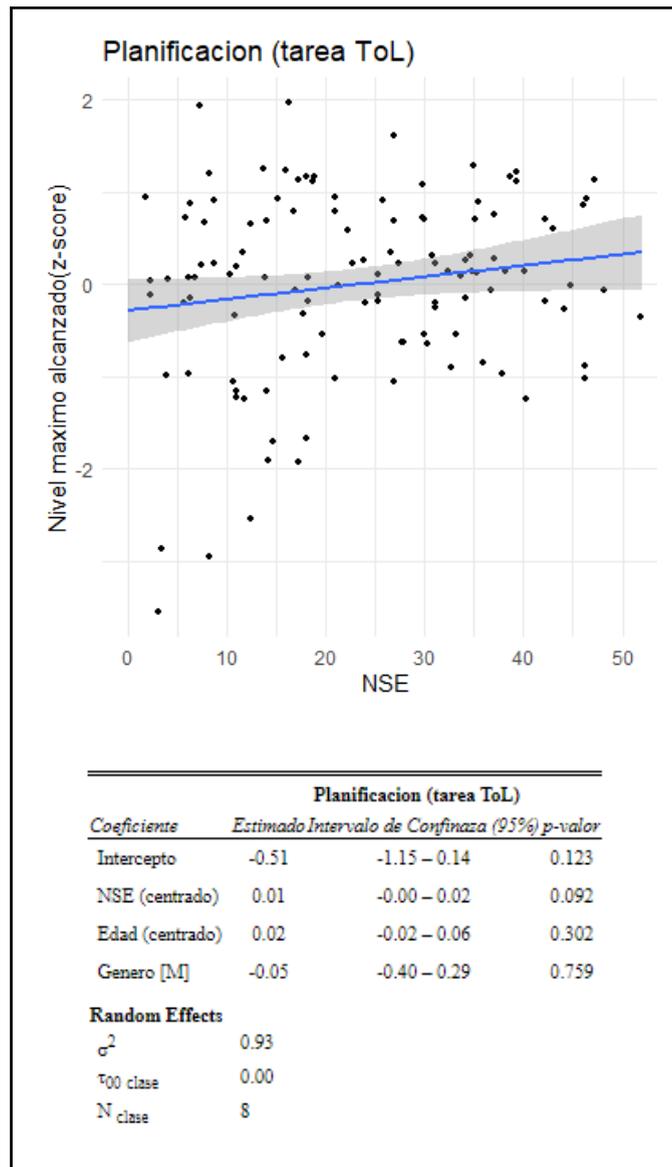
**Tabla 5.** Resumen de los modelos lineales mixtos en las distintas redes atencionales medidas según RT: Red de Control Ejecutivo (CE) y Red de Alerta (Alerta). N=118

<i>Coficientes</i>	<b>Red de Control Ejecutivo (CE)</b>			<b>Red de Alerta</b>		
	<i>Estimado</i>	<i>Intervalo de Confianza (95%)</i>	<i>p-valor</i>	<i>Estimado</i>	<i>Intervalo de Confianza (95%)</i>	<i>p-valor</i>
Intercepto	127.56	17.83 – 237.29	<b>0.023</b>	43.83	-70.46 – 158.12	0.449
NSE (centrado)	0.68	-1.73 – 3.08	0.579	-0.14	-2.40 – 2.11	0.899
Edad (centrado)	-0.40	-6.59 – 5.79	0.899	3.08	-4.04 – 10.20	0.394
Genero [M]	31.22	-18.84 – 81.28	0.219	39.46	-21.69 – 100.61	0.204
<b>Random Effects</b>						
$\sigma^2$	17647.02			27129.01		
$\tau_{00}$	2668.99	clase		0.00	clase	
ICC	0.13					
N	8	clase		8	clase	

No encontramos una asociación entre las variables de las distintas redes atencionales y el nivel socioeconómico del hogar (CE:  $F_{(1)}=0.310$ ,  $p=0.579$ ; Alerta:  $F_{(1)}=0.016$ ,  $p=0.899$ ).

#### 4.5.6 FE superiores (planificación e inteligencia fluida)

Pasaremos ahora a detallar los resultados de las tareas que evalúan las funciones superiores de planificación (tarea ToL) e inteligencia fluida (tarea ToNI). Ambas tareas se organizan en niveles que aumentan en dificultad a medida que el participante responde correctamente. Para el caso de la tarea ToL, se toma como medida de planificación en desempeño del participante dado por el nivel máximo alcanzado. La Figura 35 muestra los resultados obtenidos para la asociación del NSE del hogar con la medida de planificación.

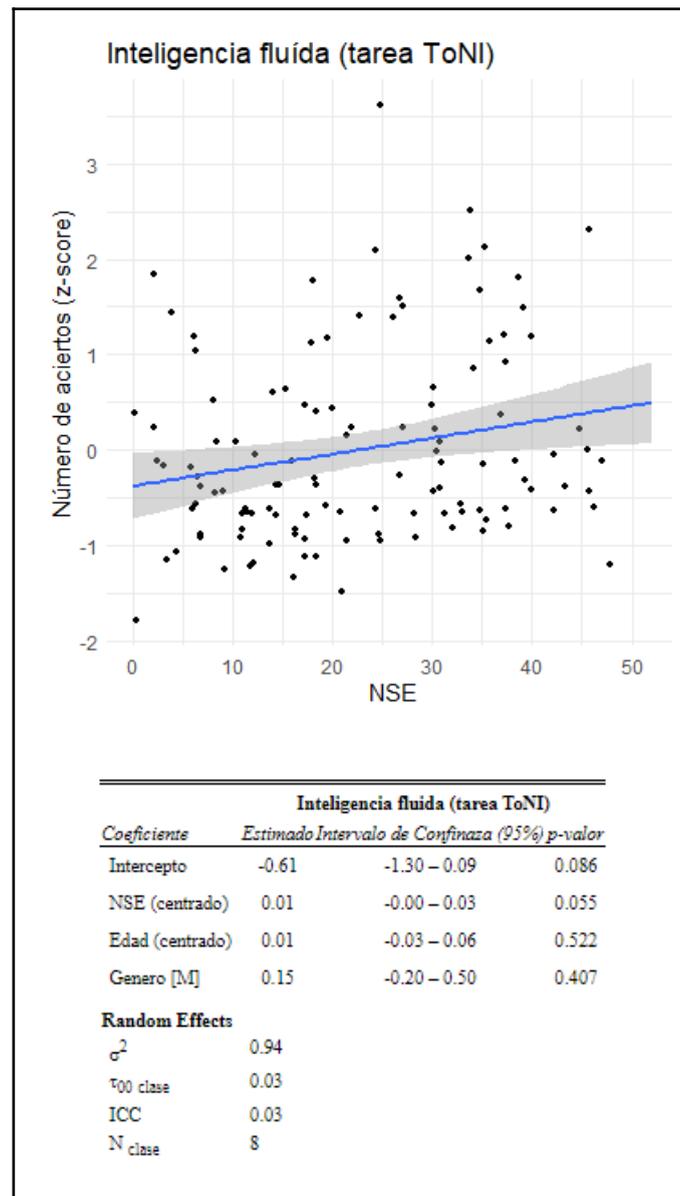


**Figura 35.** Resultado de la asociación entre el desempeño en planificación y el NSE. Cuadrante superior: nivel máximo alcanzado en función del NSE. Regresión lineal representada por la línea en azul. Cuadrante inferior: resumen del resultado del modelo lineal mixto correspondiente. N=122.

No encontramos una asociación entre el desempeño en la tarea de planificación ToL y el nivel socioeconómico del hogar tomado como variable continua ( $F_{(1)}=2.84$ ,  $p=0.092$ ), observando una tendencia que no alcanza a ser estadísticamente significativa (Figura 35). Al repetir el análisis utilizando NSE como variable categórica, nuevamente no encontramos una asociación entre el desempeño en planificación y el NSE del hogar ( $F_{(1)}= 2.51$ ,  $p= 0.116$ ).

La medida de inteligencia fluida va a estar dada por el grado de avance del participante en la tarea ToNI, tomándose como puntaje el número de aciertos totales obtenidos. A continuación se muestran los resultados de la asociación del NSE y la evaluación de inteligencia fluida

(Figura 36).



**Figura 36.** Resultado de la asociación entre el desempeño en una tarea de inteligencia fluida y el NSE. Cuadrante superior: número de aciertos totales en función del NSE. La línea azul es la línea de regresión simple. Cuadrante inferior: resumen del resultado del modelo lineal mixto correspondiente. N=121.

En el caso de la tarea ToNI, nuevamente evaluamos la asociación del NSE del hogar, tomado como variable continua primero y como variable categórica luego, con el desempeño en inteligencia fluida. Al tomar NSE del hogar como variable continua, encontramos una tendencia entre el nivel socioeconómico de las y los participantes y el NSE del hogar que no alcanza a ser significativa ( $F_{(1)}=3.69$ ,  $p=0.055$ ) (Figura 36). Al repetir el análisis tomando

NSE del hogar como variable categórica, el grupo de NSE bajo obtiene un desempeño significativamente menor que el grupo de NSE medio-alto ( $F_{(1)}=8.29$ ,  $p=0.010$ ).

## Capítulo 5

### Discusión de resultados de sección evaluación del desarrollo

Como primer objetivo en este estudio nos propusimos evaluar las funciones ejecutivas en relación al entorno de crianza en una población de niños y niñas uruguayas que cursan primer año escolar. Para la evaluación del entorno de crianza se tomaron medidas de NSE del hogar y del estilo parental de los cuidadores principales. Al evaluar el NSE del hogar de los y las participantes encontramos que nuestro datos se encuentran entre 11 y 63, en una escala que va de 0 a 100 puntos. La muestra evaluada se ubica en un rango de nivel socioeconómico que va de bajo a medio-alto. El no encontrar datos de NSE alto refleja una realidad del país, donde hogares del sector socioeconómico medio-alto, y sobre todo alto, tienden a enviar a sus hijos a escuelas privadas, no contempladas en este estudio. Al evaluar el estilo parental ejercido por los cuidadores encontramos un estilo principal autoritario en todos los casos, por lo que esta variable no pudo ser incorporada a los modelos.

Para evaluar las funciones ejecutivas se desarrollaron tareas de evaluación de control inhibitorio y flexibilidad cognitiva, que posteriormente fueron integradas al repertorio de tareas disponibles en la plataforma Mate Marote. También evaluamos redes atencionales, memoria de trabajo, planificación e inteligencia fluida, utilizando tareas ya presentes en la plataforma.

Nuestros datos muestran una clara asociación entre las funciones ejecutivas básicas (control inhibitorio, flexibilidad cognitiva y memoria de trabajo), con el NSE del hogar, tal cual hipotetizamos. Estos resultados van en el mismo sentido que los reportados en un gran número de publicaciones, comenzando por los trabajos de Noble, Norman y Farah 2005, y replicados posteriormente por múltiples autores (Blair y Raza, 2007; Evans et al., 2021; Hackman et al., 2015; Lawson et al., 2018; Noble et al., 2007; Raver et al., 2013; Ursache y Noble, 2016), incluso en la región (Lipina et al., 2005; Lipina et al., 2013; Lipina y Evers, 2017; Nin et al., 2022).

En la literatura aún no hay consenso sobre el efecto de las disparidades socioeconómicas en los procesos atencionales. Siguiendo la metodología planteada por diversos autores evaluamos el desempeño global en la tarea ANT, y el desempeño diferenciando las redes atencionales (red de alerta y red de control ejecutivo). Al evaluar atención de manera global tomando la proporción de respuestas correctas en el total de la tarea, no encontramos una asociación con el NSE del hogar. Por su parte, al tomar el tiempo de respuesta global sí observamos diferencias en el desempeño según el NSE del hogar. Estos resultados difieren parcialmente con los encontrados por otros autores, quienes aportan evidencia de una asociación de la atención, evaluada mediante proporción de ensayos correctos en la tarea ANT, con el NSE del hogar (Fracchia et al., 2020; Lipina et al., 2013). Nuestros resultados, en cambio, sugieren que los niños de contextos más desfavorecidos logran un número de aciertos similar a sus pares de contextos más altos, pero con un mayor costo temporal. Es decir, encontramos un efecto más sutil pero aún presente entre NSE y el desempeño en la tarea ANT. Respecto a las redes atencionales evaluadas, no encontramos una asociación de las redes de alerta y ejecutiva con el NSE del hogar. Este resultado es consistente con los reportados por Lipina y colaboradores (2013), donde no se encuentra una diferencia en el desempeño de las distintas redes según el NSE del hogar. Contrario a esta evidencia, Mezzacappa (2004) encuentra que niños de menor NSE obtienen puntajes menores para las redes de alerta y control ejecutivo.

Basándonos en el modelo tripartito de las FE propuesto por Miyake (Miyake et al., 2002), las FE básicas son necesarias para el desempeño en tareas que requieren FE superiores, como ser planificación y razonamiento. A la luz del impacto del NSE del hogar sobre las FE básicas, esperábamos también que el desempeño en tareas que requieren las FE superiores mostrara una asociación con el NSE del hogar. Trabajos previos reportan una asociación entre el NSE del hogar y el desempeño en planificación y en inteligencia fluida (Fracchia et al., 2020; Lipina et al., 2013). Sin embargo, nuestros resultados no son concluyentes en este sentido. Contrario a la hipótesis planteada, al evaluar planificación encontramos una tendencia que no alcanza la significancia estadística. De manera similar, nuestros resultados tampoco son concluyentes para inteligencia fluida. Por un lado, el modelo mixto (donde tomamos NSE del hogar como variable continua) no arroja una asociación en el desempeño en la tarea que evalúa inteligencia fluida con el NSE del hogar. Por otro lado, al tomar NSE del hogar como variable categórica, encontramos que los niños pertenecientes a hogares de NSE bajo muestran rendimientos en inteligencia fluida por debajo de sus pares de hogares de NSE alto.

En suma, los resultados obtenidos al evaluar la relación entre NSE del hogar y planificación e inteligencia fluida no coinciden con los reportes de la literatura (Fracchia et al., 2020; Hackmann et al., 2015; Lipina et al., 2013). No obstante, puesto que observamos tendencias en el sentido esperado, es posible que el tamaño de nuestra muestra y rango de NSE abarcado no sea suficiente para detectar un tamaño de efecto pequeño.

En suma, según nuestros resultados, crecer en contextos de NSE bajo impacta en el desempeño ejecutivo, al menos en las tareas empleadas, y bajo las condiciones de medición que describimos. Únicamente podemos especular sobre los mecanismos por los cuales el desempeño cognitivo se ve afectado por el contexto de desarrollo. Actualmente, la propuesta más aceptada es la de Diamond (2013), que sostiene que las conductas ejecutivas emanan de la combinatoria de memoria de trabajo, control inhibitorio y flexibilidad cognitiva. Puesto que cualquiera de esos procesos es sensible a la pobreza, no sorprenden nuestros hallazgos en relación a las FE básicas. Por otro lado, según la propuesta de Doebel (2020), las FE deben ser entendidas como la integración de habilidades en la regulación del control en servicio de una meta. Estas habilidades adquiridas durante el desarrollo, como ser conocimiento, valores, normas, preferencias, creencias e intereses, modulan el uso del control cognitivo, motor y perceptual, orientado a un objetivo específico en un contexto determinado. En este sentido, los niños que crecen en contextos socioeconómicos bajos podrían estar incorporando valores o pautas de comportamiento de su entorno donde son más valorados (o recurrentes, o necesarios) los estilos reactivos y menos los estilos reflexivos. En consecuencia, el contexto estaría favoreciendo estilos reactivos, dando como resultado desempeño descendido en control inhibitorio en niños pertenecientes a NSE bajo frente a sus pares de NSE mayor. En línea con este planteo, Frankenhuis (Frankenhuis y Nettle, 2020) postula que los modelos de déficit, tradicionalmente utilizados en la disciplina, deben incorporar la adaptación al ambiente, según la cual, los individuos gradualmente desarrollan habilidades para hacer frente a las características de su contexto. Así, niños y niñas que crecen en contexto de adversidad, podrían estar desarrollando comportamientos adaptados al contexto de adversidad. Estos comportamientos, ventajosos en un contexto, podrían resultar desventajosos en otros contextos, como el escolar (Blair y Raver, 2012). Mediante este planteo teórico, lejos de buscar realizar aseveraciones categóricas en la interpretación de nuestros resultados, buscamos introducir una alternativa a la concepción del desarrollo tradicionalmente enfocado únicamente en los modelos de déficit.

Finalmente, nos resulta importante destacar la relevancia de nuestros resultados en el ámbito escolar. Varios trabajos publicados apuntan a que el desempeño en tareas que evalúan FE es un predictor de la preparación para la escolarización y el logro académico posterior (Blair y Razza, 2007; Cragg et al., 2017; Monette et al., 2011; St Clair Thompson y Gathercole, 2006). En consecuencia, niños y niñas que crecen en contextos de NSE bajo se enfrentan desde etapas tempranas del desarrollo a mayores desafíos en el ámbito escolar frente a sus pares de mayor NSE (Lipina et al., 2013; Sigman et al., 2014). Con el objetivo de subsanar parte del impacto negativo de crecer en contextos adversos se han diseñado múltiples programas de intervención enfocados a estimular el desarrollo de las FE (Buttelmann et al., 2017; Goldin et al., 2014; Goldin y López-Rosenfeld, 2016; Karbach y Kray, 2009; Lipina y Evers, 2017).

La próxima sección, compuesta por los capítulos 8, 9, 10 y 11 se orienta a la promoción del desarrollo de las FE. Esta sección consiste en crear juegos nuevos y testarlos en el aula. Esta fase se trabajó únicamente en las escuelas de quintil 1 ya que el objetivo del presente proyecto es estimular las FE en niños y niñas pertenecientes a contextos vulnerables.

## Capítulo 6

### Diseño de juegos control y de estimulación cognitiva

#### 6.1 Estrategia para el desarrollo de los juegos

El desarrollo de los juegos fue realizado en conjunto por las investigadoras que trabajaron en el proyecto Mate Marote en colaboración con los desarrolladores informáticos y una diseñadora gráfica. El diseño gráfico de los juegos se alineó con los criterios generales de la plataforma. Las especificaciones de demanda cognitiva de cada nivel fueron realizadas en conjunto con las investigadoras principales del proyecto. Se desarrolló un conjunto de juegos de estimulación, que buscan estimular la flexibilidad cognitiva, el control inhibitorio y planificación; y un conjunto de juegos control, que requieren velocidad de procesamiento, pero no control inhibitorio o flexibilidad cognitiva. Con el objetivo de equiparar el interés que despiertan los juegos presentados a ambos grupos, nos propusimos diseñar juegos que utilizaran la misma consigna, tuviesen una mecánica, una estética y una demanda motora similar pero difieran en la demanda sobre las FE. Siguiendo esta línea de trabajo se diseñaron los juegos Estantes, Cuerdas y Lombriz en una versión estimulación y otra control. Adicionalmente se diseñó el juego Huerta, que al ser una matriz de búsqueda visual no da la posibilidad de generar una versión control. Para equiparar el número de juegos generados por grupo, se diseñó también el juego Espacial, con una versión control únicamente.

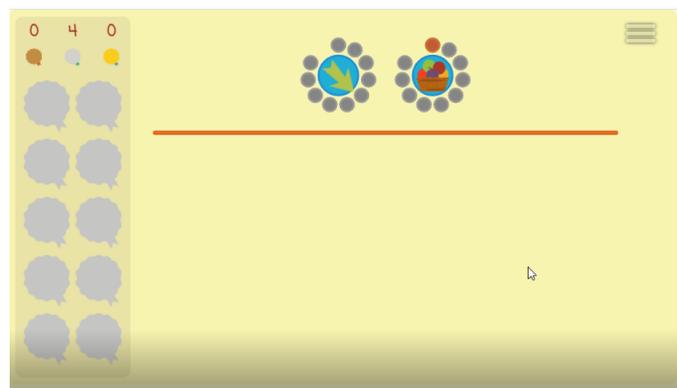
El testeo se llevó adelante entre los meses de setiembre y diciembre de 2019. Se estableció un cronograma de trabajo por escuela de una duración de 4 semanas con 2 sesiones de juego semanales. Cada sesión consiste en el trabajo dentro del aula durante 30 minutos.

Para testear los juegos trabajamos dentro de cada clase con dos grupos de participantes. A un grupo de niños se le asignó el conjunto de juegos de estimulación, y al otro grupo se le asignó el conjunto de juegos control.

Cada conjunto de juegos fue organizado en dos subconjuntos (subconjunto 1 y subconjunto 2), conteniendo dos juegos cada uno. Al ingresar cada jugador con su usuario personal accedía al subconjunto de juegos que le fue asignado. Durante una sesión de juego las y los participantes podían jugar los juegos del subconjunto asignado en el orden deseado, así como

ingresar y salir de los juegos las veces que quisieran. Con el objetivo de que los y las participantes jueguen en cada sesión a los dos juegos del subconjunto, y disponiendo de aproximadamente 30 minutos para trabajar dentro del aula, se estableció un tiempo máximo de 8 minutos por juego. De esta manera buscamos contemplar el tiempo necesario para que los usuarios se logueen en la plataforma y completen el tiempo disponible para jugar a ambos juegos durante la sesión. El avance alcanzado por cada jugador en los juegos es guardado en el perfil de usuario, continuando en la siguiente sesión en el mismo punto donde terminó la sesión anterior.

Un grupo de participantes jugó al conjunto de juegos control, que consistía en el subconjunto 1, con los juegos Lombriz versión control y Espacial; y el subconjunto 2, con los juegos Cuerdas versión control y Estantes versión control. El otro grupo de participantes jugó al conjunto de juegos de estimulación, que consistía en el subconjunto 1, con los juegos Lombriz versión estimulación y Huerta, y el subconjunto 2, con los juegos Cuerdas versión estimulación y Estantes versión estimulación. En la siguiente figura se muestra la pantalla tal como se visualiza los subconjuntos 2, para ambos grupos de participantes (Figura 37).



**Figura 37.** Imagen de la pantalla de ingreso al subconjunto 2 de juegos, donde se utilizan las mismas imágenes para las versiones control y estimulación. Se muestran los íconos correspondientes a los juegos Cuerdas (a la izquierda) y Estantes (a la derecha).

A continuación se describe el desarrollo de los juegos mencionados, junto con las especificaciones de demanda cognitiva y el diseño gráfico.

## 6.2 Diseño del juego Huerta



**Figura 38.** Imagen de un ensayo modelo del juego Huertas. En el ensayo se muestra al estímulo zanahoria naranja, y entre los distractores encontramos una hortaliza que coincide en el atributo color pero difieren en forma (tomate naranja), un distractor que difieren en el color pero coincide en la forma (zanahoria roja), distractores que difieren en color y forma, y un distractor que coincide en forma y color pero tiene un elemento “no go” (zanahoria naranja con abeja). En este ejemplo el estímulo se presenta junto con un obstáculo (zanahoria naranja con maleza).

El juego Huerta (Figura 38) fue diseñado únicamente como juego de estimulación. Se trata de una actividad similar a una búsqueda visual, una tarea típica de atención selectiva (Theeuwes, 1993) con elementos adicionales que incorporan demandas de flexibilidad y control inhibitorio, similar al juego “Golpear al topo” (CogniFit, s.f.). El juego consiste en seleccionar en la matriz un elemento igual al que se presenta en la esquina superior izquierda de la pantalla (el estímulo muestra). La matriz de la búsqueda visual emula una huerta, con verduras dispuestas en una matriz de tamaño variable. En cada ensayo el jugador debe encontrar dentro de la matriz la hortaliza que coincide con la hortaliza objetivo y presionar sobre ella, ignorando los estímulos distractores. Es importante recordar que la habilidad de filtrar elementos distractores es propia del control inhibitorio en la conceptualización de FE a la que se adscribe este trabajo. En cada ensayo se presenta en la matriz únicamente un estímulo que coincide con el objetivo, por lo que hay una única respuesta correcta. Tanto el estímulo como los distractores son hortalizas que fueron diseñados con base en dos características perceptuales: color y forma. Por lo tanto, el estímulo objetivo y el estímulo de muestra comparten ambos atributos y los distractores pueden compartir una o ninguna

característica. Cuando los elementos distractores comparten algún atributo con el elemento objetivo, son más difíciles de filtrar. De manera adicional se incorporó a la matriz otros dos elementos de dificultad: un obstáculo (una maleza), y un elemento *no go* (una abeja). En los ensayos en los que el distractor se encuentra sobre el estímulo, el jugador debe responder presionando dos veces, mientras que cuando el jugador se encuentra con un *no go*, debe evitar presionar sobre este aunque se encuentre sobre el estímulo objetivo. En este último caso se dispone también en la matriz otro estímulo objetivo sin elemento *no go*, que permitirá la respuesta correcta. En resumen, los elementos recién mencionados incorporan demanda de control inhibitorio y flexibilidad cognitiva. La combinación entre el tiempo disponible para el ensayo, el tamaño de la matriz, la cantidad de obstáculos y elementos *no go* van a determinar la dificultad de cada ensayo. El juego está organizado en niveles, cada uno es un conjunto de ensayos que comparten un mismo criterio de dificultad, comenzando por matrices de menor tamaño e incorporando gradualmente los elementos de dificultad, según se detalla en la Tabla 6. Los niveles 1 al 11 contaron con un tiempo de 20 segundos, siendo para los restantes niveles 25 segundos. En el juego Huertas el jugador avanza de nivel cuando responde correctamente dos ensayos, y retrocede un nivel cuando responde incorrectamente a tres ensayos. A diferencia de otros juegos descritos en la presente tesis, el juego Huerta no incorpora un criterio de avance basado en vidas.

**Tabla 6.** Detalle de los elementos que componen cada nivel de dificultad del juego Huerta

Nivel	Total de hortalizas	Total de distractores	Malezas	Abejas	Maleza sobre <i>target</i>	Distractores que coinciden en forma	Distractores que coinciden en color	Abeja sobre <i>target</i>
1	2	1	0	0	0	0	0	0
2	4	3	0	0	0	1	0	0
3	4	3	0	0	0	0	1	0
4	4	3	0	0	0	1	1	0
5	3	2	0	0	0	0	0	0
6	9	8	0	0	0	1	2	0
7	9	8	1	0	1	2	1	0
8	9	8	1	1	0	0	0	1
9	9	8	2	0	0	1	2	0
10	9	8	0	1	0	1	1	1
11	9	8	1	0	0	1	1	0
12	9	8	1	1	1	1	2	1
13	6	5	0	0	0	2	3	0

14	6	5	0	0	0	3	2	0
15	6	5	1	0	0	3	2	0
16	6	5	1	1	0	2	2	1
17	6	5	2	0	0	3	2	0
18	6	5	1	1	0	3	2	0
19	6	5	2	0	1	3	2	0
20	6	5	0	1	0	2	2	1
21	6	5	1	1	0	3	1	1
22	6	5	0	1	0	1	3	1
23	6	5	1	1	0	1	3	1
24	6	5	2	0	0	2	3	0
25	6	5	1	0	1	2	2	0
26	6	5	0	0	0	2	3	0
27	6	5	1	1	0	1	3	1
28	6	5	0	0	0	5	0	0
29	6	5	2	0	1	5	0	0
30	6	5	1	1	0	4	0	1
31	6	5	1	1	0	4	0	1
32	6	5	1	2	1	3	0	2
33	6	5	2	1	0	3	0	2
34	6	5	2	2	1	3	0	2
35	6	5	0	0	0	0	5	0
36	3	2	0	0	0	0	0	0
37	6	5	2	0	1	0	5	0
38	6	5	1	1	0	0	4	1
39	6	5	2	1	0	0	4	1
40	6	5	2	2	1	0	3	2
41	6	5	2	2	0	0	3	2
42	6	5	2	2	1	0	3	2
43	8	7	0	0	0	3	3	0
44	8	7	0	0	0	3	4	0
45	8	7	2	0	1	3	4	0
46	8	7	1	1	0	3	3	1
47	8	7	2	1	0	3	3	1
48	8	7	1	2	1	2	3	2
49	8	7	2	2	0	2	3	2
50	8	7	2	2	1	2	3	2
51	8	7	0	0	0	4	3	0

52	8	7	2	0	1	4	3	0
53	8	7	1	1	0	4	2	1
54	8	7	2	1	0	4	2	1
55	8	7	1	2	1	3	2	2
56	8	7	2	2	0	3	2	2
57	8	7	2	2	1	3	2	2
58	8	7	0	1	0	3	3	1
59	8	7	1	0	1	3	4	0
60	8	7	0	0	0	7	0	0
61	8	7	0	0	0	0	7	0
62	3	2	0	0	0	0	0	0
63	8	7	1	0	0	7	0	0

### 6.3 Diseño del juego Lombriz



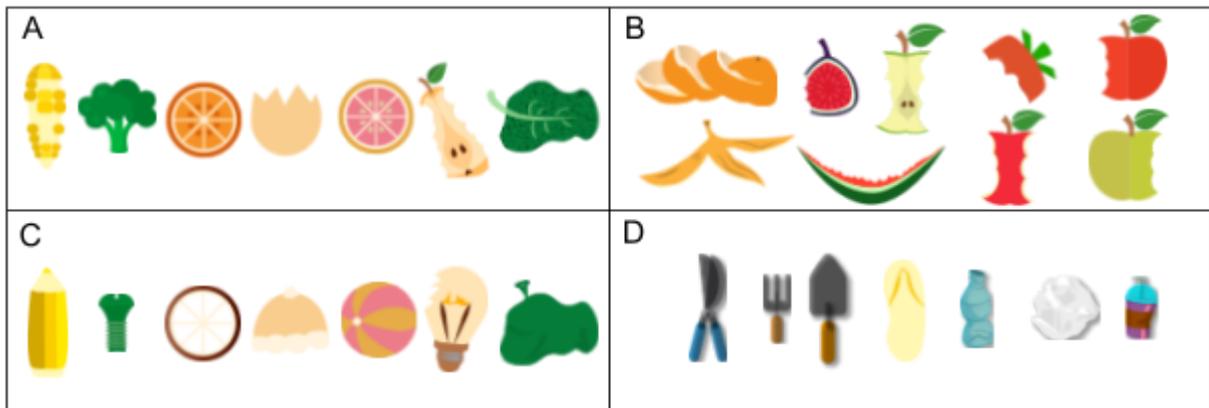
**Figura 39.** Imágenes modelo de dos ensayos del juego Lombriz. Izquierda: versión control. Derecha: versión estimulación.

El juego Lombriz tiene una versión control similar al juego clásico de los primeros celulares y otra de estimulación que incorpora características adicionales (Figura 39). A continuación presentamos la mecánica del juego control, para luego profundizar sobre los elementos adicionales presentes en la versión estimulación.

El objetivo del juego Lombriz es dirigir a la lombriz para recolectar todos los elementos compostables que aparecen en la pantalla durante un tiempo determinado, y sin chocar con su propio cuerpo en el camino. En la esquina superior izquierda se localiza un contador, que indica el número de frutas a coleccionar en ese nivel. A los lados de la pantalla se disponen cuatro flechas, dos a cada lado de la pantalla, que al presionarlas determinan la dirección del movimiento de la lombriz. Una vez que se selecciona la primera flecha, el gusano inicia un

movimiento continuo en esa dirección hasta que se seleccione otra flecha para cambiar la dirección del movimiento. Cuando la lombriz recolecta un artículo compostable se agrega un elemento adicional a su cuerpo, aumentando el tamaño de la lombriz, y se descuenta un número del contador. Un ensayo ganado se completa cuando el participante logra que el contador llegue a 0 en el tiempo asignado. El juego está organizado en 17 niveles, cada uno con 10 ensayos, ordenados en orden de dificultad progresiva. El criterio de avance se compone de un criterio por nivel y un criterio de vidas general. Cuando el jugador completa correctamente dos ensayos consecutivos, avanza un nivel de dificultad. Mientras que cuando un jugador pierde tres ensayos consecutivos, retrocede un nivel de dificultad. Sumado a esto, se implementó la dinámica de avance según vidas, otorgando al inicio a cada jugador cinco vidas. Cuando el jugador pierde un ensayo, se descontará una vida del contador, y seguirá al siguiente ensayo según los criterios de avance. Una vez que el contador de vidas llega a cero, se interrumpe el criterio de avance anterior, llevando al jugador al nivel inicial del juego y reseteando nuevamente el contador de vidas en cinco. Este criterio de avance será también implementado en varios de los próximos juegos, según se detalla oportunamente. En la versión control el juego aumenta en dificultad simplemente agregando más objetos para recolectar o reduciendo el tiempo asignado. En esta versión control, donde no se exige una función ejecutiva específica, la dificultad consiste en la coordinación de los movimientos de la lombriz para completar el ensayo sin errores en el tiempo dado.

La versión estimulación del juego Lombriz incorpora elementos de dificultad que buscan reclutar habilidades de control inhibitorio, flexibilidad cognitiva y planificación. En esta versión se añaden elementos no compostables perceptualmente similares que el participante debe evitar, lo que exige analizar las características del elemento presentado e inhibir la respuesta en caso que corresponda. Los objetos no compostables comparten atributos como el color o la forma de los artículos compostables y son, por ejemplo, bolsas de basura, lámparas, tornillos, ruedas (Figura 40). Si la lombriz come un artículo no compostable, pierde el ensayo, pero cuando lo esquiva se descuenta una fruta del contador. En el primer nivel los objetos que deben ser evitados no comparten características perceptuales con los objetivos. En niveles siguientes los objetos comparten atributos, y por lo tanto se deben reconocer y analizar las distintas dimensiones del estímulo para definir la respuesta correcta. En la Figura 40 se muestran los distintos elementos presentados en el juego.



**Figura 40.** Imágenes de los estímulos presentados en el juego Lombriz. A y B: elementos compostables. C: elementos no compostables similares a compostables en A. D: elementos no compostables distintos a compostables.

En el nivel 4 aparece en simultáneo con el estímulo objetivo un elemento muy llamativo pero que no debe ser juntado, un elemento que busca promover la capacidad de filtrar ese elemento distractor atractivo. A partir del nivel 6 se adiciona una elemento compostable “mágico” que al ser comido provoca el cambio de las reglas de juego. Es decir, la lombriz debe recolectar los elementos que antes se evitaban y evitar los que antes se recolectaban. Para resolver correctamente estos ensayos los y las participantes deben poner en juego la flexibilidad cognitiva. El efecto de este elemento “mágico”, marcado por la presencia de un casco en la lombriz, dura un tiempo establecido, y luego se revierte a la forma de respuesta original. Adicionalmente desde el nivel 7 en adelante se incorporan barreras fijas o móviles que deberán ser sorteadas por la lombriz, estos elementos buscan incorporar una demanda de planificación de la ruta para acceder al elemento compostable en el tiempo dado. Colisionar con una barrera produce que el participante pierda el ensayo. Finalmente, del nivel 13 en adelante, se busca generar una mayor demanda referida a la búsqueda visual mostrando varios objetos en simultáneo con el elemento a compostar. En la Tabla 7 se muestran las especificaciones del diseño de cada nivel. Con el objetivo que el tiempo no implique una dificultad adicional, se otorgó un tiempo que parte de 100 segundos en el nivel 1, disminuyendo hasta 70 segundos en el nivel 17.

**Tabla 7.** Especificaciones de los niveles del juego Lombriz versión estimulación.

Nivel	Cantidad compostables	Cantidad de objetos	Cantidad de luces distractoras	Cantidad de compostables mágicos	Duración de compostable mágico (en elementos)	Número de barreras	Notas adicionales
1	7	3					Objetos notoriamente distintos a compostables
2	7	3					Objetos similares al compostable inmediatamente anterior
3	10	3					Los objetos aparecen en simultáneo con los compostables
4	7	3	3				La luz aparece en simultáneo con los elementos compostables
5	7	3					Los compostables se convierten en un objeto cuando la lombriz está cerca. Después de algunos segundos desaparece y aparece un compostable.
6	7	3		1	3		Cuando se come un elemento mágico, cambia a la versión con casco, y debe evitar los compostables y comer los objetos no compostables, después de comer algunos objetos, vuelve a ser lombriz normal. Los compostables y los objetos aparecen en simultáneo.
7	10					1	La barrera se comporta como objeto, si chocas contra ella perdés el trial
8	10					2	La barrera se comporta como objeto, si chocas contra ella perdés el trial
9	10					3	La barrera se comporta como objeto, si chocas contra ella perdés el trial
10	10					1	La barrera es móvil, el movimiento de las barreras es monótono y lineal
11	10					2	La barrera es móvil, el movimiento de las barreras es monótono y lineal
12	10					3	La barrera es móvil, el movimiento de las barreras es monótono y lineal
13	5	4					Objetos basuras distintos al compostable y todos iguales entre sí aparecen y desaparecen en simultáneo con el compostable
14	5	4					Objetos basuras distintos al compostable y todos diferentes entre sí aparecen y desaparecen en simultáneo con el compostable

15	5	4				Objetos todos iguales entre sí aparecen y desaparecen en simultáneo con el compostable
16	5	4				Objetos todos diferentes entre sí aparecen y desaparecen en simultáneo con el compostable
17	5	4				Objetos similares al compostable y todos iguales entre sí aparecen y desaparecen en simultáneo con el compostable

## 6.4 Diseño del juego Cuerdas

El juego Cuerdas, al igual que Estantes y Lombriz, fue diseñado con dos versiones, una control y otra estimulación (Figura 41). Comenzaremos por especificar las características de la versión control y luego procederemos a marcar los elementos adicionales incorporados en la versión de estimulación.



**Figura 41.** Captura de pantalla del juego Cuerdas. Izquierda: versión control. Derecha: versión estimulación.

El objetivo del juego Cuerdas es guiar al personaje Ana, a través de las cuerdas en movimiento y sin que se caiga, para alcanzar una casa al final del recorrido. Para moverse de una cuerda a otra, o saltar, el participante deberá presionar cualquier punto de la pantalla. La velocidad de movimiento de las cuerdas, así como la dirección del movimiento inicial determinan la sincronización entre cuerdas vecinas, donde cuerdas que se mueven en paralelo y a una misma velocidad se postula que son más fáciles que cuerdas con dirección opuesta y distinta velocidad de movimiento. Una vez que el personaje está posicionado sobre una cuerda se desliza hacia abajo a una velocidad fija. En el suelo se disponen plataformas de salto que permiten al personaje rebotar para volver a alcanzar una cuerda. En el recorrido hasta la meta final también se disponen elementos que al ser colectados se suman al contador en pantalla, a modo de recompensa. El juego está organizado en 33 niveles, cada uno

formado por 5 ensayos. La dificultad de la versión control reside en la demanda de coordinación de los movimientos al moverse a través de las cuerdas y la gestión del tiempo. En este juego se implementará el criterio de avance tal como se detalló en el juego Lombriz.

La versión estimulación del juego Cuerdas es similar a la versión control pero incorpora nuevos parámetros que exigen control inhibitorio, flexibilidad cognitiva y planificación. Desarrollaremos ahora sobre la dificultad que aporta cada una de las variables. Las cuerdas son elementos que aportan versatilidad en la dificultad del juego ya que poseen las siguientes variables: longitud, presencia o ausencia de un nudo en su extremo inferior, velocidad de movimiento, dirección de movimiento inicial. El largo de la cuerda determina cuánto tiempo puede permanecer el personaje en ella mientras se desliza antes de caer. Por otro lado, un nudo en el extremo de la cuerda permite que el personaje se deslice hasta el extremo inferior sin caer. El conjunto de estos elementos obligan al jugador a planificar el salto, debiendo coordinar el movimiento sumado a la presión del tiempo. A partir del nivel 8 se incorpora el elemento de control inhibitorio, una serpiente cuelga como si fuese una cuerda pero debe ser activamente evitada. Las serpientes son muy similares a las cuerdas, pero al ser utilizadas retrasan el siguiente salto del personaje. A partir del nivel 13 se añaden elementos *no go* ubicados en el lugar de las frutas, que deben ser evitados activamente. Finalmente, a partir del nivel 19, se añade un elemento de flexibilidad cognitiva que altera las reglas de juego. Este elemento es un relámpago de tormenta, que quema las cuerdas haciendo que el personaje deba esquivarlas; y “duerme” a las serpientes permitiendo saltar sobre ellas. Este efecto tendrá una duración determinada, y luego se restablece al funcionamiento original.

A lo largo del juego se introducen niveles “fáciles”, con baja demanda. Estos niveles son diseñados para aumentar la motivación de las y los participantes en el juego. A continuación se muestra la tabla detallando los elementos que componen cada nivel de dificultad para la versión estimulación (Tabla 8).

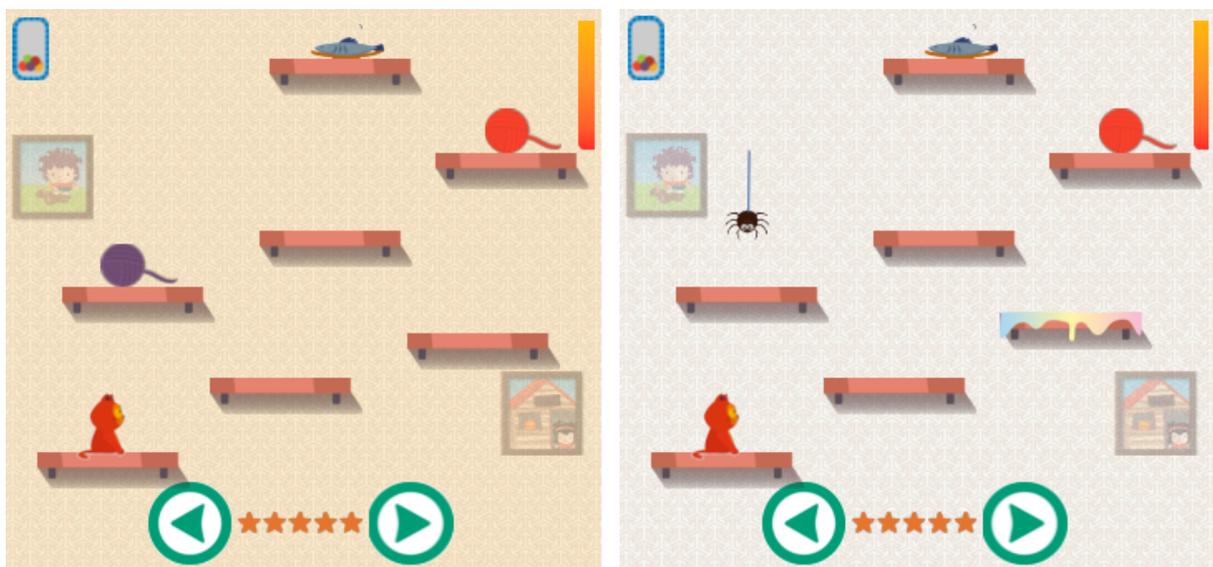
**Tabla 8.** Detalle de elementos incorporados en el juego Cuerdas versión estimulación.

Nivel	Tipo de ensayo	Cantidad	% semi										Tormenta		Tiempo (s)		
			% larg	% mediana	% cor	% nud	% sim	% serpientes	% coordinadas	% en paralelo	% coord inadas	Tram polin (n)	Fru tas (n)	Obstáculos (n)		[posición, duración (s)]	
1	trial	2	100	-	-	100	-	-	100			2	2	-	-	-	25
2	fácil	3	100	-	-	100	-	-	100	-	-	3	3	-	-	-	25
3	trial	4	100		-	100	-	-	100	-	-	4	3	-	-	-	25
4	trial	4	100	-	-	100	-	-	100	-	-	4	2	1	-	-	25
5	trial	4	100	-	-	100	-	-	70	30	-	4	3	-	-	-	25
6	trial	4	100	-	-	100	-	-	30	70	-	4	2	1	-	-	25
7	trial	4	100	-	-	100	-	-	70	30	-	4	2	-	-	-	25
8	trial	4	100	-	-	100	-	-	33	33	33	4	3	-	-	-	25
9	fácil	4	100	-	-	100	-	-	-	-	100	3	3	-	-	-	25
10	trial	4	100	-	-	100	-	-	-	-	100	4	3	-	-	-	25
11	trial	3	100	-	-	100	-	-	100	-	-	3	3	-	-	-	25
12	trial	5	60	40	-	100	-	-	100	-	-	4	3	-	-	-	25
13	trial	5	60	40	-	100	-	-	50	50	-	4	3	-	-	-	25
14	trial	5	80	20	-	100	-	-	25	25	50	4	3	-	-	-	25
15	trial	5	40	40	20	100	-	-	100	-	-	4	3	-	-	-	25
16	trial	5	60	20	20	100	-	-	75	25	-	4	3	-	-	-	25
17	trial	6	60	40	-	100	-	20	50	50	-	4	3	-	-	-	25
18	trial	5	60	40	-	100	20	60	80	20	-	4	1	2	-	-	25
19	tormen ta	6	60	40	-	100	20	60	80	20	-	4	2	1	3° serpiente	2	30
20	trial	6	60	40	-	100	20	60	60	20	20	4	2	1			30
21	trial	6	60	40	-	80	20	100	80	20	-	4	2	1		2	30
22	trial	6	60	40	-	80	20	100	60	20	20	4	2	1			30
23	fácil	3	100	-	-	100	-	-	100	-	-	3	3	-	-	-	15
24	tormen ta	6	60	40	-	100	20	60	80	20	-	4	2	1	2° serpiente	2	30
25	trial	7	80	20	-	100	20	60	60	20	20	5	3	1			30
26	trial	7	60	40	-	80	20	60	80	20	-	5	3	1		2	30
27	trial	7	60	20	20	80	20	60	60	20	20	5	3	2		2	30
28	tormen ta	7	80	20	-	80	20	60	80	-	20	5	3	1	última	2	30

																serpi ente	
29	trial	7	80	20	-	80	20	60	80	20	-	4	3	2			30
30	fácil	3	100	-	-	100	-	-	100	-	-	3	3	-	-	-	30
31	trial	7	60	40	-	80	20	60	80	20	-	4	3	2			30
32	trial	7	60	20	20	80	20	60	60	20	20	4	3	2			30
	tormen ta	7	80	20	-	80	20	100	60	20	20	4	2	1		1° serpi ente	2 30

## 6.5 Diseño del juego Estantes

El juego Estantes, al igual que Cuerdas y Lombriz, fue diseñado con dos versiones, una versión control y otra de estimulación (Figura 42). Comenzaremos por especificar las características de la versión control y luego procederemos a marcar los elementos de estimulación incorporados en la versión de estimulación.



**Figura 42.** Imagen representativa del juego Estantes. Izquierda: versión control (con ovillos y estantes comunes y estante final). Derecha: versión estimulación (con ovillo, estantes comunes, estantes de estimulación y estante final).

El objetivo del juego Estantes es guiar al personaje, el gato Nubis, a través de los estantes sin que caiga, hasta alcanzar el estante en la cima. Para determinar la dirección del salto, el participante deberá presionar la flecha correspondiente que se muestra en la parte inferior de

la pantalla. En el recorrido hasta la cima se disponen elementos, ovillos de lana, que al ser colectados se suman al contador en pantalla, a modo de recompensa. El estante en la cima presenta una recompensa también, un pescado.

El juego está organizado en 31 niveles, cada uno formado por 3 ensayos. El criterio de avance es el detallado para el juego Lombriz. La dificultad de la versión control del juego Estantes reside en la demanda de coordinación de los movimientos al moverse a través de los estantes y la gestión del tiempo.

La versión estimulación del juego Estantes incorpora elementos que exigen control inhibitorio, flexibilidad cognitiva y planificación. En esta versión encontramos cuatro tipos de estantes nuevos, adicionales a los estantes comunes, estos son: con pintura, con araña, intermitente, y con objeto de vidrio. El estante con pintura se muestra con una marca de colores. Este estante “atrapa” al personaje durante determinado tiempo, impidiendo que salte a un nuevo estante hasta completarlo. El estante con araña consiste en un estante sobre el cual se mueve una araña a lo largo de una tela en dirección vertical. Cuando la araña se encuentra sobre el estante de forma simultánea con el personaje, el personaje cae y se toma el ensayo como perdido. El estante intermitente tiene la propiedad de alternar entre un estado visible y un estado oculto. Cuando está visible, el personaje lo puede usar en su recorrido; pero no así cuando está oculto. Por último, el estante con objeto consiste en un estante común sobre el cual se apoya un objeto de vidrio. El personaje al posicionarse sobre este estante provoca la caída del objeto y pierde el ensayo. Estos estantes se posicionan como elementos de control inhibitorio. A partir del nivel 10 se incorpora un elemento mágico, la sardina. Este elemento, que se apoya sobre un estante, al ser alcanzado por el personaje cambia las reglas de forma transitoria, pasando ahora a ser todos los estantes pisables y los objetos no se caen. La dificultad de los niveles va a estar dada por la cantidad de estantes, porcentaje de ellos que no se deben pisar, y tiempo disponible para completar el ensayo. La cantidad y disposición de los estantes determinan que el participante deba planificar la ruta óptima en el tiempo dado, y evitar el uso de estantes no favorables.

En este juego nuevamente se introducen niveles “fáciles”, con baja demanda, con el objetivo de aumentar el enganche de los y las participantes en el juego. A continuación se muestra en la Tabla 9 el detalle de los elementos que componen cada nivel de dificultad para la versión estimulación.

**Tabla 9.** Detalle de elementos incorporados en el juego Estantes versión estimulación. Nota:

\*porcentaje respecto al total

Nivel	Tipo de ensayo	Total de estantes	% que NO hay que pisar *	% con ovillos*				Tiempo (s)		
				pintura	araña	intermitente	objetos		% con ovillos pero que no deben pisarse	
1	práctica	4	50	100	0	0	0	50	0	24
2	común	10	50	100	0	0	0	30	0	60
3	práctica	4	50	0	100	0	0	50	0	24
4	común	10	50	0	100	0	0	30	0	60
5	práctica	4	50	0	0	100	0	50	0	24
6	común	10	50	0	0	100	0	30	0	60
7	común	20	30	33	33	33	0	30	0	120
8	fáciles	5	0	0	0	0	0	50	0	30
9	común	25	30	33	33	33	0	30	0	100
10	sardina	20	30	33	33	33	0	50	0	120
11	práctica	4	50	33	33	33	0	50	50	24
12	común	10	35	33	33	33	0	40	50	60
13	común	25	30	33	33	33	0	60	40	150
14	común	30	20	33	33	33	0	60	30	180
15	común	30	20	33	33	33	0	60	20	180
16	sardina	20	20	33	33	33	0	50	40	120
17	práctica	4	50	0	0	0	100	50	0	24
18	común	30	40	20	20	20	40	30	0	180
19	fáciles	5	0	0	0	0	0	50	0	30
20	común	30	30	25	25	25	25	30	0	180
21	común	30	20	25	25	25	25	20	0	180
22	sardina	20	20	25	25	25	25	50	0	120
23	común	30	30	25	25	25	25	60	40	180
24	común	30	20	25	25	25	25	60	30	180
25	común	30	20	25	25	25	25	50	20	180
26	sardina	20	20	25	25	25	25	50	20	120
27	común	20	30	25	25	25	25	60	40	80
28	común	20	20	25	25	25	25	60	30	60
29	común	20	20	25	25	25	25	60	20	60
30	común	20	20	25	25	25	25	60	20	40
31	común	20	20	25	25	25	25	60	15	40

## 6.6 Diseño del juego Espacial



**Figura 43.** Modelo de ensayo del juego Espacial. En azul oscuro se marca el laberinto por donde circula la nave. El punto de llegada es la luna dibujada al final del recorrido. Se muestran las desviaciones, obstáculos y baterías.

El juego Espacial (Figura 43) fue diseñado como juego control, por lo que no busca entrenar ninguna función ejecutiva particular. El objetivo de este juego es dirigir a la nave espacial a través del laberinto para llegar a la luna en un tiempo determinado. Para iniciar el movimiento y cambiar la dirección de la nave el jugador cuenta con cuatro botones, dos a cada lado de la pantalla, que al presionarlos determinan la dirección del movimiento. La forma del laberinto se modifica aumentando la longitud a medida que el jugador avanza en el juego. Adicionalmente se incorporan en el juego elementos de dificultad, que son: baches en el camino, desviaciones en el laberinto que hacen que la nave una vez dentro no pueda avanzar y tenga que modificar su dirección, haciendo al jugador perder tiempo; obstáculos espaciales fijos (estrellas fugaces, basura espacial, etc), que impiden que la nave avance hasta que modifique su dirección. Finalmente agregamos un elemento positivo, una batería, que le da al jugador más tiempo para completar la prueba. En la Figura 43 podemos visualizar la pantalla de un ensayo ejemplo. El juego está organizado en niveles de dificultad progresiva, donde la dificultad va a estar dada por el número de elementos positivos, el número de obstáculos, la longitud del laberinto, y el tiempo disponible para completar el ensayo. Cada nivel consiste en tres ensayos que presentan un mismo laberinto, y se ordenan de manera que el participante dispone progresivamente de menos tiempo. De esta manera, una vez que el

participante completa exitosamente el primer ensayo del nivel, pasa al siguiente ensayo donde dispone de menos tiempo, y así sucesivamente hasta completar el nivel. Si el participante pierde un ensayo, repite ese ensayo hasta lograr completarlo, y poder continuar al siguiente.

## Capítulo 7

### Análisis de los juegos desarrollados

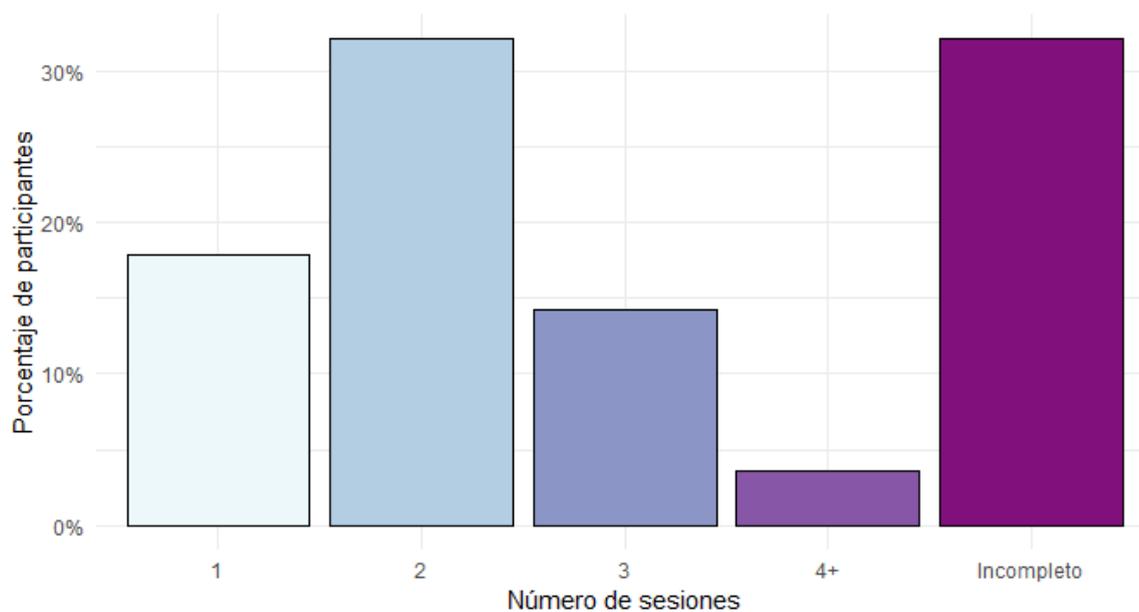
#### 7.1 Análisis del juego Huerta

El juego Huertas fue asignado a un total de 28 jugadores, que jugaron un máximo de 8 sesiones. Encontramos que la distribución de cantidad de jugadores por sesión es la siguiente:

**Tabla 10.** Número de jugadores por sesión de jugo Huerta.

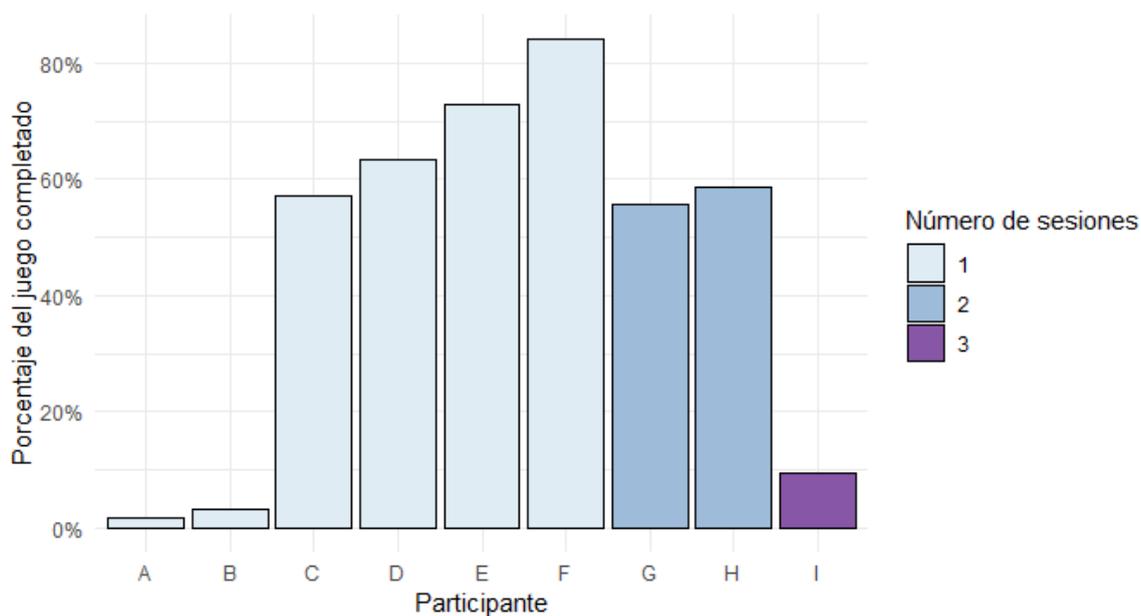
Número de sesiones	1	2	3	4	5	6	7	8
Número de jugadores	28	17 (60,6%)	6 (21,4%)	1 (3,6%)	1 (3,6%)	1 (3,6%)	1 (3,6%)	1 (3,6%)

Al estudiar el nivel máximo alcanzado por los jugadores encontramos que un gran porcentaje de ellos completaron los niveles diseñados, esto es completaron los 63 niveles, dentro de las primeras sesiones de juego. 19 jugadores (68%) completaron el juego Huerta, de los cuales 18 (64%) lo completaron en el correr de las primeras tres sesiones de juego. En la siguiente figura se muestra la proporción de jugadores que completó el juego y el número de sesiones que les llevó, así como también la proporción de jugadores que no logró completar el juego (Incompleto) (Figura 44).



**Figura 44.** Porcentaje de participantes, por número de sesiones que jugó para completar el juego Huerta. Incompleto: proporción de jugadores que no completó el total de niveles del juego.

Al encontrar que la mayoría de los jugadores completó el juego, nos propusimos analizar qué sucede con aquellos jugadores que no completaron el juego. En la figura que se presenta a continuación podemos observar el porcentaje de juego máximo alcanzado por estos jugadores, y cantidad de sesiones jugadas (Figura 45).

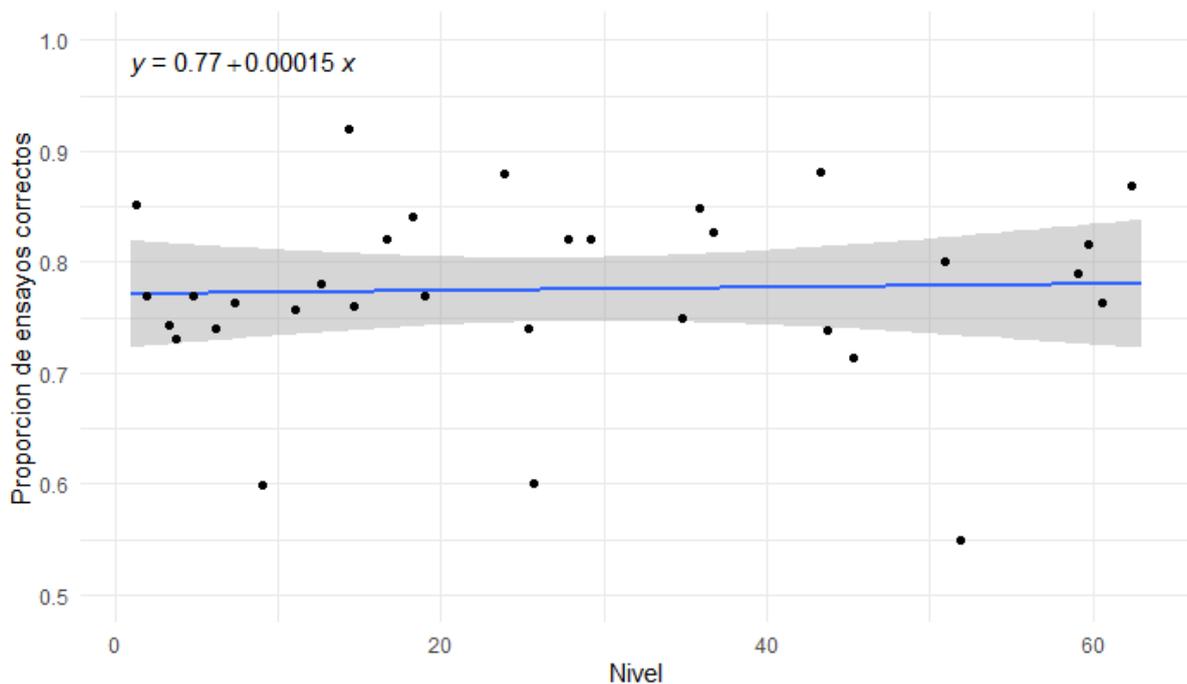


**Figura 45.** Porcentaje máximo de niveles alcanzado y número de sesiones jugadas por aquellos y aquellas participantes que no completaron el juego Huerta. El 100% corresponde a haber completado los 63 niveles diseñados.

Destacamos de estos resultados que seis jugadores completaron más de 34 niveles (más del 50% del total de niveles) en las primeras dos sesiones, sólo tres jugadores los que completaron menos de 7 niveles (11% del total de niveles). Esto nos indica que aún aquellos jugadores que no completaron el juego Huerta, la mayoría logró un gran avance en las primeras sesiones.

Continuando el análisis del juego partimos nuevamente del total de la muestra para evaluar los elementos de dificultad que se incluyeron en la etapa de diseño. Brevemente, el objetivo es que el jugador seleccione únicamente el estímulo, y previamente el obstáculo en el caso que presente, lo que significa una respuesta correcta. Por un error en la implementación del juego, los y las participantes no pierden al seleccionar un objeto distinto al estímulo, permitiendo así avanzar en el juego cuando seleccionan distractores previo al estímulo. En esta versión del juego el único escenario en que los usuarios pierden el ensayo es al tocar un elemento *no go*. Diferenciaremos entonces por separado los niveles que contienen elementos *no go* de los niveles que implican únicamente una matriz de búsqueda. Analizamos la cantidad de respuestas incorrectas (agrupandolas según el motivo de pérdida) y respuestas correctas a medida que avanza la dificultad del juego.

Comenzaremos por analizar aquellos niveles que son sólo matrices de búsqueda (33 niveles) que no contienen elementos *no go*. Así, en este análisis los ensayos incorrectos se deben a que las y los participantes necesitaron de más oportunidades para encontrar el estímulo en la grilla. Para cada nivel calculamos la proporción de ensayos correctos sobre el total de ensayos jugados (Figura 46). Un nivel con menor proporción de ensayos correctos nos indicaría mayor dificultad en detectar el estímulo.



**Figura 46.** Proporción de ensayos correctos sobre el total de ensayos, por nivel de juego que consiste en matriz de búsqueda sin elementos *no go*, en el juego Huerta. En el ángulo superior izquierdo se muestra la ecuación de la recta correspondiente. La línea azul es la línea de regresión simple.

Encontramos que no hay un efecto techo ni piso en los ensayos diseñados. No encontramos diferencias estadísticamente significativas en la proporción de ensayos correctos obtenidos entre niveles ( $p=0.835$ ). Partiremos del supuesto que mejorar el desempeño en el juego se refleja en un aumento en la proporción de ensayos correctos en niveles con igual dificultad. En este sentido, obtener una distribución lineal de la proporción de ensayos correctos a lo largo del juego puede ser interpretado como una progresión de dificultad de las matrices de búsqueda diseñadas. Encontramos también que el porcentaje de aciertos de ensayos correctos para el total de niveles es superior al 77% ( $M=0.77$ ;  $ds=0.08$ ). Esto es, un alto porcentaje de los y las participantes logran responder correctamente. Respecto a las respuestas incorrectas,

en el total de ensayos encontramos que ningún participante pierde por falta de tiempo. Este punto es relevante ya que refleja que la demanda de tiempo asignada para cada nivel no representa un desafío para los jugadores. Partiendo de que la presión de tiempo hace que las y los participantes jueguen bajo una mayor demanda ejecutiva, este resultado sugiere que es deseable disminuir el tiempo disponible para resolver los ensayos.

En la siguiente sección del análisis del juego Huerta exploramos la dificultad incorporada en los elementos de estimulación, que son: tamaño de la matriz, obstáculos, distractores, y elementos *no go*. Cada estudio se realizó con una submuestra del total de niveles, agrupados según su configuración. Para esto partimos del total de ensayos correctos, y realizamos los siguientes estudios de efecto: tamaño de la matriz; presencia de obstáculos; características de forma y color de los distractores; y presencia de elementos *no go*.

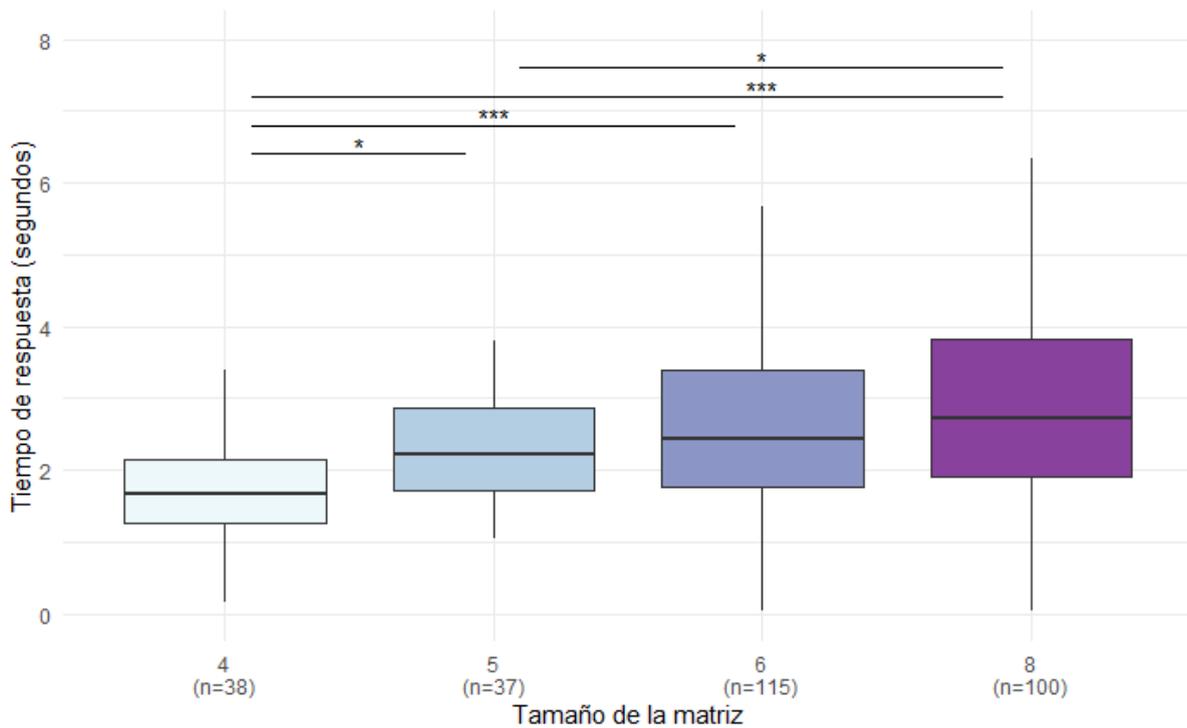
Comenzaremos por el estudio del tamaño de la matriz. Seleccionamos los niveles que varían en tamaño de la matriz, que poseen una combinación de distractores forma y color dentro de la matriz, que no contiene obstáculos y tampoco contiene elementos *no go* (ver Figura 47 para visualizar un ejemplo de subgrupos por tamaño de matriz). De esta manera obtenemos 8 niveles, y cuatro subgrupos según tamaño de matriz (matrices de 4, 5, 6 y 8 elementos).



**Figura 47.** Imagen de dos ensayos modelo del juego Huertas subgrupo de matriz. Matriz 4: matriz con 4 elementos. Matriz 8: matriz con 8 elementos. El target (a), coincide en color con el distractor b, y en forma con el distractor c. Los restantes distractores no coinciden en forma ni color.

Nos preguntamos si el aumentar el tamaño de la matriz dificulta la detección del target, reflejándose en un aumento en el tiempo que le lleva a los participantes para completar el ensayo, o tiempo de respuesta. Tomamos el tiempo en cada subgrupo y realizamos una

prueba Anova. A continuación se muestra el tiempo de respuesta medio obtenido para cada subgrupo según tamaño de matriz (Figura 48).



**Figura 48.** Tiempo de respuesta medio, diferenciando los tamaños de matriz, en el juego Huerta. Número de observaciones por subgrupo (n). Se muestran los resultados significativos del análisis post hoc mediante test de Wilcoxon entre pares de matrices. Nivel de significancia según test Wilcoxon:  $p < 0.001$ (\*\*\*);  $p < 0.01$  (\*\*);  $p < 0.05$ (\*).

Observamos un efecto principal del tamaño de la matriz ( $p < 0.05$ ). El análisis post hoc mediante test de Wilcoxon evidencia un tiempo de respuesta mayor en las matrices de 5, 6 y 8 elementos en relación a las de 4 elementos ( $p < 0.05$ ;  $p < 0.001$ ; y  $p < 0.001$ , respectivamente). Encontramos también un tiempo de respuesta mayor en la matriz de 8 elementos en relación a la de 5 elementos ( $p < 0.05$ ), no así en las restantes comparaciones. En relación a este resultado, entendemos que la matriz de 4 elementos es significativamente más sencilla que matrices superiores. Encontrar un efecto principal del tamaño de la matriz nos permite afirmar que el tamaño de la matriz es efectivamente un elemento de dificultad en el juego.

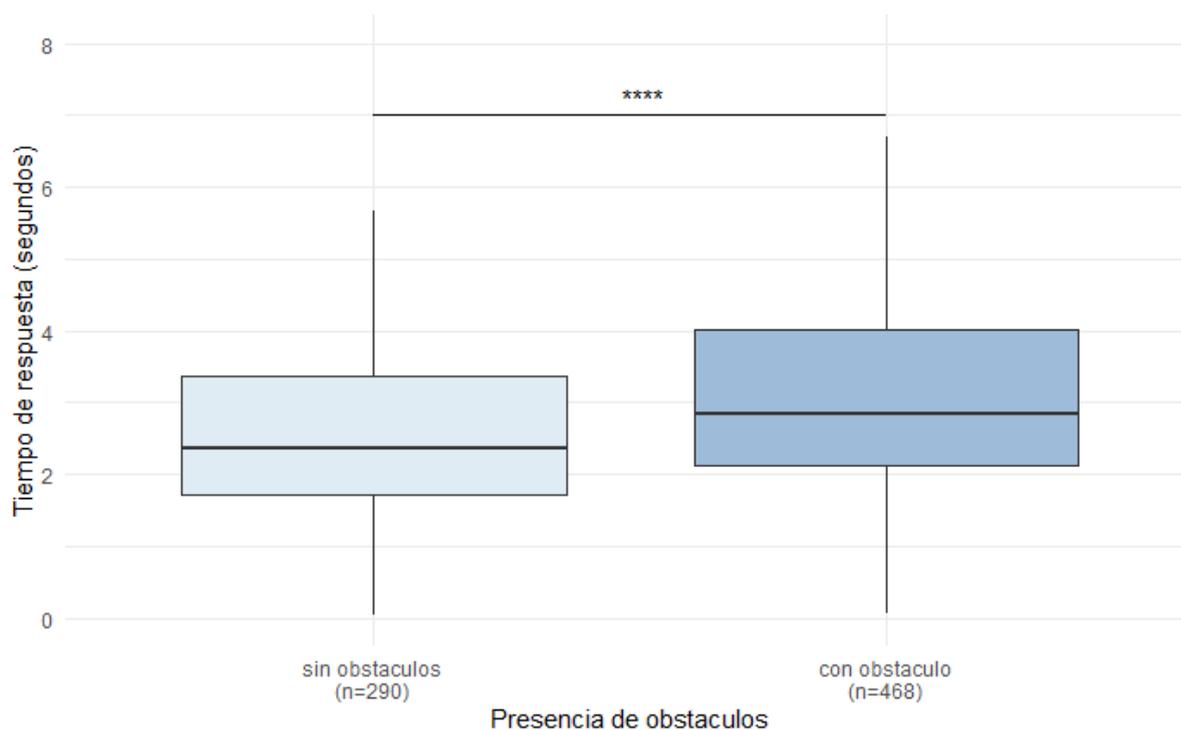
Pasando al siguiente análisis, buscamos estudiar si la presencia de obstáculos (malezas) dificultan la detección del estímulo. Seleccionamos los niveles que poseen una combinación de distractores forma y color dentro de la matriz, con tamaño de matriz heterogéneo, y que no

contienen elementos *no go* (abeja). De esta manera obtenemos 20 niveles, agrupados en dos subgrupos según ausencia o presencia de obstáculos, incluyendo en esta última categoría a los ensayos con matrices que presentan un obstáculo y matrices con dos obstáculos (Figura 49).



**Figura 49.** Imagen de dos ensayos modelo del juego Huertas subgrupo obstáculo sobre target (a). Sin obstáculo: ausencia de obstáculo en target. Con obstáculo: presencia de obstáculo en target. El target coincide en color con el distractor b, en forma con el distractor c, pero en ninguna característica con el distractor d. El tamaño de ambas matrices es de 4 elementos.

Esperamos ver un aumento en el tiempo de respuesta medio en la condición con obstáculo frente a la condición sin obstáculo. Realizamos un test de Wilcoxon entre ambos grupos.

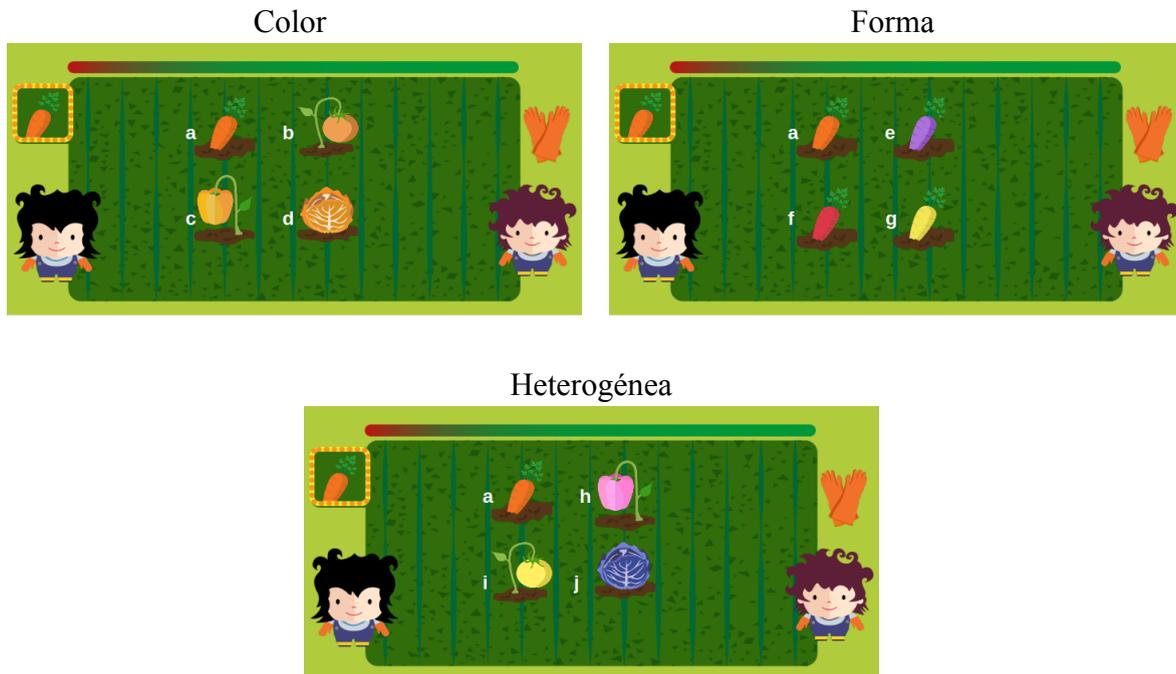


**Figura 50.** Tiempo de respuesta medio para cada subgrupo según número de obstáculos presentes, en el juego Huerta. Número de observaciones por subgrupo (n). Se muestran los resultados significativos del análisis post hoc mediante test de Wilcoxon entre matrices con y sin obstáculos. Nivel de significancia según test Wilcoxon:  $p < 0.001$  (\*\*\*)).

Encontramos diferencias significativas al comparar entre condición sin obstáculo frente a la condición con obstáculos ( $p < 0.001$ ), donde la presencia de obstáculos significa un aumento del tiempo de respuesta (Figura 50). Si bien está en línea con el resultado esperado, no podemos concluir que el integrar este elemento de estimulación incrementa la dificultad de detección del estímulo, ya que el hecho de tener que hacer más de un clic sobre el estímulo implica de por sí un aumento en el tiempo.

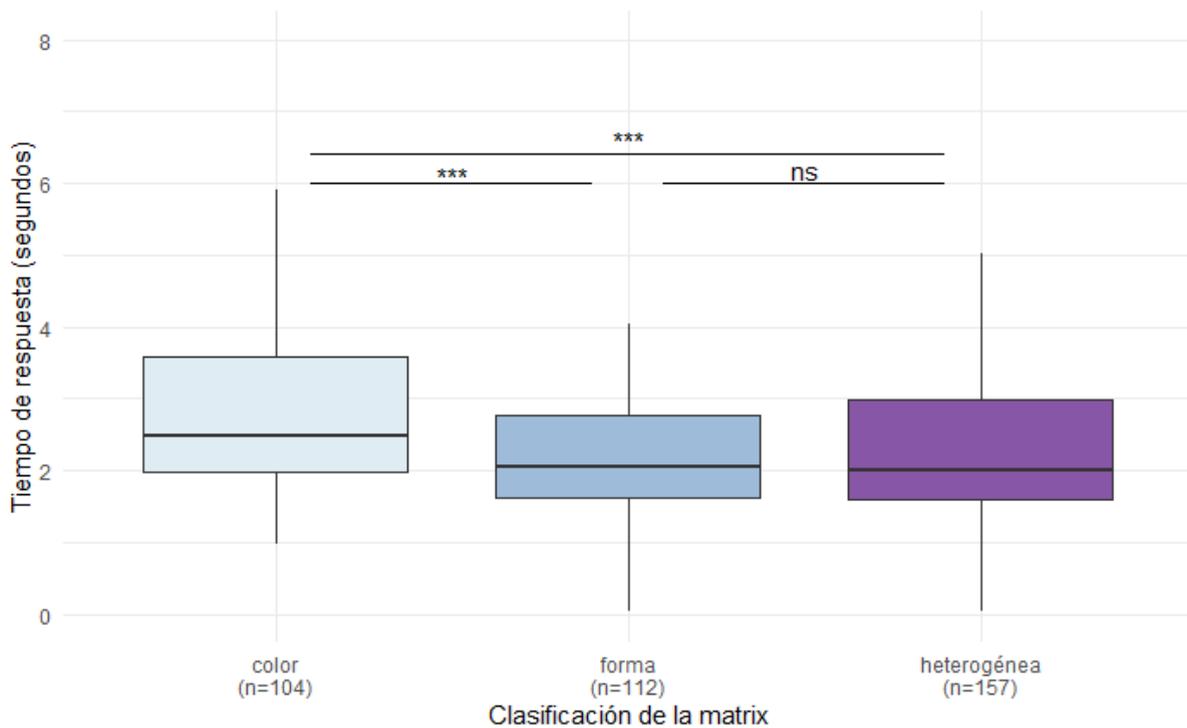
A continuación estudiamos si la categoría de color y forma de los distractores presentados influyen en el tiempo de respuesta. Para este análisis tomamos los niveles que no contiene obstáculos (maleza), ni elementos *no go* (abeja) y de todos los tamaños. Los niveles a su vez fueron clasificados en los siguientes subgrupos según el siguiente criterio: heterogénea (matriz con distractores que no coinciden en color ni forma con el estímulo), color (matriz

con distractores que coinciden con el color del estímulo), forma (matriz con distractores que coinciden con la forma del estímulo) (Figura 51).



**Figura 51.** Imagen de tres ensayos modelo del juego Huertas subgrupo característica del distractor según el target (a). Color: los distractores coinciden con el target únicamente en color (b-d). Forma: los distractores coinciden con el target únicamente en forma (e-g). Heterogénea: los distractores no coinciden con el target en color ni en forma(h-j). Las tres matrices tienen un tamaño de 4 elementos.

Realizamos múltiples pruebas de Wilcoxon entre los pares de subgrupos para contrastar el tiempo de respuesta frente a las distintas clasificaciones de matriz según características de distractores. La figura a continuación muestra el tiempo de respuesta medio según subgrupo de distractores (Figura 52).

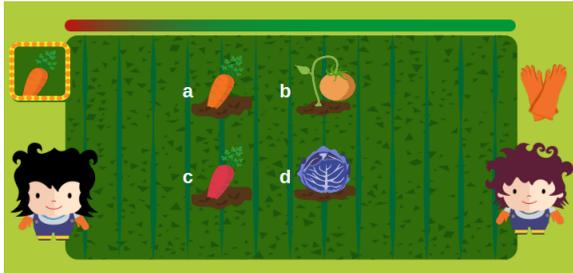


**Figura 52.** Tiempo de respuesta medio, diferenciando las matrices según criterio de distractores, en el juego Huerta. Número de observaciones por subgrupo (n). Se muestran los resultados significativos del análisis post hoc mediante test de Wilcoxon entre pares de matrices. Nivel de significancia según test Wilcoxon:  $p < 0.001$  (\*\*\*) ;  $p < 0.01$  (\*\*);  $p < 0.05$  (\*).

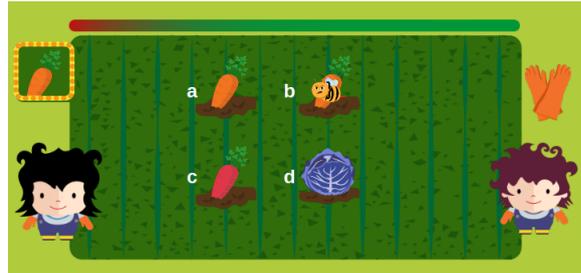
Encontramos diferencias significativas en el tiempo requerido para completar los ensayos entre el subgrupo color y el grupo neutral ( $p < 0.001$ ); y entre el grupo color y el grupo forma ( $p < 0.001$ ). En ambos casos el grupo color significó un tiempo de respuesta superior. No encontramos un aumento en el tiempo de respuesta al comparar el subgrupo neutral con el subgrupo forma ( $p > 0.05$ ). Entendemos así que el elemento color representa un desafío mayor al momento de detectar el estímulo, permitiendo aumentar la dificultad de los niveles. Por otro lado, el elemento forma puede ser incorporado para generar mayor variación de distractores sin aumentar la dificultad.

Pasamos ahora a evaluar aquellos niveles en los que se presentaron elementos *no go* (abejas). La incorporación de un elemento *no go* adiciona un elemento de dificultad asociado al control inhibitorio. Para este análisis seleccionamos aquellos niveles que no contienen obstáculos (maleza), cuyas matrices son mixtas en relación a los distractores, y con tamaño de matriz heterogéneo (Figura 53).

Sin *no go*

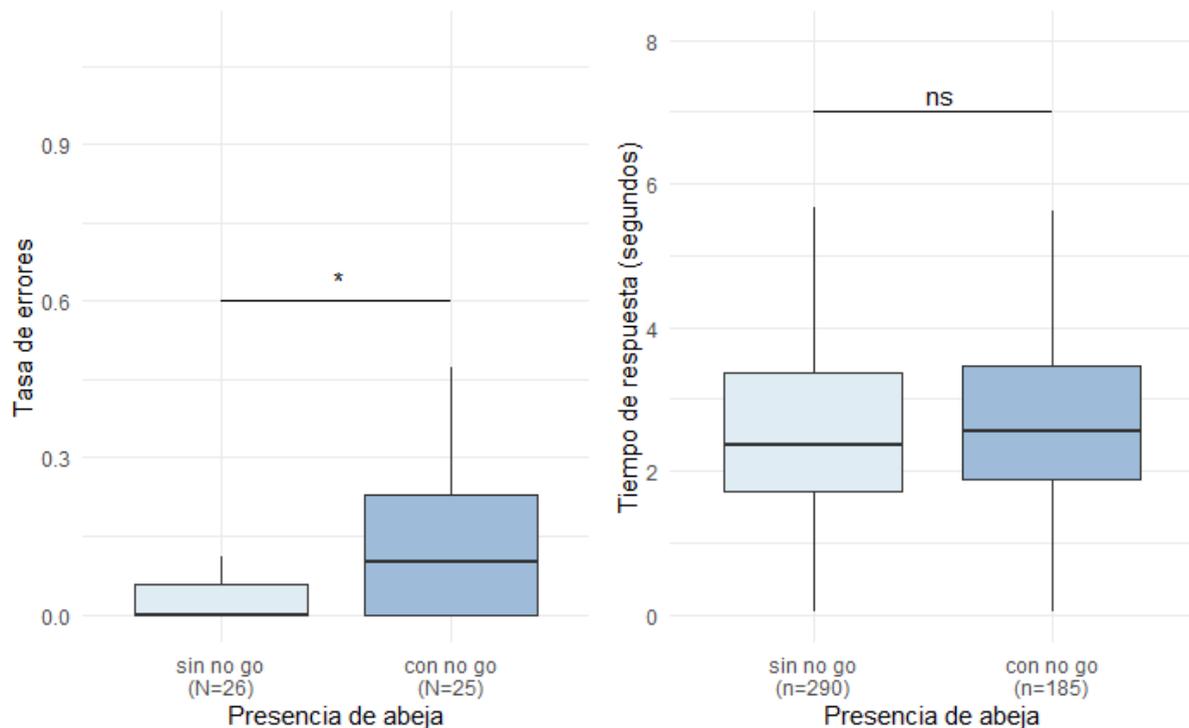


Con *no go*



**Figura 53.** Imagen de dos ensayos modelo del juego Huerta subgrupo elemento *no go*. Sin *no go*: ausencia de *no go* en target (a). Con *no go*: un distractor coincide en color y forma con el target pero tiene un elemento *no go*(b); target (a). Ambas matrices tienen un tamaño de 4 elementos, con: distractor que coincide en forma pero no en color (c), distractor que no coincide en forma ni en color con el target (d).

Obtenemos de esta manera 30 niveles agrupados en dos subgrupos: uno sin elementos *no go* y el otro con presencia de *no go*. A partir de estos grupos realizamos una prueba de Wilcoxon, donde esperamos obtener un tiempo de respuesta mayor para el grupo con presencia de *no go*. La figura a continuación muestra los resultados obtenidos en el análisis de elementos *no go*, así como los resultados de la prueba de comparación (Figura 54).



**Figura 54.** Análisis de los niveles diferenciando las matrices según presencia de elemento *no go* (abeja), en el juego Huerta. Izquierda: Tasa de errores, número de participantes por grupo (N). Derecha: tiempo de respuesta medio, número de observaciones por subgrupo (n). Se muestran los

resultados significativos del análisis post hoc mediante test de Wilcoxon entre pares de matrices. Nivel de significancia según test Wilcoxon:  $p > 0.1$ (ns),  $p < 0.1$ (\*).

Encontramos diferencias significativas en la tasa de errores entre ensayos con elemento *no go* en relación a ensayos sin elementos *no go*, mayor para el grupo con elementos *no go*. Por otro lado, no encontramos diferencias significativas entre ambos grupos al evaluar el tiempo de respuesta. Dada la baja tasa de errores en el grupo con elementos *no go* ( $M=0.17$ ;  $ds=0.24$ ) entendemos que adicionar el elemento *no go* significa un leve aumento en la dificultad, que se refleja únicamente en la tasa de errores cometidos.

En resumen, tomando el conjunto de niveles del juego Huerta, esta actividad no parece implicar gran demanda ejecutiva en los y las participantes, quienes en su mayoría lo completan correctamente (alta proporción de ensayos correctos) en las primeras sesiones. Esta serie de resultados supone realizar modificaciones en el diseño de los niveles para que el juego represente mayor demanda de funciones ejecutivas, aumentando la dificultad de la matriz, ajustando los tiempos de los niveles, y modificando incorporación de obstáculos y elementos *no go*. El error detectado, que impedía que las y los participantes pierdan al seleccionar un distractor distinto del target, ya fue solucionado en versiones posteriores a las utilizadas en este trabajo.

## 7.2 Análisis del juego Lombriz

El número de jugadores para el juego Lombriz es 57; 30 jugaron a la versión control y 27 jugaron a la versión estimulación. El máximo nivel alcanzado en la versión control fue el 8, habiendo un total de 14 niveles diseñados en el juego; y en la versión estimulación el máximo nivel alcanzado fue el 5, habiendo 17 niveles diseñados en esa versión.

A continuación se muestra el número de participantes que jugó a cada uno de los niveles del juego Lombriz, diferenciando por versión de juego (Tabla 11).

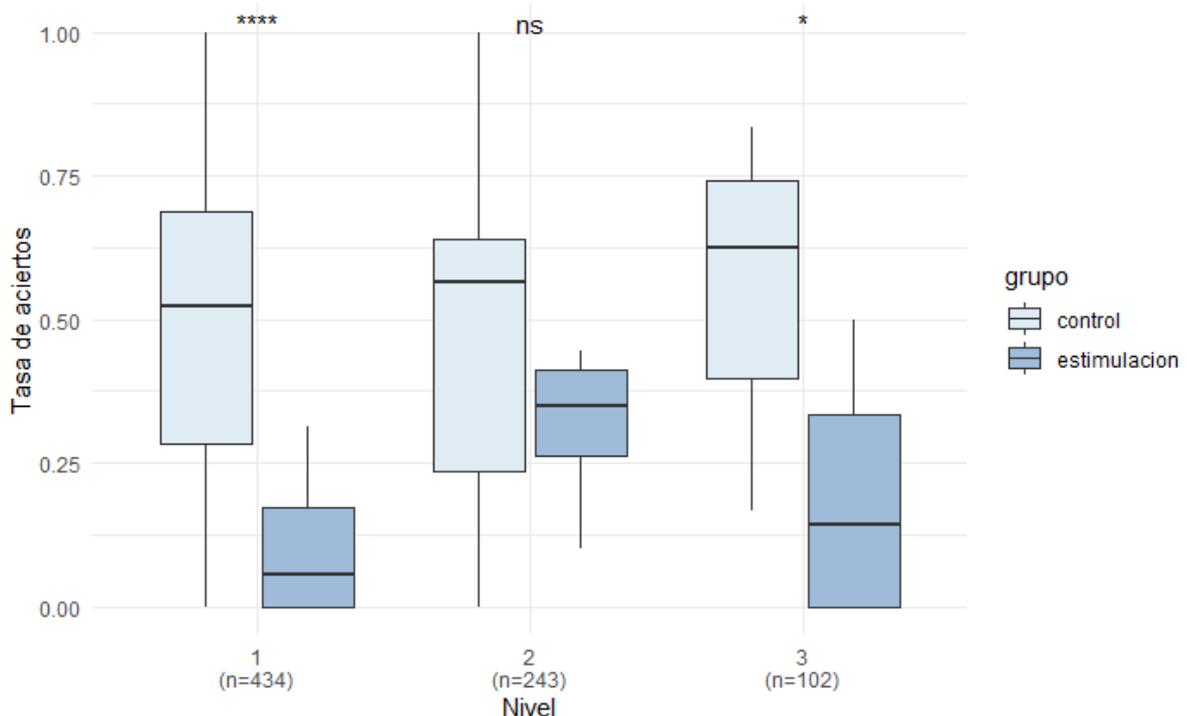
**Tabla 11.** Cantidad de jugadores por nivel en el juego Lombriz.

	Inicial	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	Nivel 8
<b>Control</b>	30	30	19 (63%)	12 (40%)	6 (20%)	3 (10%)	2 (7%)	1 (3%)	1 (3%)
<b>Estimulación</b>	27	26 (96%)	12 (44%)	9 (33%)	1 (4%)	1 (4%)	0	0	0

A partir de estos datos se observa que sólo un jugador, perteneciente al grupo de estimulación, no jugó al juego Lombriz. También, que un gran número de jugadores del grupo estimulación no logró completar el nivel 1, pasando al nivel 2 únicamente el 44%. Una tendencia similar se observa para el grupo control.

Respecto al número de sesiones jugadas, para ambos grupos la media fue de 4 sesiones, con un máximo de 15 sesiones en el grupo control, y máximo de 12 sesiones en el grupo estimulación. A modo de recordatorio, los y las participantes podían jugar en clase un máximo de 8 sesiones, números superiores reflejan que el juego les resultó atractivo y jugaron también fuera del horario escolar.

Procedemos luego a estudiar la dificultad que representa cada nivel, agrupando el total de sesiones, y diferenciando por versión de juego. Partimos del total de ensayos y calculamos, por participante, la tasa de aciertos para cada nivel. Procedimos a comparar el desempeño en los grupos control y estimulación en los tres primeros niveles, donde el número de participantes por grupo es mayor a cinco, con el test de Wilcoxon. A continuación se muestra la gráfica con la media de la tasa de aciertos obtenida para cada nivel y versión (Figura 55).



**Figura 55.** Tasa de acierto por nivel en juego Lombriz, diferenciando los que jugaron a la versión control y a la versión estimulación. La tasa de aciertos se calculó tomando el número de ensayos correctos sobre el total de ensayos jugados. Nivel de significancia según test Wilcoxon: \*  $p < 0.05$ ; \*\*

$p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ ; ns no significativo. Se detalla bajo cada nivel el número de observaciones (n).

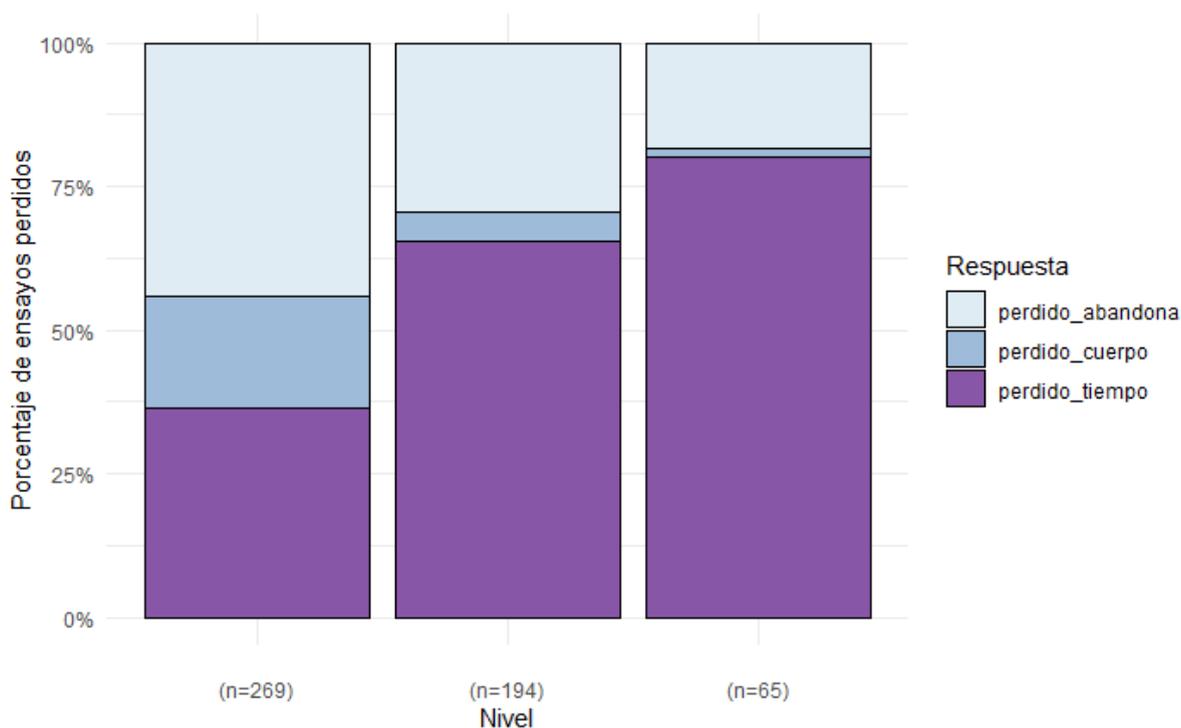
Encontramos diferencias en la tasa de aciertos entre grupo control y estimulación para los niveles 1 y 3, resultando en ambos casos la versión control más sencilla que la versión estimulación. Para el nivel 2 vemos esta misma tendencia entre grupos, pero no encontramos que la diferencia en tasa de aciertos sea significativa.

Para poder continuar el análisis e interpretación de resultados obtenidos es necesario recordar cómo se configura cada uno de los niveles. En la tabla a continuación reiteramos parte de la Tabla 7 (presentada en la descripción del juego) para la versión estimulación, y agregamos la configuración de los niveles de la versión control (Tabla 12).

**Tabla 12.** Descripción de niveles 1-3 para la versión control y estimulación del juego Lombriz.

Nivel	Compostables (n)	Objetos (n)	Tiempo (s)	Notas adicionales
Control 1	5	0	70	
Control 2	5	0	35	
Control 3	5	0	24.5	
Estimulación 1	7	3	100	Objetos notoriamente distintos a compostables
Estimulación 2	7	3	100	Objetos similares al compostable inmediatamente anterior
Estimulación 3	10	3	100	Los objetos aparecen en simultáneo con los compostables

Continuamos por estudiar en cada grupo las razones por las que los jugadores perdían los distintos niveles. Para esto, agrupamos por nivel el total de ensayos perdidos y diferenciamos el motivo de pérdida. Comenzando en el grupo control, los motivos de pérdida posibles son los siguientes: abandonar el juego (perdido\_abandona); falta de tiempo (perdido\_tiempo); y chocar contra su propio cuerpo (perdido\_cuerpo). La figura a continuación presenta los resultados obtenidos en el grupo control al discriminar el total de ensayos perdidos clasificándolos según resultado obtenido y nivel (Figura 56).



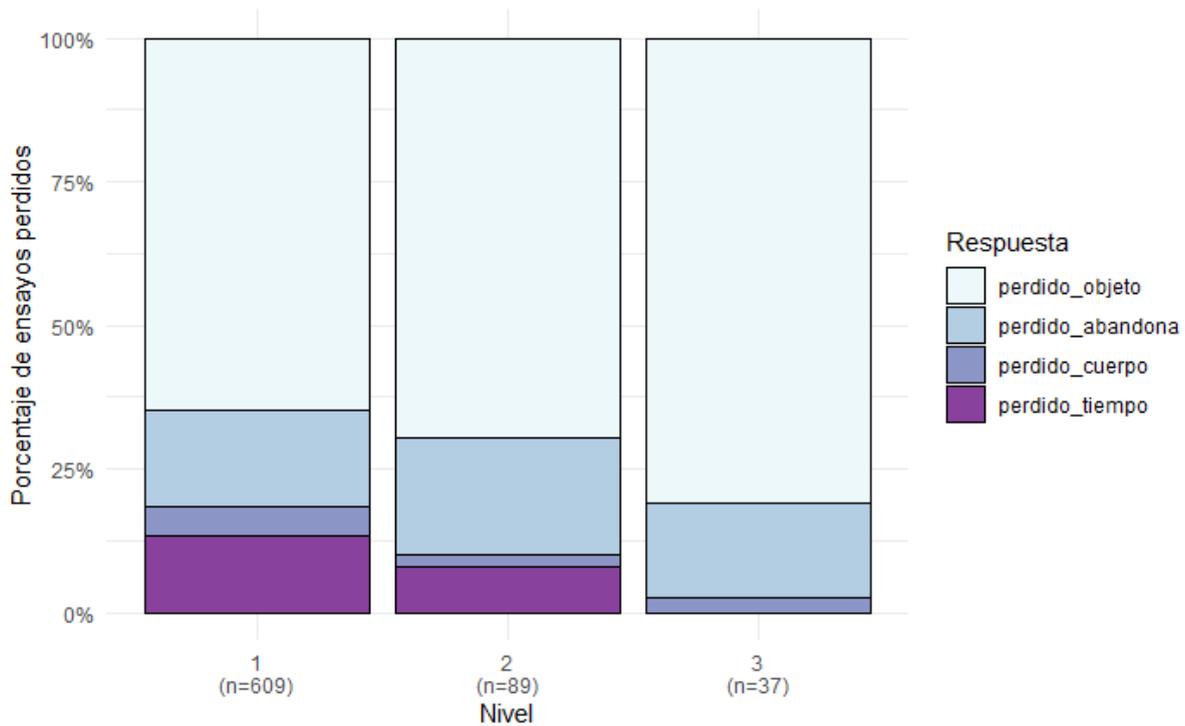
**Figura 56.** Porcentaje de ensayos perdidos por categoría de respuesta, según nivel del juego Lombriz versión control. Se detalla bajo cada nivel el número de observaciones (n).

Encontramos que una de las razones principales por la que pierden los jugadores es por falta de tiempo. Esto nos indica que el tiempo establecido para completar cada ensayo es insuficiente para permitir el avance de los jugadores a niveles superiores. Se sugiere aumentar el tiempo disponible en versiones futuras del juego.

Por otro lado, encontramos que el chocarse contra su cuerpo es un motivo de pérdida que disminuye a medida que avanzan los niveles (19% en el nivel 1, 5% en nivel 2, y 1% en el nivel 3). Este resultado nos indica que hay un proceso de aprendizaje de la mecánica del juego, donde las y los participantes luego de completar el primer nivel logran superar esta dificultad. La proporción de niños que abandona el juego también desciende con el avance. Respecto a este último punto, proponemos realizar un análisis a futuro detallando la proporción de ensayos abandonados según el número de sesiones jugadas. Este análisis podría permitirnos entender en qué instancias del juego los y las participantes optan por abandonarlo, y cómo esto evoluciona a lo largo de los niveles.

Continuando con el estudio de la dificultad incorporada con los elementos de estimulación, procederemos a repetir el análisis pero ahora para los que jugaron a la versión estimulación

(Figura 57). En esta versión se agrega una nueva posibilidad de resultado de pérdida, que es juntar un objeto no compostable (perdido\_objeto).



**Figura 57.** Porcentaje de ensayos perdidos por categoría de respuesta, según nivel del juego Lombriz versión estimulación. Se detalla bajo cada nivel el número de observaciones (n).

Encontramos que seleccionar objetos no compostables es la razón principal de pérdida en esta versión del juego en los tres niveles analizados. El alto porcentaje de pérdida por seleccionar los objetos no compostables nos permite confirmar que las y los participantes no optan por juntar objetos compostables frente a los no compostables. Este resultado puede estar reflejando que el elemento de estimulación adicionado significa efectivamente una dificultad en la ejecución de los ensayos. Una alternativa a esta explicación es que los y las participantes pueden no estar entendiendo las reglas de juego, por lo que simplemente intentan juntar todos los objetos que aparecen en pantalla.

El porcentaje de ensayos perdidos por falta de tiempo es bajo y disminuye a medida que avanzamos en los niveles, por lo que entendemos que el tiempo dado para completar los ensayos es adecuado. La razón de pérdida con menor porcentaje en los tres niveles es

chocarse contra su propio cuerpo. En los niveles analizados esperamos encontrar que el porcentaje de pérdida sea alto al inicio, donde las y los participantes aprenden a jugar, disminuya por efecto de aprendizaje en el nivel siguiente, y vuelva a subir en el tercer nivel cuando el tamaño de la lombriz aumenta. Tal como era esperado, los resultados reflejan esta tendencia.

Continuando en intentar comprender la dificultad de los elementos de dificultad incorporados comparamos la proporción de ensayos perdidos por chocar contra un objeto. Los niveles 1 y 2 se diferencian en el tipo de objeto presentado, donde el nivel 1 incorpora objetos distintos a los estímulos compostables, y en el nivel 2 los objetos presentados son similares a los estímulos. Al comparar los ensayos perdidos por juntar un objeto en el nivel 1 en relación al nivel 2, esperamos una mayor proporción de pérdida en el nivel 2. No encontramos diferencias entre niveles ( $p > 0.05$ ). Esto nos indica que no se genera una dificultad adicional al presentar estímulos similares. En el nivel 3 el objeto no compostable aparece en simultáneo con el compostable, facilitando la distinción entre estos objetos. Esperamos entonces encontrar en el nivel 3 una menor proporción de pérdida por juntar un objeto no compostable respecto al nivel 2. Nuevamente no encontramos diferencias entre niveles ( $p > 0.05$ ), lo que nos indica que el jugador evita los elementos no compostables en la misma proporción que en el nivel anterior, a pesar de presentarse en simultáneo con el compostable.

En resumen, la versión control del juego Lombriz dispone de tiempo insuficiente para permitir el avance de los y las participantes en los niveles, por lo que proponemos aumentar el tiempo disponible para completar los ensayos. Respecto a la versión estimulación, encontramos que las y los participantes no optan por juntar objetos compostables frente a los no compostables, sin importar el diseño de estos últimos. Estos resultados indican que es necesario introducir modificaciones en el juego Lombriz estimulación, ya que si los objetos *no go* no logran ser identificados, y en consecuencia tampoco evitados correctamente, la mecánica en la que se basa el juego no funciona. Frente a la baja cantidad de ensayos jugados en los siguientes niveles proponemos ajustar los parámetros de tiempo y diseño de objetos *no go* previo a continuar el análisis del juego.

### 7.3 Análisis del juego Cuerdas

El número de participantes asignados al juego Cuerdas es 60; 30 jugaron a la versión control y 30 jugaron a la versión estimulación. El máximo nivel alcanzado en la versión control fue el 8, habiendo un total de 21 niveles diseñados en el juego; y en la versión estimulación el máximo nivel alcanzado fue el 9, habiendo 17 niveles diseñados en esa versión. En la Tabla 13 se muestra la cantidad de participantes por nivel y grupo.

**Tabla 13.** Cantidad de jugadores por nivel en el juego Cuerdas, versión control y estimulación.

	Inicial	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	Nivel 8	Nivel 9
<b>Control</b>	30	30	29 (97%)	29 (97%)	23 (77%)	14 (47%)	8 (27%)	3 (10%)	1 (3%)	0
<b>Estimulación</b>	30	30	30	28 (93%)	21 (70%)	5 (17%)	2 (7%)	2 (7%)	2 (7%)	1 (3%)

Observamos que un gran número de jugadores de ambos grupos no lograron pasar al nivel 5, siendo mayor la brecha en el grupo estimulación. Respecto al número de sesiones jugadas, ambos grupos jugaron una media de 3 sesiones, con un máximo de 12 sesiones en el grupo control, y máximo de 7 sesiones en el grupo estimulación.

Tal como se procedió en juegos anteriores, para estudiar la dificultad que representa cada nivel calculamos la tasa de aciertos por grupo y nivel, para aquellos niveles con un mínimo de 10 jugadores en cada grupo. En consecuencia analizaremos únicamente los niveles 1, 2, 3 y 4.

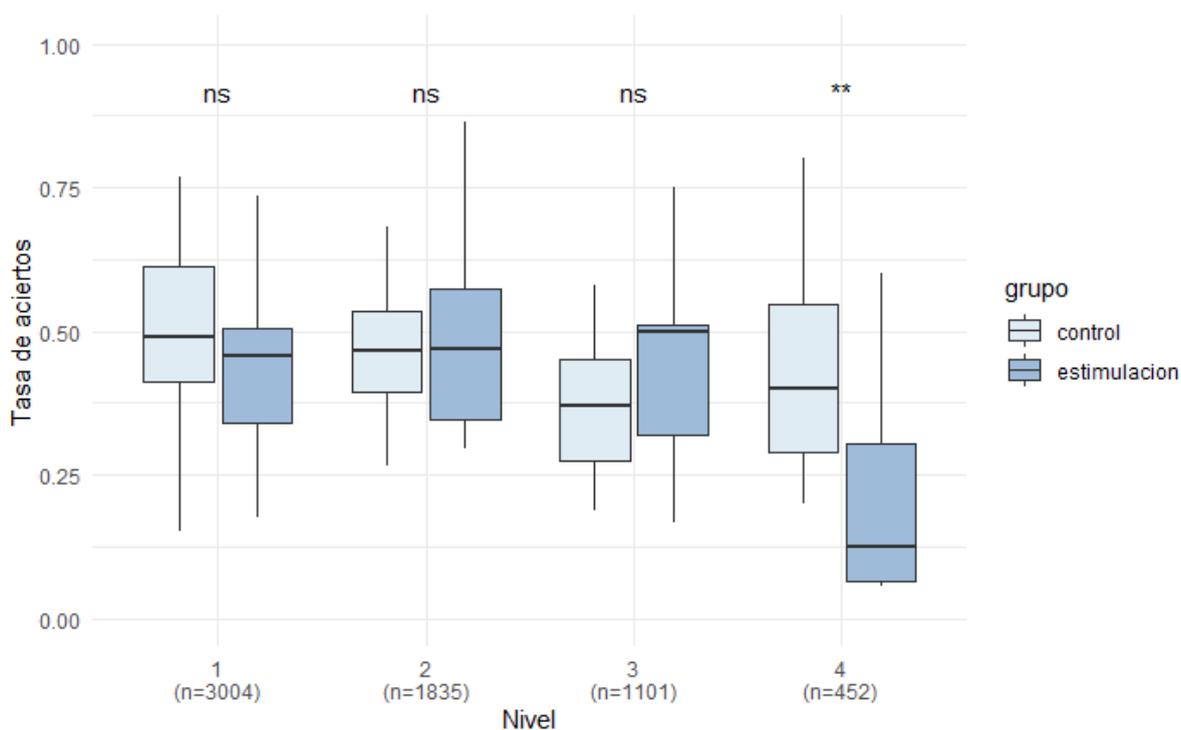
A modo de recordatorio, las versiones control y estimulación se diferencian en la configuración de los niveles. Los primeros niveles únicamente se diferencian en el número de cuerdas, número de trampolines, número de frutas, presencia de obstáculos y tiempo dado para completar el ensayo. En la Tabla 14 detallamos las especificaciones de los niveles para la versión control, junto con parte de las especificaciones presentadas previamente en la descripción del juego para la versión estimulación (en la Tabla 8).

**Tabla 14.** Descripción de niveles 1-4 para la versión control y estimulación del juego Cuerdas.

Nivel	Cuerdas (n)	Trampolin (n)	Frutas (n)	Obstáculos (n)	Tiempo (s)
Control 1	2	2	2	-	25
Control 2	3	3	3	-	25

Control 3	4	4	3	-	25
Control 4	5	5	3	-	25
Estimulación 1	2	2	2	-	25
Estimulación 2	3	3	3	-	25
Estimulación 3	4	4	3	-	25
Estimulación 4	4	4	2	1	25

Analizamos la tasa de aciertos para cada nivel y grupo por separado, y comparamos los grupos control y estimulación mediante una prueba Wilcoxon. En la Figura 58 se muestra la gráfica con la media de la tasa de aciertos obtenida para cada nivel y grupo.

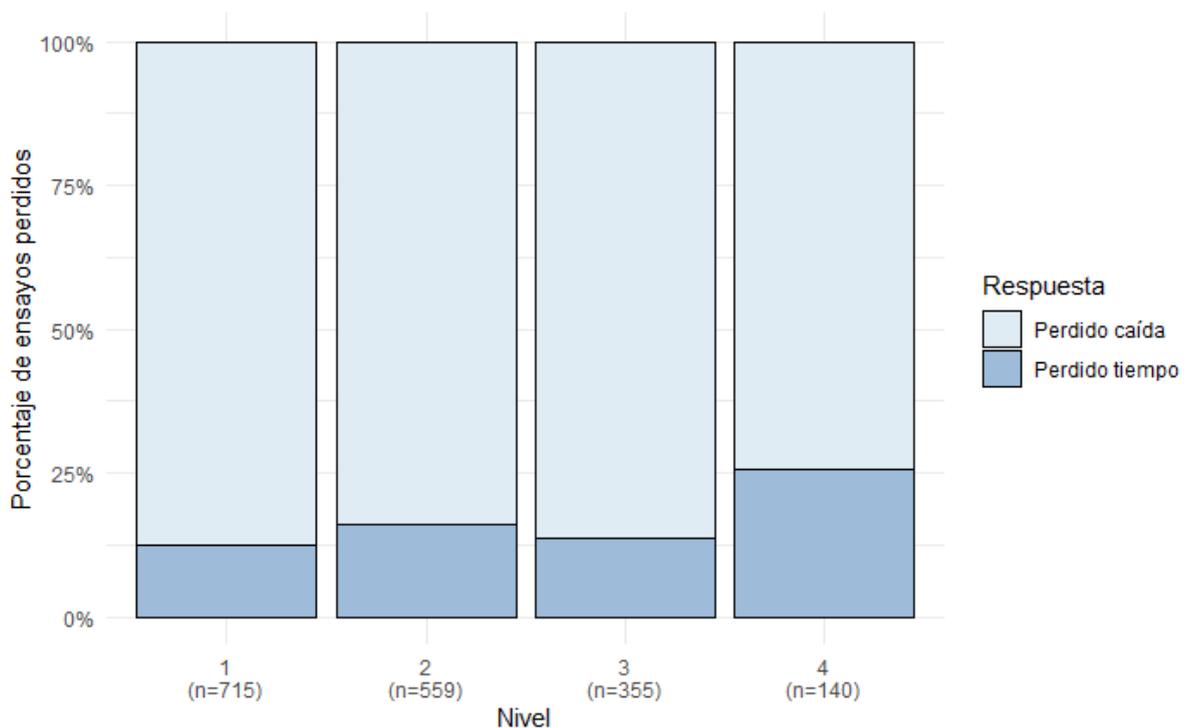


**Figura 58.** Tasa de aciertos media para cada grupo por nivel de juego en Cuerdas. Se tomaron aquellos niveles con un número de participantes mayor a 10 por grupo. Se detalla bajo cada nivel el número de ensayos por nivel (n).

La tasa de aciertos es similar entre grupos (cerca del 50% de aciertos) para los primeros tres niveles, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas. En el nivel 4 podemos ver una tasa de aciertos superior para el grupo control respecto al estimulación ( $p=0.004$ ). Estos resultados nos permiten concluir que la progresión de dificultad por elementos de estimulación significó un costo adicional en la tasa de aciertos en el último nivel analizado.

Estudios posteriores, donde los niveles superiores resulten más sencillos, y así más jugadores logren completarlos, se deberá evaluar si la diferencia entre grupos control y estimulación se mantiene a medida que aumenta la demanda de los niveles.

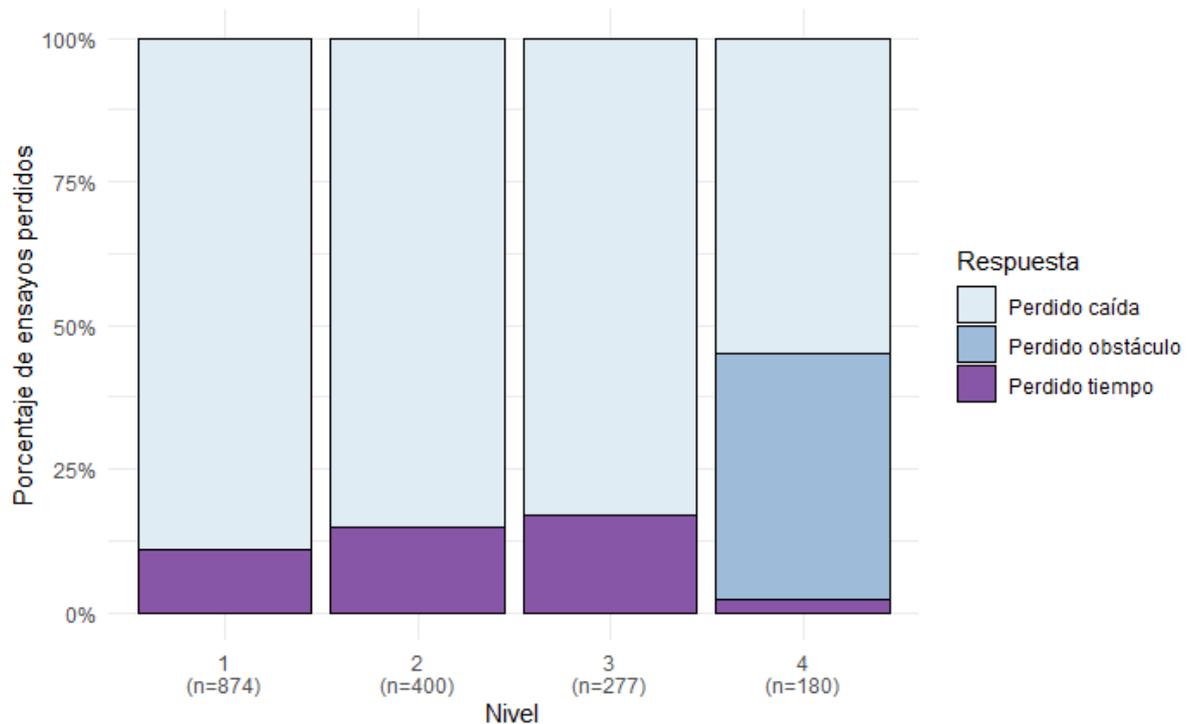
Para estudiar la mecánica general del juego analizamos los ensayos perdidos de los jugadores del grupo control. Diferenciamos los ensayos perdidos según perdido por falta de tiempo, y perdido por caer durante un salto. A continuación se muestra el porcentaje de ensayos perdidos por categoría y nivel para la versión control.



**Figura 59.** Porcentaje de ensayos perdidos por categoría de respuesta, según nivel del juego Cuerdas versión control. Se detalla bajo cada nivel el número de observaciones (n).

Encontramos que la razón principal de pérdida en los niveles analizados es por caer durante el recorrido. La falta de tiempo no es motivo de pérdida principal en ninguno de los niveles. Entendemos entonces que la dificultad de los niveles en cuanto a coordinación requerida es muy alta para permitir un avance de los y las participantes a niveles de mayor complejidad. Esto nos indica que se deben ajustar las distancias y disposición de las cuerdas para facilitar el movimiento del personaje entre cuerdas.

Continuaremos por evaluar los elementos de dificultad incorporados en la versión estimulación. En los niveles analizados de la versión estimulación se aumenta el número de cuerdas, y adicionalmente en el nivel 4 se incorpora un obstáculo (elemento *no go*) en la ruta hacia la plataforma final. En la Figura 60 se muestran los resultados obtenidos en el análisis de errores de la versión estimulación.



**Figura 60.** Porcentaje de ensayos perdidos por categoría de respuesta, según nivel del juego Cuerdas versión estimulación. Se detalla bajo cada nivel el número de observaciones (n).

Encontramos nuevamente que perder por caída es la razón principal de pérdida en todos los niveles analizados, y perder por tiempo representa un porcentaje menor de los ensayos perdidos. Acorde a lo esperado, encontramos en el nivel 4 ensayos perdidos por obstáculos. Al analizar un único nivel no tenemos datos suficientes para comparar la proporción de ensayos perdidos por obstáculos a medida que el participante juega las sucesivas sesiones. Un análisis a futuro con mayor número de observaciones nos permitirá conocer si las y los participantes logran aprender a evitar el obstáculo, lo que se vería reflejado en una disminución de ensayos perdidos por obstáculo a medida que aumenta el número de sesión.

En conclusión, ambas versiones del juego Cuerdas tienen una mecánica de juego difícil, por lo que se deberán ajustar los parámetros de disposición de las cuerdas. Al contar con un número limitado de niveles jugados no podemos estudiar la dificultad de los elementos de

estimulación incorporados. Una análisis posterior deberá incluir el estudio del efecto de incorporar un elemento de control inhibitorio (serpientes similares a cuerdas), elementos *no go* (objetos ubicados en lugar de las frutas), y un elemento de flexibilidad cognitiva (relámpago que “duerme” a las serpientes y “quema” las cuerdas durante un tiempo determinado, debiendo el participante alternar entre las reglas de juego).

## 7.4 Análisis del juego Estantes

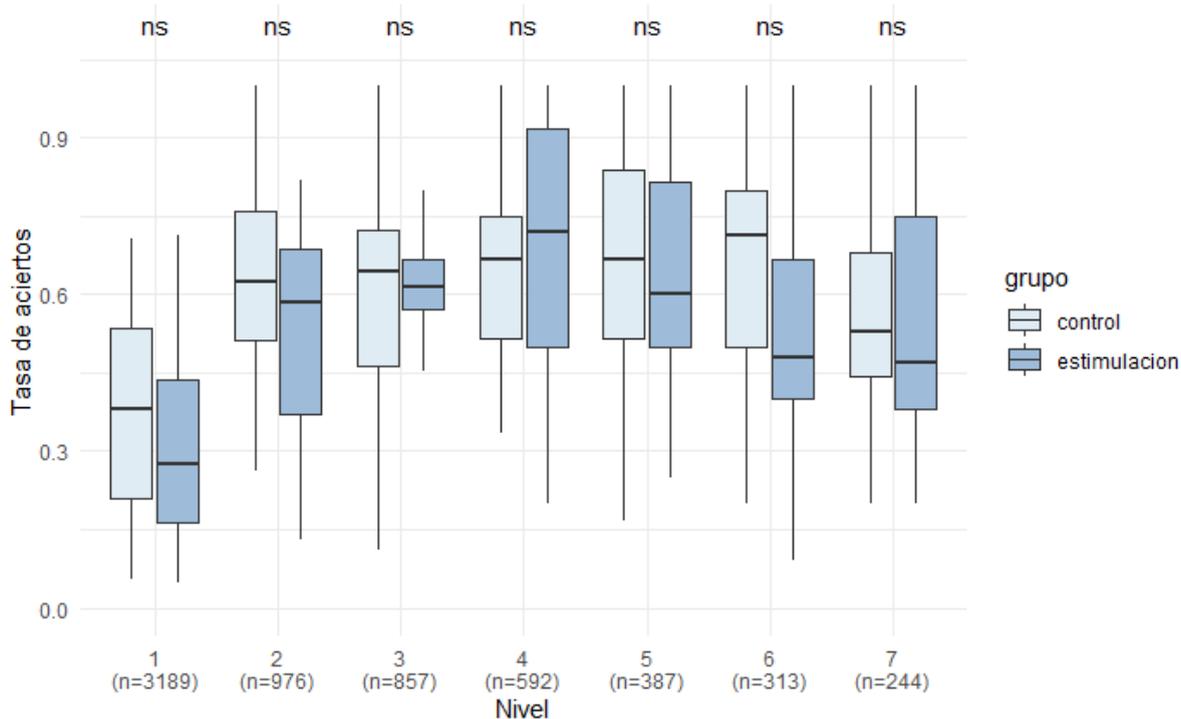
El juego Estantes fue asignado a 29 jugadores en su versión control y a 30 jugadores en su versión estimulación. Ambos grupos jugaron en promedio 4 sesiones, y un máximo de 11 sesiones. Del total de 31 niveles diseñados, el nivel máximo alcanzado fue el 14 para la versión control y el 10 para la versión estimulación (Tabla 15). Encontramos que la distribución de cantidad de jugadores por nivel máximo alcanzado es la siguiente:

**Tabla 15.** Cantidad de jugadores por nivel en juego Estantes.

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	Nivel 8	Nivel 9	Nivel 10	Nivel 11-14
<b>Control</b>	30 (93%)	27 (83%)	24 (65%)	19 (65%)	19 (59%)	17 (55%)	16 (48%)	14 (34%)	10 (7%)	2 (3%)	1
<b>Estimulación</b>	30 (80%)	24 (67%)	20 (60%)	18 (57%)	17 (50%)	15 (33%)	10 (17%)	5 (17%)	5 (3%)	1	0

Respecto a estos resultados destacamos que en el grupo estimulación un 20% de los y las participantes no logran completar el nivel 1.

Continuando con el análisis global del juego, comparamos la progresión de las y los participantes a lo largo de los niveles, para todos los niveles con un mínimo de 10 jugadores en ambos grupos. Se calculó la tasa de aciertos tomando el número de ensayos correctos sobre el total de ensayos jugados. Mediante un test de Wilcoxon comparamos la tasa de aciertos entre grupos, para cada nivel por separado. A continuación se muestra la gráfica con la tasa de aciertos obtenida para cada nivel y versión (Figura 61).



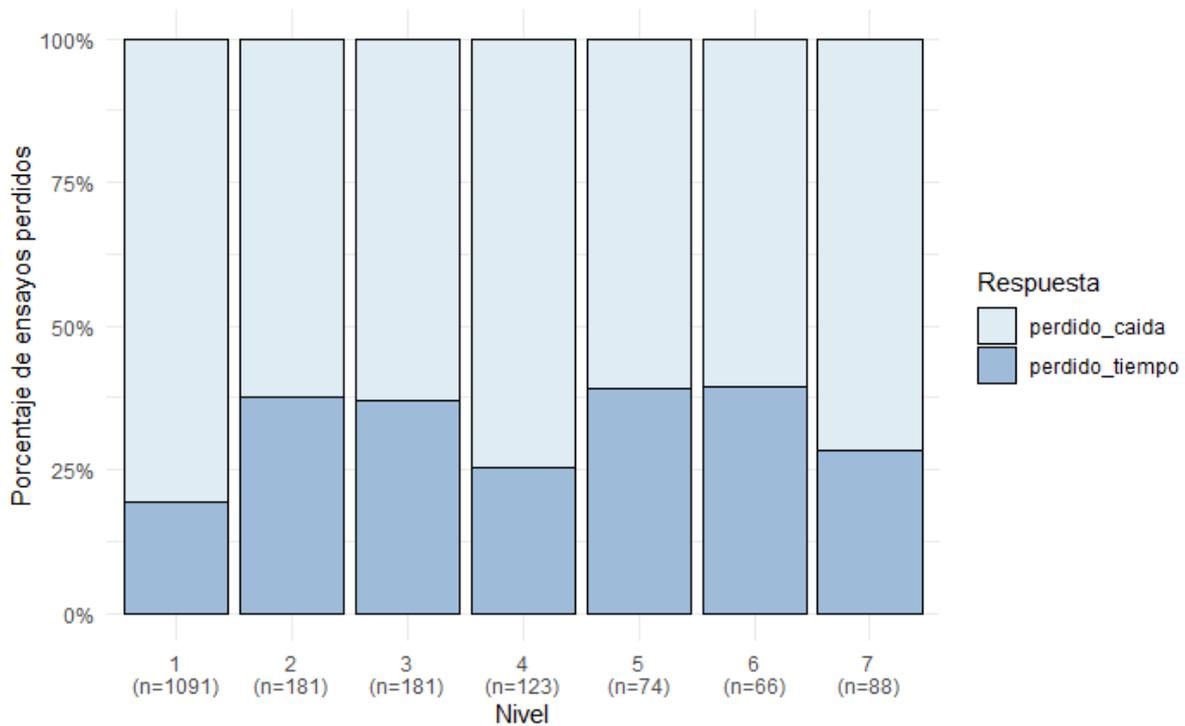
**Figura 61.** Tasa de acierto por nivel en juego Estantes, diferenciando los que jugaron a la versión control y a la versión estimulación. Nivel de significancia según test Wilcoxon:  $p > 0.05$  (ns). Se detalla el número de ensayos por nivel (n).

No encontramos diferencias en la tasa de aciertos entre los grupos que jugaron a la versión control y estimulación en ninguno de los niveles analizados. Esto es un indicador de que la dificultad incorporada únicamente en la versión de estimulación no significó un costo adicional en la tasa de aciertos. Varios de los niveles tienen índices de aciertos cercanos a 0.6, una dificultad que consideramos demasiado alta para los primeros ensayos.

Continuamos estudiando las razones por las que los y las participantes pierden los ensayos. Primero veremos lo que sucede en la versión control, donde evaluaremos la mecánica general de juego, para luego pasar a la versión estimulación donde evaluaremos los elementos de estimulación incorporados.

El siguiente análisis consiste en evaluar el porcentaje de ensayos perdidos para cada motivo de pérdida, por nivel del juego. En la versión control las y los participantes pueden perder a causa de quedarse sin tiempo (perdido\_tiempo), o por caerse en el recorrido (perdido\_caída). Esperamos una disminución del porcentaje de ensayos perdidos por caída a lo largo de los

niveles, lo que indicaría un aprendizaje de la mecánica del juego. A su vez, esperamos que el porcentaje de ensayos perdidos por tiempo no sea elevado, ya que no se buscó generar una demanda en el tiempo disponible. Comenzamos por evaluar el porcentaje de ensayos perdidos por tiempo, para luego realizar un Anova de una vía con el porcentaje de ensayos perdidos por caída a lo largo de los niveles. La Figura 62 muestra para cada categoría el porcentaje de ensayos perdidos, según nivel, en la versión control.



**Figura 62.** Porcentaje de ensayos perdidos por categoría de respuesta, según nivel del juego Estantes versión control. Se detalla bajo cada nivel el número de observaciones (n).

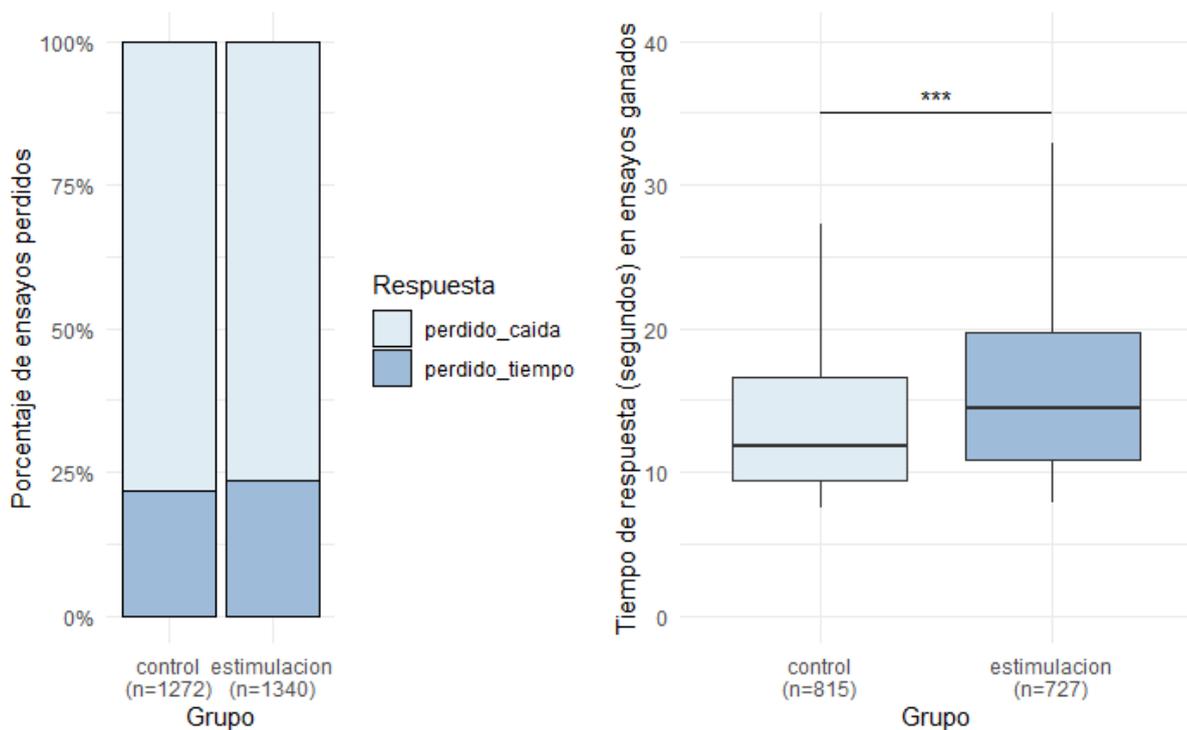
Encontramos que si bien presente, la falta de tiempo no es la razón principal de pérdida. A su vez, el análisis de Anova no muestra diferencias significativas entre niveles para la proporción de ensayos perdidos por caída ( $p > 0.05$ ). Entendemos que una proporción constante a lo largo de los niveles, que adicionan dificultad al aumentar el número de estantes, indica que los y las participantes logran aprender la mecánica del juego. Dado que el porcentaje de participantes que logra avanzar en el juego no es elevado, ajustar los parámetros de tiempo y disposición de los estantes facilitará la mecánica de juego, permitiendo que más participantes alcancen niveles superiores.

Continuaremos por evaluar los elementos de dificultad incorporados en la versión estimulación. Para estudiar los motivos de pérdida agrupamos los niveles según el elemento de estimulación que introducen; y los comparamos con los niveles equivalentes de la versión control, que tienen igual configuración pero con estantes simples en lugar de estantes de estimulación. Recordemos, tal como se muestra en la Tabla 9, que los niveles 1 y 2 incorporan estantes con pintura; los niveles 3 y 4 incorporan estantes con presencia de arañas; y los niveles 5 y 6 incorporan estantes intermitentes. En la Tabla 16 se resumen los elementos a discutir para los niveles 1 - 6. Brevemente, a modo de recordatorio de la descripción dada del juego, los estantes con pintura retrasan el próximo salto del participante; los estantes con araña hacen que el personaje pierda cuando la araña está a nivel del estante; y los estantes intermitentes alternan de estado visible a no visible, haciendo que el personaje caiga. Obtenemos así tres categorías de estimulación (pintura, araña e intermitente). Utilizaremos esta nomenclatura a los niveles correspondientes de la versión control, obteniendo así tres categorías, cada una con versión control y versión estimulación. Al evaluar la incorporación de los estantes en la versión estimulación esperamos que las y los participantes busquen activamente evitarlos, impactando así en la tasa de aciertos y pérdida, así como en el tiempo que demoran en completar los ensayos.

**Tabla 16.** Descripción de niveles 1-6 para la versión control y estimulación del juego Estantes.

Nivel	Estantes simples (n)	Estantes con Pintura (n)	Estantes con Araña (n)	Estantes Intermitentes (n)	Tiempo (s)
Control 1	4	-	-	-	24
Control 2	10	-	-	-	60
Control 3	4	-	-	-	24
Control 4	10	-	-	-	60
Control 5	4	-	-	-	24
Control 6	10	-	-	-	60
Estimulación 1	2	2	-	-	24
Estimulación 2	5	5	-	-	60
Estimulación 3	2	-	2	-	24
Estimulación 4	5	-	5	-	60
Estimulación 5	2	-	-	2	24
Estimulación 6	5	-	-	5	60

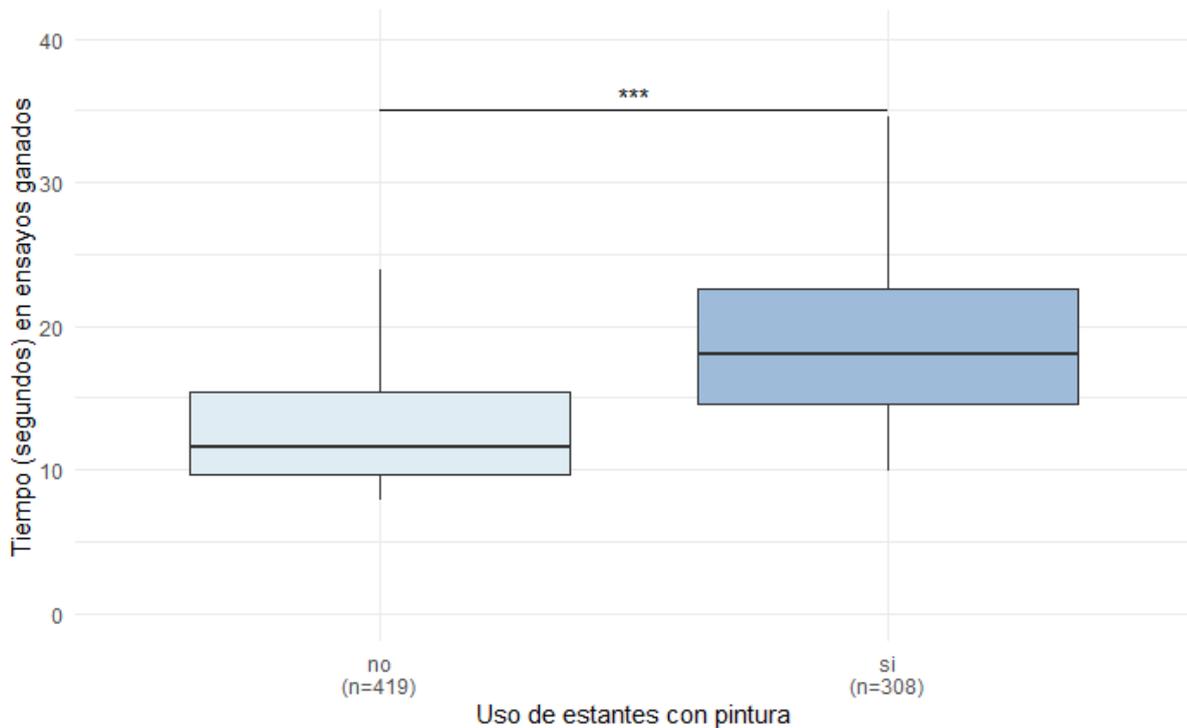
Si los y las participantes utilizan los estantes con pintura, se vería reflejado en un aumento en el tiempo que les lleva completar correctamente el ensayo. De esta manera, un porcentaje de ensayos perdidos similar entre grupos, junto con un tiempo de respuesta similar para los ensayos ganados, nos indica que las y los participantes activamente evitan utilizar los estantes con pintura. Mediante una prueba de Wilcoxon comparamos el tiempo de respuesta de los ensayos correctos. La figura que se presenta a continuación muestra los resultados obtenidos al analizar el porcentaje de ensayos perdidos por categoría y grupo, y el tiempo de respuesta medio de ensayos correctos por grupo (Figura 63).



**Figura 63.** Análisis de los niveles del subgrupo pintura en el juego Estantes. Izquierda: Porcentaje de ensayos perdidos por categoría de respuesta, según grupo. Derecha: Tiempo de respuesta medio en ensayos ganados por grupo. Nivel de significancia según test Wilcoxon:  $p < 0.01$  (\*\*\*). Se muestra el número de observaciones (n).

Encontramos que el porcentaje de ensayos perdidos por tiempo es similar entre los grupos control y estimulación. Vemos también que el grupo estimulación requiere de un tiempo significativamente mayor para completar los ensayos respecto al grupo control. El tiempo mayor en el caso del grupo estimulación entendemos que podría deberse a que los y las participantes utilizan los estantes con pintura durante su recorrido, o bien podría deberse a

que las y los participantes optan por esperar antes de realizar el próximo salto para planificar el recorrido y así evitar el uso de estantes con pintura. Comparamos entonces para el grupo estimulación el tiempo que les lleva completar los niveles, separando los ensayos según si en su recorrido utilizaron estantes con pintura o no los utilizaron. Realizamos luego una comparación de Wilcoxon entre estos.

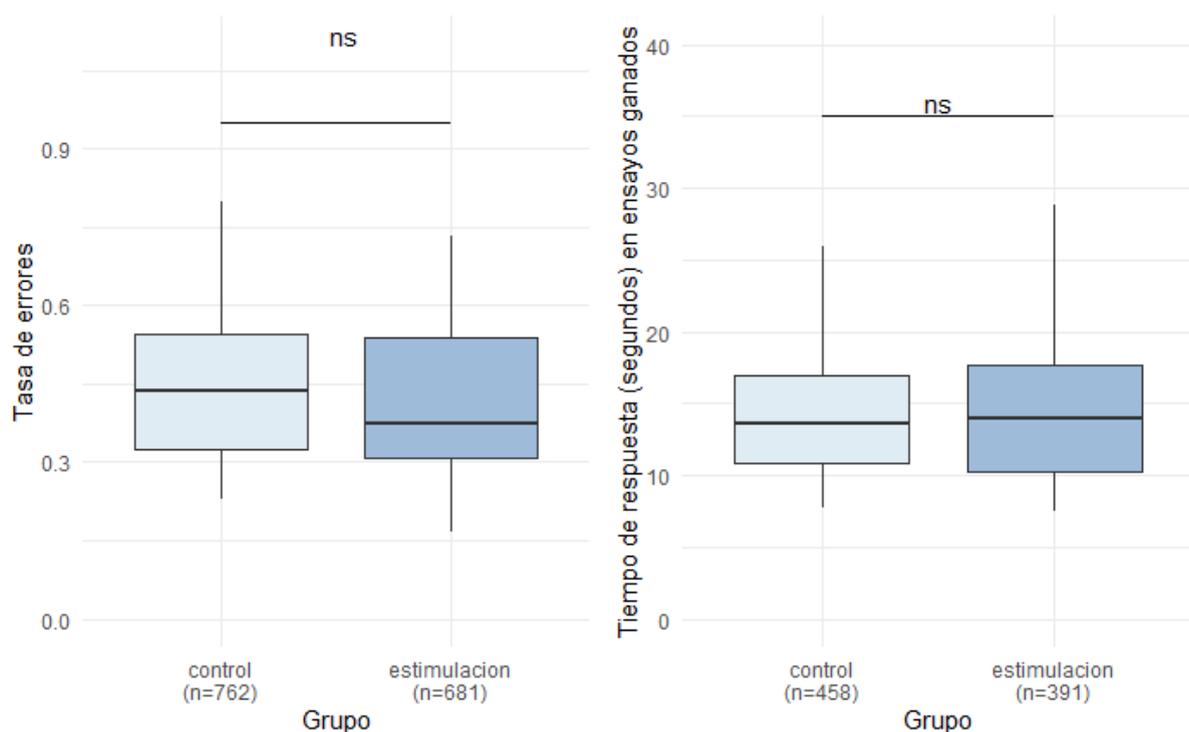


**Figura 64.** Análisis del tiempo de respuesta medio en los niveles estimulación del subgrupo pintura en el juego Estantes. Comparación entre ensayos con uso o no uso de estantes con pintura durante el recorrido. Nivel de significancia según test Wilcoxon:  $p < 0.01$ (\*\*\*). Se muestra el número de observaciones (n).

Encontramos un tiempo de respuesta significativamente superior en aquellos ensayos donde se utilizaron estantes con pintura en el recorrido respecto a los ensayos donde se evitaron usar dichos estantes. Entendemos así que la diferencia en tiempo observada al comparar el grupo estimulación y control se debe a que los y las participantes no evitan los estantes con pintura.

Proponemos entonces revisar el tiempo disponible para que completen los ensayos, así como también el tiempo penalizado por utilizar un estante de pintura. De esta manera buscamos que el participante deba optimizar el tiempo de respuesta, planificando un recorrido que evite los estantes con pintura.

La dificultad incorporada en los estantes con araña se espera ver reflejada en un aumento en la tasa de ensayos perdidos en el grupo estimulación respecto al grupo control, y un aumento en el tiempo de los ensayos correctos del grupo estimulación. Un tiempo mayor en ensayos ganados del grupo estimulación nos indica que las y los participantes recurren a la planificación del recorrido, evitando activamente el uso de los estantes con arañas. De la misma manera, un porcentaje de ensayos perdidos por caída similar entre grupos, junto con un tiempo de respuesta similar para los ensayos ganados, nos indicaría que los y las participantes evitan el uso de los estantes con araña, sin que esto signifique un aumento en la dificultad de los ensayos. Analizamos entonces la tasa de errores entre grupos, y realizamos una comparación mediante la prueba de Wilcoxon. Luego comparamos entre grupos el tiempo de los ensayos correctos. En la siguiente figura se muestra la media de la tasa de errores y el tiempo de respuesta medio en ensayos correctos, por grupo para el subgrupo de niveles con araña (Figura 65).

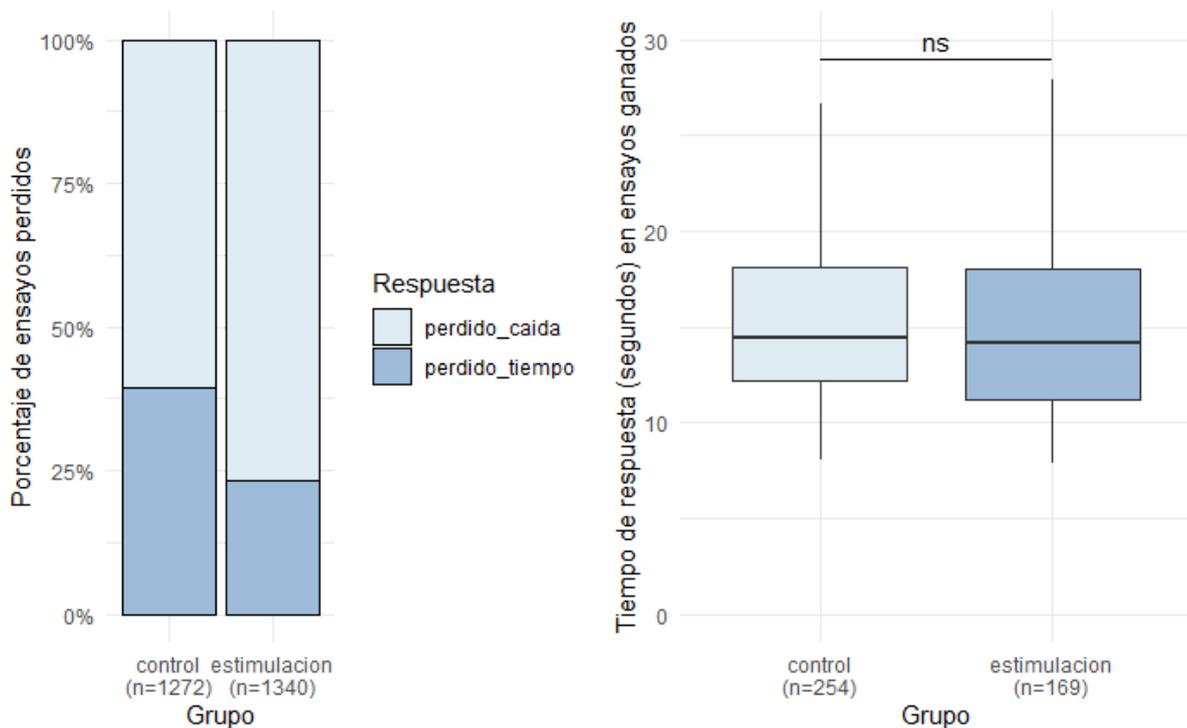


**Figura 65.** Análisis de los niveles del subgrupo araña en el juego Estantes. Izquierda: Tasa de errores por grupo. Derecha: Tiempo de respuesta medio en ensayos ganados por grupo. Nivel de significancia según test Wilcoxon:  $p > 0.1$  (ns). Se muestra el número de ensayos por grupo (n).

Encontramos que no hay diferencias en la tasa de errores cometidos entre grupos para los niveles que constituyen el subgrupo araña, así como tampoco un aumento en el tiempo de

ensayos correctos. Estos resultados nos indican que el elemento araña es evitado por las y los participantes. Una posible explicación es que la araña es rápidamente reconocida por los y las participantes como estímulo *no go* y fácilmente evitada en el recorrido.

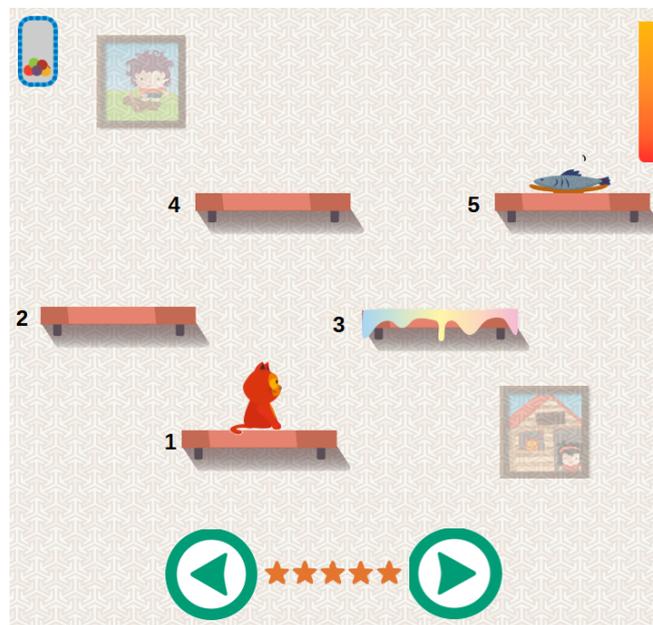
Respecto a la incorporación de estantes intermitentes, nos basaremos en las líneas de análisis propuestas para los estantes con pintura y con arañas. La dificultad de incorporar al juego estantes intermitentes se vería reflejada en un aumento en el número de ensayos perdidos por caída en el grupo estimulación y un aumento en el tiempo de ensayos correctos para este mismo grupo (siguiendo la fundamentación empleada en el análisis de estantes con araña). Mediante una prueba de Wilcoxon comparamos el tiempo de respuesta de los ensayos correctos. A continuación se muestran los resultados obtenidos al analizar en el subgrupo intermitentes, el porcentaje de ensayos perdidos por categoría, y el tiempo de respuesta medio en ensayos correctos (Figura 66).



**Figura 66.** Análisis de los niveles del subgrupo intermitentes en el juego Estantes. Izquierda: Porcentaje de ensayos perdidos por categoría de respuesta, según grupo. Derecha: Tiempo de respuesta medio en ensayos ganados por grupo. Nivel de significancia según test Wilcoxon:  $p > 0.1$  (ns). Se muestra el número de observaciones (n).

Encontramos en el grupo estimulación un porcentaje de ensayos perdidos por caída superior respecto al grupo control. Entendemos así que los estantes intermitentes incorporan una mayor dificultad. Encontramos también que el grupo estimulación no requiere de un tiempo significativamente mayor para completar los ensayos respecto al grupo control. Esto nos indica que las y los participantes no optan por esperar antes de saltar en los ensayos con estantes intermitentes. Proponemos entonces revisar el diseño de los estantes intermitentes para facilitar la detección por parte de los y las participantes y así estimular la elección de estrategias que le permitan optimizar los saltos realizados.

Finalmente pasaremos a describir una posible forma de profundizar el análisis de los elementos de estimulación. La ejecución de este análisis queda planteada para realizar más adelante ya que su complejidad excede los objetivos del presente trabajo. Los distintos elementos de estimulación incorporados representan obstáculos en el recorrido entre los estantes hasta la meta final. Entendemos que el procedimiento a seguir para estudiar la incorporación de los elementos es mediante un análisis de recorrido. En concreto, siguiendo el esquema simplificado presentado en la siguiente imagen (Figura 67), el participante puede optar por el recorrido largo que evita el estante con pintura (1, 2, 4, 5), o de lo contrario el recorrido más corto pero que implica pasar por un estante con pintura (1, 3, 5).



**Figura 67.** Imagen representativa de un nivel del juego Estantes versión estimulación. El gato parte del estante inicial (1), y debe alcanzar el estante final (5), donde se encuentra el pescado de recompensa. Los estantes 2 y 4 son estantes simples, sin elemento de estimulación. El estante 3 es un estante de estimulación con pintura que retrasa el próximo salto.

Si el participante opta por el recorrido corto, será penalizado con tiempo por utilizar el estante con pintura. De la misma manera, si el participante opta por el camino largo, sentirá la presión del tiempo y el desafío de saltar un número mayor de estantes. En el caso de estantes con araña se suma la dificultad de coordinar el movimiento de la araña con el salto hacia el estante. Por último, en el caso de estantes intermitentes, se incorpora el componente variable de disponibilidad del estante para el salto. Mediante el análisis de recorrido buscaremos entender el proceso de selección de camino que realiza el jugador para resolver las dificultades que presenta cada nivel, obteniendo así una medida de planificación.

## 7.5 Análisis del juego Espacial

El juego Espacial fue asignado únicamente a jugadores pertenecientes al grupo control, de los cuales jugaron un total de 29 jugadores. A continuación se presenta el número de jugadores por sesión para el juego Espacial. Destacamos que más de la mitad de los jugadores (50%) jugaron un máximo de 5 sesiones (Tabla 17).

**Tabla 17.** Cantidad de jugadores por sesión para el juego Espacial.

Número de sesiones	1	2	3	4	5	6	7	8	9 o más
Número de jugadores	29 (100%)	25 (86%)	23 (79%)	21 (72%)	18 (62%)	11 (38%)	6 (21%)	4 (14%)	4 (14%)

Al estudiar el avance de los jugadores en los niveles, encontramos que el nivel máximo alcanzado fue 53, al que llegó únicamente un jugador, de un total de 60 niveles diseñados. A modo de recordatorio, en cada nivel la dificultad del juego se incrementa mediante un ajuste del tiempo disponible para completar el ensayo. A medida que avanzamos en el juego, los niveles incrementan en dificultad del recorrido. Adicionalmente se incorporan baterías (que al seleccionarlas aumentan el tiempo disponible) y objetos (que al seleccionarlos disminuyen el tiempo disponible). La figura a continuación muestra dos ejemplos de recorridos de niveles iniciales y finales para visualizar las diferencias (Figura 68).



**Figura 68.** Imágenes del juego Espacial. A la izquierda se muestra el diseño del recorrido del nivel 1, mientras que a la derecha se muestra el diseño del recorrido del nivel 60.

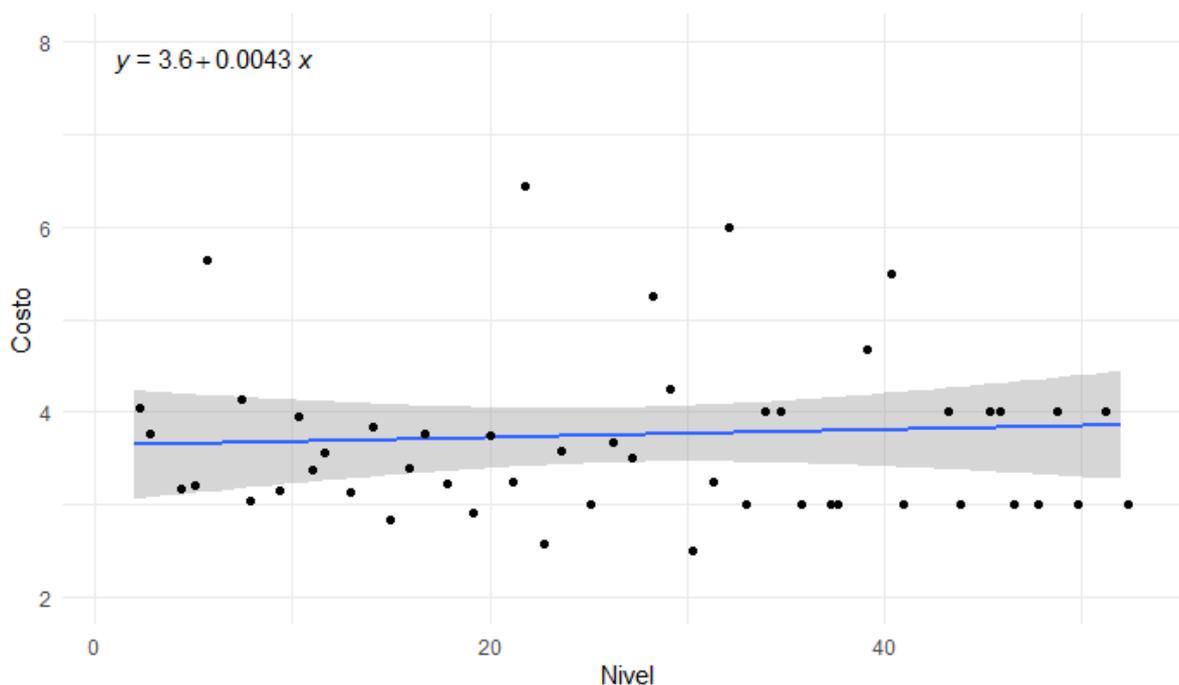
Dentro del nivel 1 el participante debe jugar tres ensayos consecutivos donde la única diferencia es que cuando completa un ensayo, dispone de un tiempo menor para completar el ensayo siguiente. La dificultad de tiempo, recién mencionada en el nivel 1, sigue la misma regla en todos los niveles.

Para facilitar la presentación del número de jugadores por nivel, optamos por agrupar los niveles en 5 franjas, determinados por la dificultad añadida. En la Tabla 18 se detalla el número de jugadores, según franja de avance.

**Tabla 18.** Cantidad de jugadores por grupo de niveles para el juego Espacial.

Grupo de nivel	Inicial	1-10	11-24	25-40	41-60
Número de jugadores	29	27 (93%)	16 (55%)	6 (21%)	1 (3%)

Siguiendo el análisis de la progresión de dificultad, calculamos para cada participante el costo por nivel, esto es el número de ensayos necesarios para completar el nivel. En la Figura 69 se presentan los resultados obtenidos. El criterio de avance es ganar 3 ensayos, por lo tanto, un valor de 3 representa un desempeño ideal en el nivel.



**Figura 69.** Costo de completar el nivel medido según tasa de acierto en el juego Espacial. En el ángulo superior izquierdo se muestra la ecuación de la recta correspondiente. Regresión lineal representada por línea azul.

Encontramos que el costo de completar los niveles no aumenta al avanzar en los niveles diseñados. Al estar los niveles organizados de forma creciente según nivel de dificultad del recorrido, entendemos que las y los participantes logran aprender la mecánica del juego. En conclusión, entendemos que los parámetros establecidos en el diseño del juego Espacial son adecuados y cumplen con las exigencias propuestas.

## 7.6 Opinión sobre los juegos

Para recabar información sobre la experiencia de los jugadores en cada juego se realizó la encuesta Opiniones (Anexo 2). Cada participante completó la encuesta junto con un investigador, quien registró las respuestas de los niños y niñas. Esta encuesta fue realizada a cada participante al final de la fase de intervención y consta de dos secciones. La primera sección, denominada Opinión, consiste en 6 preguntas que abarcan la opinión de los y las participantes sobre cada juego. La segunda sección, denominada Emociones, recoge la respuesta emocional reportada sobre cada uno de los juegos. Esta sección

consiste inicialmente en que el participante identifique y describa la emoción que muestra el pictograma de escala likert de cuatro puntos. Esta escala es utilizada en la sección siguiente, donde se solicita a las y los participantes que asignen a cada juego una emoción de la escala. En la tabla a continuación se presentan las respuestas obtenidas en la encuesta, asignando al nombre de cada columna de la escala likert la respuesta más frecuente dada por los y las participantes acompañada del pictograma correspondiente. Los pictogramas positivos fueron descritos como “feliz” y “más feliz” (Tabla 19).

**Tabla 19.** Resultado de la Encuesta Opinión sobre los juegos.

	 “con sueño”	 “enojado”	 “feliz”	 “más feliz”	Total de respuestas
<b>Huertas</b>	5 (24%)	5 (24%)	8 (38%)	3 (14%)	21
<b>Espacial</b>	1 (4%)	5 (18%)	10 (37%)	11 (41%)	27
<b>Lombriz</b>					
<b>Estimulación</b>	1 (4%)	4 (16%)	11 (44%)	9 (36%)	25
<b>Lombriz Control</b>	3 (12%)	3 (12%)	11 (42%)	9 (35%)	26
<b>Cuerdas</b>					
<b>Estimulación</b>	1 (4%)	2 (8%)	12 (48%)	10 (40%)	25
<b>Cuerdas Control</b>	0	2 (8%)	13 (50%)	11 (42%)	26
<b>Estantes</b>					
<b>Estimulación</b>	1 (4%)	2 (8%)	10 (42%)	11 (46%)	24
<b>Estantes Control</b>	2 (8%)	3 (12%)	11 (42%)	10 (38%)	26

El porcentaje de aprobación en los juegos fue de 76% en promedio, esto es, fueron identificados con alguno de los dos pictogramas positivos. Únicamente el juego Huertas muestra un porcentaje de opiniones favorables moderado (51%), inferior al encontrado en el resto de los juegos (78% para los juegos Lombriz y Espacial, 84% para el juego Estantes, y 88% para el Juego Cuerdas). Continuamos por comparar la opinión de los jugadores entre las versiones control y estimulación de un mismo juego, a través de una prueba de chi-cuadrado. No encontramos diferencias significativas entre las versiones control y estimulación para ninguno de los juegos, obteniendo los siguientes valores: Lombriz ( $\chi^2=8.00$ ;  $p=0.238$ ); Estantes ( $\chi^2=12.00$ ;  $p=0.213$ ); Cuerdas ( $\chi^2=6.00$ ;  $p=0.199$ ).

Obtener una opinión similar en ambas versiones del juego cumple con uno de los objetivos del diseño de los juegos, que es generar niveles de motivación similares al jugar a las versiones control y estimulación. La opinión menos favorable hacia el juego Huertas respecto a los otros juegos podría deberse a que, tal como se detalló previamente, fue completado en las primeras sesiones. Esto podría resultar en que los jugadores lo consideran muy fácil y así poco atractivo.

## Capítulo 8

### Discusión de resultados del desarrollo de los juegos

Como segundo objetivo en este estudio nos propusimos desarrollar y evaluar algunos aspectos de jugabilidad y mecánica de los juegos, testeandolos en un contexto escolar. Se desarrollaron los siguientes juegos de estimulación cognitiva: Huerta, Lombriz, Cuerdas, Estantes. Adicionalmente se desarrollaron las versiones control para los juegos Lombriz, Cuerdas y Estantes; y el juego Espacial, con únicamente una versión control.

Comenzaremos por evaluar los resultados obtenidos para en el juego Huerta. Tal como hipotetizamos, el tamaño de la matriz es efectivamente un elemento de dificultad en el juego. Proponemos entonces aumentar el número de niveles con matrices de 9 elementos, así como generar niveles adicionales con matrices de 12 y 16 elementos. Respecto a las características de los distractores, encontramos que el color de los elementos de la matriz impacta en la facilidad con que se encuentra el estímulo el estímulo, por lo que proponemos generar niveles donde los elementos tengan colores más similares para aumentar la dificultad. En relación al elemento *no go*, encontramos que incorporar este elemento significa un leve aumento en la dificultad. Esto podría deberse a que el estímulo es fácilmente detectado como *no go*, por lo que proponemos probar nuevos diseños de *no go* y volver a analizar la dificultad. Finalmente, encontramos un porcentaje de aciertos para el total de niveles elevado (77%), y que ningún participante pierde por falta de tiempo. Proponemos entonces aumentar la dificultad de los niveles incorporando las modificaciones de los elementos mencionadas, y también disminuir el tiempo disponible para resolver cada ensayo.

El juego Lombriz cuenta tanto en su versión control como en su versión estimulación con un número bajo de niveles jugados. Respecto a la versión control, encontramos que la razón principal por la que pierden las y los participantes es por falta de tiempo. Proponemos entonces aumentar el tiempo disponible para completar cada ensayo. En relación a la versión estimulación del juego Lombriz, encontramos que la proporción de ensayos perdidos por chocar con un objeto no compostable es elevada. Esto nos indica que los y las participantes no optan por juntar objetos compostables frente a los no compostables. Resta comprender si esto se debe a que las y los participantes no logran diferenciar entre elementos compostables

y no compostables, o si se debe a que las instrucciones del juego no logran explicar la consigna con claridad. Con el objetivo de dilucidar la causa de este resultado, proponemos por un lado modificar el guión de instrucciones, recalcando la consigna del juego y sumando ilustraciones con las diferencias entre objetos compostables y no compostables. Por otro lado, proponemos revisar el diseño de los objetos de modo que sean identificados con mayor facilidad, para luego incorporarlos en los niveles iniciales. Esperamos que una vez que los y las participantes logren comprender la mecánica del juego, se puedan incorporar en niveles superiores objetos compostables y no compostables similares entre sí. Finalmente, durante el trabajo con las niñas y niños observamos que tenían dificultad en dirigir la lombriz utilizando las flechas a los lados de la pantalla. Proponemos que el cambio de dirección de la lombriz no sea mediante flechas, sino que presionando el lugar de la pantalla al cual se quiere orientar el movimiento, o cambiar la disposición de las flechas en la pantalla.

Continuando con el juego Cuerdas, encontramos que las versiones control y estimulación tienen ambas una mecánica de juego difícil. El alto porcentaje de ensayos perdidos por caída observado indica que las y los participantes no logran pasar correctamente de una cuerda a la siguiente. Respecto a la versión estimulación, encontramos que incorporar obstáculos significa un aumento de la dificultad. De todas maneras, contamos con un número muy bajo de observaciones para comprobar si los y las participantes logran aprender a evitar los obstáculos en sesiones posteriores. Al no contar con participantes que alcancen los niveles superiores, proponemos ajustar los parámetros de disposición de las cuerdas en ambas versiones del juego. Entendemos que esto facilitará el avance de las y los participantes a niveles superiores, lo que nos permitirá evaluar las estrategias de estimulación incorporadas en el diseño de los niveles.

Respecto al juego Estantes, encontramos que si bien los y las participantes logran aprender la mecánica del juego, aumentar el tiempo disponible y modificar la disposición de los estantes facilita la mecánica. Al ser esta configuración común para las versiones control y estimulación, proponemos realizar estos ajustes en ambas versiones, permitiendo que un mayor porcentaje de participantes alcancen niveles superiores. Continuando con la versión estimulación, evaluamos la incorporación de los siguientes elementos de dificultad: estantes con pintura, estantes con el elemento araña, y estantes intermitentes. En el diseño de esta versión buscamos que las y los participantes planifiquen la ruta óptima en el tiempo dado, evitando el uso de estantes no favorables. Encontramos que los y las participantes no logran

evitar el uso de los estantes con pintura, obteniendo una proporción de ensayos perdidos debido a tiempo similar al grupo control. Entendemos que estos niveles no logran generar una presión de tiempo que favorezca tener que evitar los estantes con pintura. Proponemos entonces disminuir el tiempo disponible para responder a dichos ensayos, así como también aumentar el tiempo penalizado por utilizar los estantes con pintura. Respecto a los niveles con el elemento araña, encontramos una tasa de errores y tiempos de respuesta similar entre los grupos control y estimulación. Esto nos indica que el elemento araña es evitado por los participantes. Por último, la incorporación de estantes intermitentes significó un aumento en la dificultad del juego medido según la tasa de errores cometidos. A su vez, no encontramos tampoco un aumento en el tiempo de respuesta para este subgrupo. Estos resultados en su conjunto nos indican que los estantes intermitentes no son activamente evitados. Una posible explicación es que las y los participantes no logran identificar los estantes intermitentes, para luego intentar evitarlos. Proponemos revisar el diseño de estos estantes, generando una imagen fija que indique cuáles son los estantes intermitentes aún cuando no están disponibles (por ejemplo manteniendo visible el delineado exterior del estante). Esta estrategia permitirá a los y las participantes detectar con mayor facilidad los estantes intermitentes y planificar el recorrido. Una aproximación alternativa a la evaluación del juego Estantes es mediante un análisis de recorrido. Esto permitirá estudiar el proceso de selección de camino que realiza el jugador, aportando una medida de planificación.

Por último, encontramos que el juego Espacial tiene una mecánica sencilla, y los parámetros establecidos en el diseño del juego son acordes a los objetivos. Entendemos que el juego no necesita de ajustes adicionales. Postulamos que el juego Espacial reúne las condiciones necesarias para ser adaptado en un futuro a una versión de estimulación.

## Capítulo 9

### Testeo del dispositivo en los centros educativos

Un aspecto novedoso del presente proyecto es que el testeo de los juegos se realiza en el aula, proponiendo que sean las educadoras quienes guíen las sesiones de juego. Con esta propuesta se busca testear los juegos en las condiciones que luego serán utilizados, además de ir familiarizando a las educadoras con la plataforma Mate Marote. A su vez, esta estrategia permite identificar los obstáculos para incorporar estrategias de estimulación basadas en videojuegos al aula. Por un lado, requiere que los centros educativos estén dispuestos a integrar las sesiones de juego en la currícula escolar, que las educadoras estén capacitadas en el uso de la herramienta y destinen un tiempo en clase para realizar la intervención, y que los niños y niñas dispongan de las tabletas para jugar.

Aprovechamos el testeo de los juegos para evaluar la posibilidad de que las maestras pudieran sostener las instancias de juegos con Mate Marote de forma autónoma. Para eso, previo al trabajo con los niños y niñas, se realizó con cada educadora una breve capacitación en el uso de la plataforma y se les proporcionó un manual impreso con las instrucciones de uso. Puesto que nuestro objetivo en esta etapa es testear los juegos nuevos, la implementación del programa fue supervisada y apoyada por el equipo de investigadores mediante visitas regulares a los centros educativos. Una vez definidos los días en los que se trabajaría en el centro, se envió una nota a cada familia para recordar a los niños concurrir dichos días con las tabletas en buenas condiciones.

Destacamos que los centros educativos mostraron amplia aceptación del programa, tanto por parte del equipo de directoras así como también de educadoras, siendo presentado y aceptado el proyecto en cinco clases, pertenecientes a tres escuelas. Respecto al trabajo con las educadoras, una única escuela fue capaz de implementar el programa de juegos con total autonomía, siendo las educadoras capaces de manejar la herramienta, incorporando en la currícula el espacio de juego en la plataforma, y respetando las sesiones de juego acorde al cronograma. En los casos que las maestras no pudieron generar autonomía con la plataforma, las investigadoras se encargaron de sostener el desarrollo de las sesiones de juego.

Respecto al trabajo con las niñas y niños encontramos dos dificultades principales. Por un lado, encontramos que reiteradas veces las y los participantes no contaban con las tabletas, ya sea porque no concurrían con ellas a clase o por que no se encontraban en correcto funcionamiento. Frente a esta dificultad, sólo la escuela que logró autonomía en el uso de la plataforma contaba con tabletas para prestar durante las sesiones de juego. En las restantes escuelas, las investigadoras debieron proporcionar a las y los participantes con tabletas del equipo de investigación. A su vez, observamos también dificultades en guiar la sesión de juego. Si bien los y las participantes mostraron interés previo a comenzar cada sesión, luego de ser logueados en la plataforma, algunos participantes optaban por salir de esta para jugar a juegos no vinculados con Mate Marote.

## Capítulo 10

### Consideraciones finales

El contexto donde crecen los niños y las niñas impacta en el desarrollo cognitivo, siendo las FE uno de los constructos que permite dar cuenta de tal asociación. Las FE básicas abarcan el control inhibitorio, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva, y las FE superiores, incluyen planificación e inteligencia fluida (Diamond, 2013). Estas funciones, que tienen un desarrollo pronunciado durante la primera infancia, han sido asociadas a la escolarización y logros escolares subsiguientes (Borella et al., 2010; Cragg et al., 2017; Gathercole et al., 2004; St Clair Thompson y Gathercole, 2006). Este trabajo tuvo por objetivo generar conocimiento sobre el impacto de la pobreza en el desarrollo de las FE en una población uruguaya cursando primer año escolar. Encontramos que el NSE se asocia al desempeño en tareas que evalúan control inhibitorio, flexibilidad cognitiva y memoria de trabajo, así como también en la tarea que evalúa atención. Al evaluar planificación encontramos una tendencia que no alcanza la significancia estadística, obteniendo a su vez resultados no concluyentes para inteligencia fluida. Si bien no todos los procesos evaluados resultan en asociaciones significativas, nuestros resultados se alinean con lo reportado tanto en la región como en Europa y Norteamérica. El conocimiento generado en este trabajo permite acercarnos a la caracterización del impacto de la pobreza en el desarrollo de las FE durante la primera infancia, en Uruguay. Dentro de las limitaciones de este trabajo encontramos que si bien se intentó estudiar un rango amplio del espectro de NSE, nuestra muestra consiste en niños y niñas provenientes de familias de NSE bajo a medio-alto. Entendemos que para obtener participantes de NSE alto se deberá incluir el trabajo en centros educativos privados.

Puesto que existe un cuerpo de investigaciones importante que encuentra una brecha en el desarrollo de las FE entre niñas y niños de distinto contexto socioeconómico resulta alentador la posibilidad de que las FE puedan ser estimuladas. La literatura apoya que la estimulación de las FE mediante videojuegos permite una mejora en el desempeño de estas, y aunque controversial, que es posible la transferencia a las funciones superiores, o aspectos más generales como el desempeño escolar. En este contexto surge la plataforma de Mate Marote, un programa de videojuegos especialmente diseñados para estimular distintos procesos cognitivos. Más aún, la implementación del Plan Ceibal en nuestro país permitió que cada niño y niña que ingresa al sistema educativo público acceda a una computadora, por lo que

resulta especialmente atractivo utilizar este recurso para el diseño de programas de estimulación. En base a esto, nos propusimos desarrollar juegos para ser sumados a la plataforma Mate Marote, testeándolos en contextos de clase, específicamente en escuelas caracterizadas por contar con niñas y niños que provienen de familias de NSE bajo. Mate Marote cuenta con juegos ya evaluados, pero en experiencias previas notamos que los niños y niñas podrían beneficiarse con una variedad mayor de juegos. Desarrollamos los juegos Estantes, Lombriz, y Cuerdas, con dos versiones cada uno, una versión de estimulación y una versión control. Además desarrollamos el juego Huertas únicamente como versión de estimulación, y el juego Espacial, únicamente en versión control. Los juegos fueron testeados en el aula, donde a su vez se evaluó la posibilidad de que las maestras pudieran sostener las sesiones de juego de forma autónoma. A partir del desempeño de las y los participantes se realizaron sugerencias de ajuste en cada uno de los juegos, necesarias para posteriormente evaluar si los juegos cumplen el objetivo de estimular las FE. La finalidad del desarrollo de estos juegos es poder incluirlos en la plataforma Mate Marote, y emplearlos en programas de intervención dirigidos a estimular el desarrollo cognitivo de niñas y niños que provienen de familias con NSE bajo.

## Bibliografía

- ANEP. (2016). Relevamiento de características socioculturales de las escuelas públicas del Consejo de Educación Inicial y Primaria 2015.
- Aron, A. R., Robbins, T. W., & Poldrack, R. A. (2004). Inhibition and the right inferior frontal cortex. *Trends in cognitive sciences*, 8(4), 170-177.
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48.  
<https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Baumrind, D. (1966). Effects of Authoritative Parental Control on Child Behavior, *Child Development*, 37(4), 887-907.
- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A Developmental Perspective on Executive Function. *Child Development*, 81(6), 1641–1660.  
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x>
- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78(2), 647–663. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x>
- Blair, C., Granger, D. A., Willoughby, M., Mills-Koonce, R., Cox, M., Greenberg, M. T., Kivlighan, K. T., & Fortunato, C. K. (2011). Salivary Cortisol Mediates Effects of Poverty and Parenting on Executive Functions in Early Childhood. *Child Development*, 82(6), 1970–1984. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2011.01643.x>
- Blair, C., & Raver, C. C. (2012). Child development in the context of adversity: Experiential canalization of brain and behavior. *American Psychologist*, 67(4), 309–318.  
<https://doi.org/10.1037/a0027493>

- Blair, C., & Raver, C. C. (2016). Poverty, Stress, and Brain Development: New Directions for Prevention and Intervention. *Academic Pediatrics*, 16(3), S30–S36.  
<https://doi.org/10.1016/j.acap.2016.01.010>
- Borella, E., Carretti, B., & Pelegrina, S. (2010). The Specific Role of Inhibition in Reading Comprehension in Good and Poor Comprehenders. *Journal of Learning Disabilities*, 43(6), 541–552. <https://doi.org/10.1177/0022219410371676>
- Brophy, M., Taylor, E., & Hughes, C. (2002). To Go or Not To Go: Inhibitory Control in ‘Hard to Manage’ Children. *Infant and Child Development*, 11(1), 125–140.  
<https://doi.org/10.1002/icd.301>
- Buttelmann, F., & Karbach, J. (2017). Development and plasticity of cognitive flexibility in early and middle childhood. *Frontiers in Psychology*, 8(JUN), 1–6.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01040>
- Clair-thompson, H. L. S., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school : Shifting , updating , inhibition , and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(4), 745–759.  
<https://doi.org/10.1080/17470210500162854>
- CogniFit. (s.f.). Juegos mentales, Golpea al topo.  
<https://www.cognifit.com/es/juegos-mentales/golpea-al-topo/>
- Corsi, P. M. (1972). Human memory and the medial temporal region of the brain.
- Cragg, L., Keeble, S., Richardson, S., Roome, H. E., & Gilmore, C. (2017). Direct and indirect influences of executive functions on mathematics achievement. *Cognition*, 162, 12–26. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.01.014>
- Crone, E. A., Wendelken, C., Donohue, S. E., & Bunge, S. A. (2006). Neural evidence for dissociable components of task-switching. *Cerebral cortex*, 16(4), 475-486.

- Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, 44(11), 2037–2078. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006>
- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science*, 318(5855), 1387-1388.
- Diamond, A. (2012). Activities and Programs That Improve Children’s Executive Functions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(5), 335–341. <https://doi.org/10.1177/0963721412453722>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Diamond, A., & Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 18, 34–48. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005>
- Doebel, S., & Zelazo, P. D. (2015). A meta-analysis of the Dimensional Change Card Sort: Implications for developmental theories and the measurement of executive function in children. *Developmental Review*, 38, 241–268. <https://doi.org/10.1016/J.DR.2015.09.001>
- Doebel, S. (2020). Rethinking executive function and its development. *Perspectives on Psychological Science*, 15(4), 942-956.
- Evans, J. S. B. T., & Over, D. E. (1996). Rationality in the Selection Task: Epistemic Utility Versus Uncertainty Reduction. *Psychological Review*, 103(2), 356–363. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.103.2.356>

- Evans, G. W., Farah, M. J., & Hackman, D. A. (2021). Early childhood poverty and adult executive functioning: Distinct, mediating pathways for different domains of executive functioning. *Developmental Science*, 24(5), 1–8.  
<https://doi.org/10.1111/desc.13084>
- Fan, J., McCandliss, B. D., Sommer, T., Raz, A., & Posner, M. I. (2002). Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(3), 340–347. <https://doi.org/10.1162/089892902317361886>
- Fan, J., & Posner, M. I. (2004). Human attentional networks. *Psychiatrische Praxis, Supplement*, 31(2), 210–214. <https://doi.org/10.1055/s-2004-828484>
- Farah, M. J., Shera, D. M., Savage, J. H., Betancourt, L., Giannetta, J. M., Brodsky, N. L., Malmud, E. K., & Hurt, H. (2006). Childhood poverty: Specific associations with neurocognitive development. *Brain Research*, 1110(1), 166–174.  
<https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.06.072>
- Farah, M. J. (2017). The Neuroscience of Socioeconomic Status: Correlates, Causes, and Consequences. *Neuron*, 96(1), 56–71. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.08.034>
- Fay-Stammach, T., Hawes, D. J., & Meredith, P. (2014). Parenting Influences on Executive Function in Early Childhood: A Review. *Child Development Perspectives*, 8(4), 258–264. <https://doi.org/10.1111/cdep.12095>
- Fracchia, C., Segretin, M. S., Hermida, M. J., Prats, L., & Lipina, S. J. (2020). Mediating role of poverty in the association between environmental factors and cognitive performance in preschoolers *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento* Mediating role of poverty in the association between environmental factors and cognitive. *Revista Argentina de Ciencias Del Comportamiento Mediating*, 12(2), 24–38. <https://doi.org/10.32348/1852.4206.v12.n2.26482>

- Frankenhuis, W. E., & Nettle, D. (2020). The Strengths of People in Poverty. *Current Directions in Psychological Science*, 29(1), 16–21.  
<https://doi.org/10.1177/0963721419881154>
- Frye, D., Zelazo, P. D., & Palfai, T. (1995). Theory of mind and rule-based reasoning. *Cognitive development*, 10(4), 483-527.
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive Function in Preschoolers: A Review Using an Integrative Framework. *Psychological Bulletin*, 134(1), 31–60.  
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.1.31>
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., & Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology*, 18(1), 1–16.  
<https://doi.org/10.1002/acp.934>
- Goldin, A. P., Segretin, M. S., Hermida, M. J., Paz, L., Lipina, S. J., & Sigman, M. (2013). Training planning and working memory in third graders. *Mind, Brain, and Education*, 7(2), 136–146. <https://doi.org/10.1111/mbe.12019>
- Goldin, A. P., Hermida, M. J., Shalom, D. E., Costa, M. E., Lopez-Rosenfeld, M., Segretin, M. S., Fernández-Slezak, D., Lipina, S. J., & Sigman, M. (2014). Far transfer to language and math of a short software-based gaming intervention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(17), 6443–6448.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1320217111>
- Goldin, Andrea Paula; Lopez-Rosenfeld, M. (2016). Estimulación de procesos cognitivos en poblaciones infantiles. Incorporación de conocimiento neurocientífico para el desarrollo de contenido en plataformas digitales (Issue June).  
<https://www.researchgate.net/publication/333827554>

- Hackman, D. A., & Farah, M. J. (2009). Socioeconomic status and the developing brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(2), 65–73.  
<https://doi.org/10.1016/J.TICS.2008.11.003>
- Hackman, D. A., Gallop, R., Evans, G. W., & Farah, M. J. (2015). Socioeconomic status and executive function: Developmental trajectories and mediation. *Developmental Science*, 18(5), 686–702. <https://doi.org/10.1111/desc.12246>
- Hermida, M. J., Segretin, S., Lipina, S. J., Benarós, S., & Colombo, J. A. (2010). Abordajes neurocognitivos en el estudio de la pobreza infantil: consideraciones conceptuales y metodológicas. *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*, 10(2), 205–225. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56017095002>
- INE (2021). Instituto Nacional de Estadística. Estimación de la pobreza por el método del ingreso [https://www3.ine.gub.uy/boletin/informe\\_pobreza\\_2do%20semestre2021.html](https://www3.ine.gub.uy/boletin/informe_pobreza_2do%20semestre2021.html)
- Jaeggi, S. M., Karbach, J., & Strobach, T. (2017). Editorial Special Topic: Enhancing Brain and Cognition Through Cognitive Training. *Journal of Cognitive Enhancement*, 1(4), 353–357. <https://doi.org/10.1007/s41465-017-0057-9>
- Johnson, S. B., Riis, J. L., & Noble, K. G. (2016). State of the art review: Poverty and the developing brain. *Pediatrics*, 137(4). <https://doi.org/10.1542/peds.2015-3075>
- Karbach, J., & Kray, J. (2009). How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training. *Developmental Science*, 12(6), 978–990. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00846.x>
- Karbach, J., & Unger, K. (2014). Executive control training from middle childhood to adolescence. *Frontiers in Psychology*, 5(MAY), 1–14.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00390>
- Klaus, O., Lewandowsky, S., Avh, E., Brown, G., Conway, A., Covan, N., Donkin, C., Farrell, S., Hitch, G. J., Hurlstone, M., Ma, W. J., Morey, C., Nee, D. E., Schweppe,

- J., Verhauwe, E., Wa, G. (2018). Benchmarks for Models of Short Term and Working Memory. *Psychological Bulletin*, 144(9), 885–958.  
<https://doi.org/10.1037/bul0000153>
- Lawson, G. M., Hook, C. J., & Farah, M. J. (2018). A meta-analysis of the relationship between socioeconomic status and executive function performance among children. *Developmental Science*, 21(2), 1–22. <https://doi.org/10.1111/desc.12529>
- Lerner, R. M. (2007). Developmental Science, Developmental Systems, and Contemporary Theories of Human Development. In *Handbook of Child Psychology* (pp. 1–17).  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9780470147658.chpsy010>
- Lipina, S. J., Martelli, M. I., Vuelta, B., Colombo, J. (2005). Performance on the A-not-B Task of Argentinean I from Unsatisfied and Satisfied Basic Needs H Beatriz. *Interamerican Journal of Psychology*, 39(1), 49–60.
- Lipina, S., Segretin, S., Hermida, J., Prats, L., Fracchia, C., Camelo, J. L., & Colombo, J. (2013). Linking childhood poverty and cognition: Environmental mediators of non-verbal executive control in an Argentine sample. *Developmental Science*, 16(5), 697–707. <https://doi.org/10.1111/desc.12080>
- Lipina, S. J., & Evers, K. (2017). Neuroscience of childhood poverty: Evidence of impacts and mechanisms as vehicles of dialog with ethics. *Frontiers in Psychology*, 8(JAN), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00061>
- Lipina, S. J. (2020). Exploraciones neurocientíficas de la pobreza (S. J. Lipina & M. S. Segretin (Eds.); 1a edición).
- Maccoby, E.E., & Martin, J.A. (1983). Socialization in the context of the family: Parent-child interaction. PH Mussen (Series Ed.) & EM Hetherington (Vol. Ed.), *Handbook of child psychology* (4), 1-101.

- Mcewen, B. S. (2000). The neurobiology of stress : from serendipity to clinical relevance 1. *Brain Research*, 886, 172–189.
- Mezzacappa, E. (2004). Alerting, orienting, and executive attention: Developmental properties and sociodemographic correlates in an epidemiological sample of young, urban children. *Child Development*, 75(5), 1373–1386.  
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00746.x>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Mohammed, S., Flores, L., Deveau, J., Hoffing, R. C., Phung, C., Parlett, C. M., Sheehan, E., Lee, D., Au, J., Buschkuehl, M., Zordan, V., Jaeggi, S. M., & Seitz, A. R. (2017). The Benefits and Challenges of Implementing Motivational Features to Boost Cognitive Training Outcome. *J Cogn Enhanc*, 1, 491–507.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s41465-017-0047-y>
- Monette, S., Bigras, M., & Guay, M. C. (2011). The role of the executive functions in school achievement at the end of Grade 1. *Journal of Experimental Child Psychology*, 109(2), 158–173. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.01.008>
- Nin, V., Goldin, A. P., & Carboni, A. (2019). Mate Marote : video games to stimulate the development of cognitive processes. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje Mate*, c, 1–14. <https://doi.org/10.1109/RITA.2019.2909958>
- Nin, V., Delgado, H., Muniz-Terrera, G., & Carboni, A. (2022). Partial agreement between task and BRIEF-P-based EF measures depends on school socioeconomic status. *Developmental Science*, December 2021. <https://doi.org/10.1111/desc.13241>

- Noble, K. G., Norman, M. F., & Farah, M. J. (2005). Neurocognitive correlates of socioeconomic status in kindergarten children. *Developmental Science*, 8(1), 74–87.  
<https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2005.00394.x>
- Noble, K. G., McCandliss, B. D., & Farah, M. J. (2007). Socioeconomic gradients predict individual differences in neurocognitive abilities. *Developmental Science*, 10(4), 464–480. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00600.x>
- Noble, K. G., & Farah, M. J. (2013). Neurocognitive consequences of socioeconomic disparities: The intersection of cognitive neuroscience and public health. *Developmental Science*, 16(5), 639–640. <https://doi.org/10.1111/desc.12076>
- Noble, K. G., Houston, S. M., Brito, N. H., Bartsch, H., Kan, E., Kuperman, J. M., Akshoomoff, N., Amaral, D. G., Bloss, C. S., Libiger, O., Schork, N. J., Murray, S. S., Casey, B. J., Chang, L., Ernst, T. M., Frazier, J. A., Gruen, J. R., Kennedy, D. N., Van Zijl, P. Sowell, E. R. (2015). Family income, parental education and brain structure in children and adolescents. *Nature Neuroscience*, 18(5), 773–778.  
<https://doi.org/10.1038/nn.3983>
- Owen, A. M. (1997). Cognitive planning in humans: Neuropsychological, Neuroanatomical and Neuropharmacological perspectives. *Progress in Neurobiology*, 53, 431–450.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-0082\(97\)00042-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-0082(97)00042-7)
- Perera M. (2018). Índice de nivel socioeconómico (INSE). CINVE.  
<https://www.ceismu.org/site/indice-de-nivel-socioeconomico-inse-2018/>
- Pino-pasternak, D., & Whitebread, D. (2010). The role of parenting in children's self-regulated learning. *Educational Research Review*, 5(3), 220–242.  
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2010.07.001>

- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25–42.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>
- Raver, C. C., Blair, C., & Willoughby, M. (2013). Poverty as a Predictor of 4-Year-Olds' Executive Function : New Perspectives on Models of Differential Susceptibility. *Developmental Psychology*, 49(2), 292–304. <https://doi.org/10.1037/a0028343>
- Robinson, C. C., Mandleco, B., Olsen, S. F., & Hart, C. H. (1995). Parenting Practices: Development of a New Measure. *Psychological Reports*, 77, 819–830.
- Rstudio Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. Rfoundation for statistical computing. URL <https://www.R-project.org/>
- Rubia, K., Smith, A., & Taylor, E. (2007). Performance of children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) on a test battery of impulsiveness. *Child Neuropsychology*, 13(3), 276–304. <https://doi.org/10.1080/09297040600770761>
- Rueda, M. R., Fan, J., McCandliss, B. D., Halparin, J. D., Gruber, D. B., Lercari, L. P., & Posner, M. I. (2004). Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychologia*, 42(8), 1029–1040.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2003.12.012>
- Sala, G., & Gobet, F. (2020). Working memory training in typically developing children : A multilevel meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3758/s13423-019-01681-y>
- Scionti, N., Cavallero, M., Zogmaister, C., & Marzocchi, G. M. (2020). Is Cognitive Training Effective for Improving Executive Functions in Preschoolers ? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Psychology*, 10(January), 2812.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02812>

- Sigman, M., Peña, M., Goldin, A. P., & Ribeiro, S. (2014). Neuroscience and education: Prime time to build the bridge. *Nature Neuroscience*, 17(4), 497–502.  
<https://doi.org/10.1038/nn.3672>
- Simon, J. R., & Berbaum, K. (1990). Effect of conflicting cues on information processing: The “Stroop effect” vs. the “Simon effect.” *Acta Psychologica*, 73(2), 159–170.  
[https://doi.org/10.1016/0001-6918\(90\)90077-S](https://doi.org/10.1016/0001-6918(90)90077-S)
- Takacs, Z. K., & Kassai, R. (2019). The Efficacy of Different Interventions to Foster Children’s Executive Function Skills : A Series of Meta-Analyses. *Psychological Bulletin*, 145(7), 653–697. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1037/bul0000195>
- Theeuwes, J. (1993). Visual selective attention: A theoretical analysis. *Acta Psychologica*, 83(2), 93–154. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(93\)90042-P](https://doi.org/10.1016/0001-6918(93)90042-P)
- UNESCO, Faccini, B., & Combes, B. (1999). El Desarrollo del niño en la primera infancia : echar los cimientos del aprendizaje , informe temático.
- Ursache, A., & Noble, K. G. (2016). Neurocognitive development in socioeconomic context: Multiple mechanisms and implications for measuring socioeconomic status. *Psychophysiology*, 53(1), 71–82. <https://doi.org/10.1111/psyp.12547>
- Velásquez, P., & Villouta, A. (2013). Adaptación y Validación del “Parenting Styles and Dimensions Questionnaire” (PSDQ) (Cuestionario de Dimensiones y Estilos de Crianza) de Robinson y cols. (1995), en padres/madres de niños/as que cursan el nivel preescolar y básico en un grupo de establecimientos municipales de la ciudad de Chillán. UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO Facultad de Educación y Humanidades Depto. de Ciencias Sociales Escuela de Psicología Adaptación.
- Zelazo, P. D., Carter, A., Reznick, J. S., & Frye, D. (1997). Early Development of Executive Function : A Problem-Solving Framework. *Review of General Psychology*, 1(2), 198–226. <https://doi.org/https://doi.org/10.1037/1089-2680.1.2.198>

Zelazo, P. D. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, 1(1), 297–301.

<https://doi.org/10.1038/nprot.2006.46>

Zelazo, P. D., Anderson, J. E., Richler, J., Wallner-Allen, K., Beaumont, J. L., & Weintraub, S. (2013). NIH toolbox cognition battery (CB): Measuring executive function and attention. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 78(4),

16–33. <https://doi.org/10.1111/mono.12032>

Zelazo, P. D., Blair, C. B., & Willoughby, M. T. (2016). *Executive Function: Implications for Education*. NCER 2017-2000 Washington, DC: National Center for Education Research, Institute of Education Sciences, U.S. Department O, 1–148.

<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED570880.pdf><http://ies.ed.gov/ncer/pubs/20172000/>

# Anexos

## Anexo 1

### Hoja de información y formulario de consentimiento informado



Centro de Investigación Básica en Psicología  
CIBPsi

[cibpsi@psico.edu.uy](mailto:cibpsi@psico.edu.uy)  
[cibpsi.psico.edu.uy](http://cibpsi.psico.edu.uy)  
Tel.: (598) 2 400 85 55 / int. 285-286

#### HOJA DE INFORMACIÓN

##### Estimados madres y padres,

El centro educativo al que acude su hijo/a ha sido seleccionado para participar en un proyecto de investigación que tiene como objetivo estudiar el impacto del contexto en algunas habilidades necesarias para aprovechar la escuela (por ejemplo: prestar atención, planificar, controlar impulsos). También buscamos evaluar una serie de videojuegos que llamamos en conjunto Mate Marote, especialmente diseñados con el objetivo de promover el desarrollo de las habilidades mencionadas.

Si accede a que su hijo/a participe en este proyecto, le propondremos a él o ella que juegue a Mate Marote en las tablets del Plan Ceibal, por aproximadamente 20 minutos en el horario habitual de clase junto con sus compañeros y bajo la supervisión de la maestra. Estas sesiones ocurrirán entre mayo y noviembre de 2019 dos veces por semana. Un observador del equipo de investigadores de la Universidad de la República acompañará a los niños para resolver problemas técnicos y asistir al educador si fuese necesario.

Solicitaremos también a ustedes colaboración para completar algunos cuestionarios que nos permitirán recabar información sobre su hijo/a y las características del hogar. Para ello les haremos una llamada telefónica que tendrá una duración aproximada de 30 minutos.

Finalmente, les solicitamos permiso para acceder a las calificaciones de su hijo/a en este año lectivo, ya que buscamos evaluar si los juegos que diseñamos repercuten positivamente en el desempeño escolar.

La participación del niño/a y de las familias es libre y voluntaria, y toda la información que se recoja será confidencial y anónima y no se utilizará para ningún otro propósito fuera de esta investigación. La participación de este proyecto no garantiza un beneficio directo para el niño ni expone al niño a ningún riesgo, con excepción que no encuentre los juegos entretenidos. Ante la eventualidad que a su hijo/a no muestre interés en los juegos que propondremos, podrá acordar con la maestra otra actividad. Si en algún momento su hijo/a o ustedes deciden no participar o abandonar cualquiera de las actividades del proyecto, se respetará su intención de retirarse sin que ello genere ningún perjuicio.

Una vez terminada la investigación y analizados los datos invitaremos a padres y maestros a una reunión donde se presentarán los resultados.

Finalmente, queremos señalar que este proyecto cuenta con la aprobación del Consejo Nacional de Educación Pública (CEIP) a de la Facultad de Psicología de la Universidad de la República y ha sido financiado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII).

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas a través de los siguientes correos electrónicos: [carboni.alejandra@psico.edu.uy](mailto:carboni.alejandra@psico.edu.uy), [vnin@psico.edu.uy](mailto:vnin@psico.edu.uy), o llamando al siguiente número telefónico 2400 85 55 int. 286 o contactarnos en el centro educativo los días de la intervención.

**Por cualquier consulta puede dirigirse a:** Dra. Alejandra Carboni, Dra. Verónica Nin o Lic. Hernán Delgado. Centro de Investigación Básica en Psicología, Facultad de Psicología, Universidad de la República, Tristán Narvaja 1674, Tel: 24008555 int. 286

## HOJA DE CONSENTIMIENTO

Devolver firmado a la brevedad

Los invitamos a ser parte de un proyecto de investigación que tiene como objetivo estudiar el impacto del contexto en las habilidades necesarias para aprovechar la escuela (por ejemplo: prestar atención, planificar, autorregularse), e implementar y evaluar una serie de videojuegos que busca promover su desarrollo. Si accede a que su hijo/a participe en este proyecto, él o ella participará de sesiones de juegos en las tablets del Plan Ceibal, junto con sus compañeros y bajo la supervisión de la maestra.

NOMBRE COMPLETO DEL NIÑO/A	
CI DEL NIÑO/A	
TELÉFONO DE CONTACTO	
NOMBRE DE LA PERSONA QUE FIRMA ESTA HOJA	
RELACIÓN DE LA PERSONA CON EL NIÑO/A	<input type="checkbox"/> MADRE/PADRE <input type="checkbox"/> TUTOR/A <input type="checkbox"/> OTRA
ACEPTO QUE MI HIJO/A PARTICIPE	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

Tras la lectura de la hoja de información, DECLARO que:

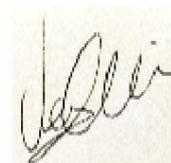
- He leído la información proporcionada con respecto al presente proyecto.
- Conozco sus objetivos, el tiempo que durará la participación de mi hijo/a en él y qué tipo de tarea deberá realizar.
- Reconozco que toda la información es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento.
- Comprendo que la participación de mi hijo/a y mi familia es voluntaria y que puede retirarse del estudio cuando quiera, sin tener que dar explicaciones, sin que esto represente perjuicio alguno para mi hijo/a y/o mi persona.
- Entiendo que la participación en este proyecto no garantiza beneficios directos, ni acarrea riesgos para mi hijo/a
- Entiendo que puedo conservar la hoja de información que me fue entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de esta investigación cuando haya concluido.

Firma \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

**Por cualquier consulta puede dirigirse a:** Dra. Alejandra Carboni, Dra. Verónica Nin o Lic. Hernán Delgado.  
 Centro de Investigación Básica en Psicología, Facultad de Psicología, Universidad de la República, Tristán Narvaja 1674, Tel: 24008555 int. 286

Por favor devuelva a la maestra la hoja que sigue firmada, marcando si accede o no a que su hijo participe.

Desde ya agradecemos su colaboración.



## Anexo 2

### Encuesta Opiniones

---

#### ENTREVISTA FINAL

1. ¿Recuerdas a los personajes Ana, Pancho y Nubis?  SI  NO  
(Mostrar una foto y señalarlos)

**Completar la tabla respondiendo las siguientes preguntas para cada juego**

2. ¿Explicaron bien las reglas de los juegos?
3. ¿Te pareció difícil el juego?
4. ¿Te pareció fácil el juego?
5. ¿Te gustaría seguir jugando?

Lombriz



Huerta



Espacial



Estantes



Cuerdas



Avioncito



	2	3	4	5
Lombriz				
Huerta				
Espacial				
Estantes				
Cuerdas				

\*NA en el caso que no aplique

6. ¿Qué juego te gustó más?

---

---

EMOCIONES

7. ¿Cómo se siente el niño en cada tarjeta?



R: \_\_\_\_\_

R: \_\_\_\_\_

R: \_\_\_\_\_

R: \_\_\_\_\_

8. ¿Cómo te sentiste en el Juego de la Lombriz?



9. ¿Cómo te sentiste en el Juego de la Huerta?



10. ¿Cómo te sentiste en el Juego Espacial?



11. ¿Cómo te sentiste en el Juego de los Estantes?



12. ¿Cómo te sentiste en el Juego de las Cuerdas?

