



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

## Deporte y función neuronal “Moverse y pensar”:

Influencia de la actividad física en la atención,  
la memoria y el cálculo en alumnos de seis y siete años

Gabriel Díaz Cobos



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial – SenseObraDerivada 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial – SinObraDerivada 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 4.0. Spain License.**

# DEPORTE Y FUNCIÓN NEURONAL

## “Moverse y pensar”:

*Influencia de la actividad física en la atención, la memoria y el cálculo en alumnos de seis y siete años.*

Programa de doctorado en Actividad física, Educación física y Deporte

inefc

Generalitat de Catalunya

UNIVERSITAT DE BARCELONA

Doctorando:

**Gabriel Díaz Cobos**

Directoras:

**Dra. Àngels García Cazorla**

**Dra. Anna López Sala**

Tutor:

**Dr. Joan Aureli Cadefau Surroca**

Sant Joan de Déu  
Research Foundation



Connecting the growing brain

NEUROTRANSMITTERS AND SYNAPTIC METABOLISM IN PAEDIATRIC NEUROLOGY

Influencia de la actividad física en la atención, la memoria y el cálculo

***No dejamos de hacer ejercicio porque envejecemos,  
envejecemos porque dejamos de hacer ejercicio.***

– Kenet Cooper.

## Resumen

**Introducción:** Educar a través de la neurociencia es una revolución que en pleno siglo XXI tiene que darse en las escuelas. La Actividad Física (AF) estimula la síntesis de factores neurotróficos y neurotransmisores, la activación de programas que modifican la expresión de numerosos genes (epigenética) y cambia la comunicación neuronal actuando en el espacio de intercambio de información (sinapsis), entre otros mecanismos, lo que repercute en la conectividad produciendo mejoras en la cognición y el aprendizaje. **Objetivo:** Comprobar si existe relación entre las medias obtenidas en los test neuropsicológicos que miden la atención, la memoria y el cálculo, y con la frecuencia que las muestras practican ejercicio físico. Determinar si existe relación entre participar en un programa de Aprendizaje Físicamente Activo (AFA) y la mejora en la atención, la memoria, el cálculo y el rendimiento académico. Analizar la relación entre una sesión de actividad física y una serie de marcadores biológicos. **Métodos:** La muestra son alumnos de primero de primaria de las escuelas: GPV y SC, ambos en la provincia de Barcelona. En el primer estudio (capítulo 1) se analiza el total de la muestra (n=155) clasificada en 3 grupos dependiendo de la frecuencia que cada uno de ellos realizan de ejercicio físico y deporte; y en el segundo estudio (capítulo 2) se analiza únicamente la muestra de GPV (n=51), que se divide en el grupo experimental (correspondiente a una clase entera, n = 27), y realiza el programa de AF y el grupo control (otra clase, n = 25) que no lo realiza. El estudio 1 tiene como objetivo demostrar que existe una relación positiva entre la frecuencia (baja, moderada o alta) con la que los alumnos de la muestra practican ejercicio físico (en horas/semana) y las capacidades en atención, memoria y cálculo, evaluadas mediante diversas pruebas neuropsicológicas. En el estudio 2, a partir del marco teórico, se elabora un programa de AFA diario que combina simultáneamente la AF y la cognitiva con el objetivo de incidir tanto en el rendimiento cognitivo como el académico. En el estudio 3, se aplican también pruebas de determinación de BDNF en saliva, recogidas pre y post sesión de AF intensa. **Resultados:** 1) La práctica de ejercicio físico y deporte se relaciona con una pequeña mejora en el rendimiento cognitivo de algunas pruebas que miden la atención, la memoria y el cálculo; 2) El AFA, como metodología de aprendizaje que combina AF y cognitiva, permite mejorar el rendimiento académico. **Conclusiones:** los aportes de la neurociencia permiten trazar un puente entre AF y cognición. Una posible aplicabilidad directa en el contexto escolar sería mediante el programa AFA: moverse y pensar.

**Palabras clave:** *neuropsicología – cognición – actividad física – Aprendizaje Físicamente Activo*

## Abstract

**Introduction:** Educating through neuroscience is a revolution that in the 21st century must be in the schools. Physical Activity (PA) stimulates the synthesis of neurotrophic factors and neurotransmitters, and the activation of programs that modify the expression of many genes (epigenetics). This type of exercise also changes the neuronal communication by acting on the space of exchange of information (synapses) which affects the connectivity producing many improvements in attention, memory, and learning. **Objective:** To determine the relationship between the means obtained in the neuropsychological tests that measure attention, memory and calculation, and with the frequency that the samples practice physical exercise. To determine if there is a relationship between participating in a daily physical activity program and improving academic performance. Analyze the relationship between a physical activity session and a series of biological (BDNF) markers. **Methods:** A study sample of first-year school students from GPV and SC, both in the province of Barcelona. The first study analyzes the total sample (n = 155) classified into 3 groups depending on the frequency that each of them perform physical exercise and sport; and in the second study, only the GPV sample (n = 51) is analyzed, which is divided into the experimental group (corresponding to an entire class, n = 27), and performs the PA program and the control group (another class, n = 25) that does not. First study aims to demonstrate that there is a positive relationship between the frequency (low, moderate, or high) with which the students in the sample practice physical exercise (in hours/week) and the capacities in attention, memory and calculation, evaluated by various neuropsychological tests. Second study, based on the theoretical framework, a daily training program is developed that simultaneously combines PA and cognitive with the aim of influencing the study skills. In study 3 were also applied tests for the determination of BDNF in saliva, collected before and after intense PA. **Results:** 1) The practice of physical exercise and sport is related to a better capacity and cognitive performance of some tests that measure attention, memory and especially calculation; 2) Daily PA, as a physically active learning methodology, allows to improve academic performance. **Conclusions:** the contributions of neuroscience allow us to draw a bridge between PA and cognition. A possible direct applicability in the school context would be through the AFA program: move and think.

**Key words:** *neuropsychology – cognition – physical activity –  
Physically active academic lessons*

## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>16</b>
<b>1.1</b>	<b>Presentación</b>	<b>16</b>
<b>1.2</b>	<b>Estado actual del tema y aportes de la investigación</b>	<b>17</b>
<b>1.3</b>	<b>Justificación</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA: Neurociencia cognitiva, actividad física y aprendizaje escolar</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>Neurociencia Cognitiva</b>	<b>20</b>
2.1.1	El cerebro	23
2.1.2	El sistema nervioso	28
2.1.3	La comunicación sináptica	30
2.1.4	La actividad neuronal	32
2.1.5	La salud mental	37
<b>2.2</b>	<b>Neuropsicología y educación</b>	<b>38</b>
2.2.1	Desarrollo neurocognitivo	40
2.2.2	Las principales funciones cognitivas	42
2.2.3	Las principales habilidades académicas	45
2.2.4	Los procesos de aprendizaje en edad escolar	46
<b>2.3</b>	<b>Actividad física y Cognición</b>	<b>52</b>
2.3.1	Estado actual del tema	52
2.3.2	Incidencia de la AF en los procesos y las capacidades cognitivas	55
2.3.3	Reto social y científico: el contexto escolar otorga las condiciones idóneas para que tengan lugar programas de actividad física incorporada.	75

<b>2.4</b>	<b>Concreción de las variables del estudio</b>	<b>77</b>
2.4.1	La capacidad de Atención	77
2.4.2	La capacidad de Memoria	80
2.4.3	La capacidad de Cálculo	84
2.4.4	La actividad física	88
2.4.5	Relación entre variables del estudio (AF, atención, memoria y cálculo)	93
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS DEL ESTUDIO</b>	<b>95</b>
<b>3.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>95</b>
	Objetivo general	95
	Objetivos específicos de cada estudio	95
<b>3.2</b>	<b>Hipótesis general del estudio</b>	<b>96</b>
	Hipótesis específicas para cada objetivo	96
<b>4</b>	<b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>97</b>
	<b>Estudio 1: Influencia de la práctica de actividad física en las capacidades cognitivas de atención, memoria y cálculo en alumnos de 6 y 7 años.</b>	<b>98</b>
	Introducción	98
	Objetivos	100
	Diseño	101
	Muestra del estudio	102
	Variables medidas e instrumentos aplicados	104
	Procedimiento	110
	Análisis de datos	112
	Resultados	115

Discusión del estudio 1	139
<b>Estudio 2: Implementación del programa de Aprendizaje Físicamente Activo, “moverse y pensar”, para incidir sobre las capacidades cognitivas y mejorar el rendimiento escolar.</b>	<b>149</b>
Introducción	149
Objetivos	154
Diseño	156
Muestra del estudio	158
Variables medidas e instrumentos aplicados	160
Procedimiento	166
Análisis de datos	183
Resultados	184
Discusión del estudio 2	215
<b>Estudio 3: Incidencia de una sesión de AF intensa en el aumento de los niveles basales de BDNF en saliva</b>	<b>238</b>
Introducción	238
Objetivos	242
Diseño	243
Muestra del estudio	245
Variables medidas e instrumentos aplicados	246
Análisis de datos	247
Resultados	249
Discusión del estudio 3	255
<b>5 DISCUSIÓN GENERAL</b>	<b>260</b>

Importancia de aumentar las horas de práctica de AF en el ámbito escolar _____	262
Cambios en la función cerebral inducidos por una sola sesión de AF (MVPA) _____	263
<b>6 CONCLUSIONES _____</b>	<b>265</b>
<b>6.1 Limitaciones _____</b>	<b>266</b>
Estudio 1 _____	266
Estudio 2 _____	267
Estudio 3 _____	268
<b>6.2 Prospectiva _____</b>	<b>268</b>
Próximos pasos del presente estudio: _____	270
Repercusión práctica del estudio: _____	271
<b>7 REFLEXIÓN PERSONAL _____</b>	<b>272</b>
<b>8 BIBLIOGRAFÍA _____</b>	<b>273</b>
<b>ANEXOS _____</b>	<b>326</b>
<b>ANEXO 1: Presentación del proyecto _____</b>	<b>327</b>
<b>ANEXO 2: Pruebas de la evaluación _____</b>	<b>331</b>
<b>ANEXO 3: Autorización de las familias _____</b>	<b>338</b>
<b>ANEXO 4: Concreción de las fases _____</b>	<b>339</b>
<b>ANEXO 5: Instrumento de evaluación cualitativa y académica de la intervención (para el docente). _____</b>	<b>340</b>
<b>ANEXO 4: Sesiones del programa Moverse y Pensar _____</b>	<b>341</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Variables, instrumentos y puntuaciones del estudio.</i>	109
<i>Tabla 2. Principales resultados del primer objetivo de estudio</i>	115
<i>Tabla 3. Identificación de los sujetos que practican más horas de Actividad física a la semana.</i>	120
<i>Tabla 4. Datos estadísticos de los grupos de estudio.</i>	122
<i>Tabla 5. Correlaciones de todas las variables.</i>	127
<i>Tabla 6. Comparaciones múltiples de los grupos de estudio (Atención).</i>	136
<i>Tabla 7. Comparaciones múltiples (Cálculo)</i>	136
<i>Tabla 8. Comparaciones múltiples (Memoria I).</i>	137
<i>Tabla 9. Comparaciones múltiples (Memoria II).</i>	137
<i>Tabla 10. Resumen de las variables del estudio longitudinal.</i>	165
<b>Tabla 11. Sesión Nº 1 – Actividades de la intervención.</b>	179
<i>Tabla 12. Sesión Nº 2 – Actividades de la intervención</i>	180
<i>Tabla 13. Sesión Nº 3 – Actividades de la intervención.</i>	181
<i>Tabla 14. Evaluación neurocognitiva previa a la intervención de AF diaria.</i>	185
<i>Tabla 15. Evaluación neurocognitiva posterior a la intervención de AF diaria.</i>	185
<i>Tabla 16. Descriptivos de la muestra de estudio (pre).</i>	187
<i>Tabla 17. Prueba de varianzas (similitud entre grupos).</i>	188
<i>Tabla 18. Descriptivos de la muestra de estudio (post).</i>	189
<i>Tabla 19. Prueba de varianzas (diferencias post intervención entre grupos).</i>	190
<i>Tabla 20. Descriptivos de las Horas/AF/semana de cada participante.</i>	191
<i>Tabla 21. Descriptivos y promedio del rendimiento académico de cada participante (Curso académico Año 1).</i>	193
<i>Tabla 22. Descriptivos y promedio del rendimiento académico de cada participante (Curso académico Año 2).</i>	194
<i>Tabla 23. Análisis estadístico pre (Inteligencia)</i>	195
<i>Tabla 24. Análisis estadístico pre (Atención)</i>	196
<i>Tabla 25. Análisis estadístico pre (Memoria)</i>	197
<i>Tabla 26. Análisis estadístico pre (Cálculo)</i>	198
<i>Tabla 27. Análisis estadístico post (Atención)</i>	199
<i>Tabla 28. Análisis estadístico post (Memoria)</i>	200
<i>Tabla 29. Análisis estadístico post (Cálculo)</i>	200
<i>Tabla 30. Estadística comparativa (pre-post del grupo experimental)</i>	202
<i>Tabla 31. Estadística comparativa (pre-post del grupo control)</i>	203
<i>Tabla 32. Estadística comparativa de la mejora pre-post de cada grupo</i>	203

<i>Tabla 33. Comparación de medias de las variables emparejadas (Atención).</i>	205
<i>Tabla 34. Comparación de medias de las variables emparejadas (Memoria).</i>	207
<i>Tabla 35. Comparación de medias de las variables emparejadas (Cálculo).</i>	209
<i>Tabla 36. Media de los expedientes académicos de los grupos de estudio</i>	212
<i>Tabla 37. Media de los expedientes académicos de los dos grupos de estudio (más un tercero)</i>	213
<i>Tabla 38. Comparación de medias de muestras emparejadas (Pre y Post HIIT)</i>	249
<i>Tabla 39. Descriptivos de la frecuencia cardíaca (mínima y máxima) de cada participante</i>	250
<i>Tabla 40. Descriptivos de los niveles basales de BDNF de cada participante</i>	251
<i>Tabla 41. Comparación Pre y Post de las variables y cada muestra</i>	252
<i>Tabla 42. Promedios de Frecuencia Cardíaca (mínima y máxima) del total de la muestra.</i>	253
<i>Tabla 43. Promedios de los niveles de BDNF en saliva</i>	253
<i>Tabla 44. Análisis de correlación no paramétrica</i>	254
<i>Tabla 45. Descripción de los niveles de FC registrados.</i>	257

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1. Porcentaje del sexo de los participantes</i>	103
<i>Gráfico 2. Clasificación de la muestra por grupos según la frecuencia (h/s) de práctica de AF.</i>	103
<i>Gráfico 3. Promedio de la prueba del KBIT.</i>	116
<i>Gráfico 4. Concreción de las horas de AF a la semana de cada participante.</i>	118
<i>Gráfico 5. Promedio de las horas de AF a la semana del total de la muestra.</i>	119
<i>Gráfico 6. Promedio de la evaluación cognitiva (atención)</i>	120
<i>Gráfico 7. Promedio de la evaluación cognitiva (cálculo)</i>	121
<i>Gráfico 8. Comparación de medias entre grupos (Inteligencia general).</i>	129
<i>Gráfico 9. Comparación de medias entre grupos (Atención).</i>	130
<i>Gráfico 10. Comparación de medias entre grupos (Memoria).</i>	130
<i>Gráfico 11. Comparación de medias entre grupos (Cálculo).</i>	131
<i>Gráfico 12. Comparación de medias entre grupos (Velocidad de carrera).</i>	131
<i>Gráfico 13. Porcentaje del género de los participantes.</i>	158
<i>Gráfico 14. Porcentaje del número de participantes de cada grupo.</i>	159
<i>Gráfico 15. Análisis estadístico pre (Inteligencia)</i>	195
<i>Gráfico 16. Análisis estadístico pre (Atención)</i>	196
<i>Gráfico 17. Análisis estadístico pre (Memoria)</i>	197
<i>Gráfico 18. Análisis estadístico pre (Cálculo)</i>	198
<i>Gráfico 19. Análisis estadístico post (Atención)</i>	199
<i>Gráfico 20. Análisis estadístico post (Memoria)</i>	200
<i>Gráfico 21. Análisis estadístico post (Cálculo)</i>	201
<i>Gráfico 22. Comparación de medias de las variables emparejadas del grupo control (Atención).</i>	206

Gráfico 23. Comparación de medias de las variables emparejadas del grupo experimental (Atención).	206
Gráfico 24. Comparación de medias de las variables emparejadas del grupo experimental (Memoria).	208
Gráfico 25. Comparación de medias de las variables emparejadas del grupo control (Memoria).	208
Gráfico 26. Comparación de medias de las variables emparejadas del grupo experimental (Cálculo).	209
Gráfico 27. Comparación de medias de las variables emparejadas del grupo control (Cálculo).	210
Gráfico 28. Comparación de los promedios de cada grupo	212
Gráfico 29. Media de los expedientes académicos de los dos grupos de estudio (más un tercero)	214
Gráfico 30. Comparación de las medias de Frecuencia Cardíaca	253
Gráfico 31. Comparación de las medias de los niveles de BDNF en saliva	254

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Organización funcional del cerebro (Pellicer, 2015)	25
Ilustración 2. Imagen modificada de: Parts of a Multipolar Neuron. Anatomy and physiology. BC Open Textbooks	33
Ilustración 3. PRISMA flow chart illustrating study inclusions through the stages of the systematic review. AP, academic performance; CB, classroom behaviour; cognitive function; classroom movement break; physically active learning (Tricco, 2018).	54
Ilustración 4. Esquema beneficios generales de la AF (elaboración propia).	76
Ilustración 5. Cambios en las regiones cerebrales inducidos por el ejercicio físico (Hillman, et al., 2014)	91
Ilustración 6. Fases del estudio	110
<b>Ilustración 7. Fases del estudio</b>	<b>166</b>
Ilustración 8. Ejemplo de actividad y circuito de habilidades motrices básicas.	173
Ilustración 9. Ejemplo de actividad física y de habilidades cognitivas (cálculo).	175
Ilustración 10. Ejemplo de actividad física enriquecida con aprendizaje académico.	176
Ilustración 11. Crecimiento de BDNF inducido por el ejercicio físico (Rezaee et al, 2022).	240
Ilustración 12. Diseño de la intervención (esquema de elaboración propia)	244



## AGRADECIMIENTOS

Estas palabras son para todos y todas; *son para ti* si cuando leas te sientes identificado/a, pero son especialmente para las personas que me habéis acompañado desde siempre, a pesar de mis nervios, de mis largas grabaciones de voz, de “el monotema” de siempre y las 1001 vueltas a cada decisión o apartado de la tesis...

Os he de agradecer la confianza: por animarme, envalentonarme y hacerme creer desde el primer día que era capaz; que era yo la persona indicada para iniciar y recorrer este camino, repleto de imprevistos y también de oportunidades; el esfuerzo: siempre altruista, sin pedir nada a cambio y desde la empatía hacia mí para quererme entender, ayudar y acompañarme en cada momento que he necesitado; la paciencia: la que habéis tenido durante todo este tiempo; la que me habéis instado a tener y enseñado a saber gestionar; y la esperanza: porque no siempre ha sido tan fácil o simple como “seguir el camino”; también ha habido nervios, desesperación, frustraciones y miedos cuando faltaban las fuerzas, la motivación y las ganas... momentos que pueden haber sacado mi yo más negativo y/o distante, pero lo habéis apagado poco a poco con vuestra esperanza.

En ocasiones, la ayuda a sido a partir de vuestros conocimientos superiores sobre la materia o el tema que me preocupaba: neurociencia y neuronas; psicología y evaluación cognitiva; estadística y diseño de investigación; conclusiones científicas vs educativas; diseño de infografías, mapas conceptuales y presentaciones; reuniones con familias y aplicación didáctica en la escuela; seminarios teóricos; grupos de investigación... Y en otros momentos, me habéis ayudado por ser las buenas personas que sois y simplemente escucharme; estar ahí y hacerme entender que aquello que estaba haciendo y que tanta prisa tenía por acabar, era en realidad, algo increíble y por lo cual, tanto vosotras como yo, debíamos de estar muy orgullosos.

...

Les persones no sempre som amables, sinceres i agraïdes, ni tan sols amb aquelles que ens ajuden, ens tenen estima i intenten que només ens equivoquem el just perquè puguem continuar aprenent i evolucionant, però, vosaltres, durant tot aquest camí, m'heu demostrat com són les persones que tenen un gran cor.

**Àngels:** intento no fer parèntesis perquè ja sé que no els llegeixes; m'esforço per no passar-me de reflexiu perquè sé que “*bo i breu, doblement bo és*”, i m'obligo a no dir-te moltes vegades com d'agraït t'estic i com d'important has estat i seràs per mi... però ja veus que no sempre puc aconseguir-ho. Potser si no t'hagués fet aquella entrevista a l'Hospital Sant Joan de Déu; o si no hagués consultat una publicació teva sobre els neurotransmissors pel meu treball final de grau... potser mai estaria a les portes de dipositar la meva *tesis doctoral*; ni tampoc sabria la sort que he tingut de conèixer una persona com tu, qui, “*com una mare*”, des d'aquell primer dia em va acollir, cuidar, ensenyar i fer-me volar.

No només m'has acompanyat amb aspectes científics o purament acadèmics – encara recordo aquell matí sencer de treball a una sala, els dos junts, fent un resum per l'informe d'una memòria que més endavant començaria a ser l'inici i la pròpia introducció d'aquest treball –, sinó que també m'has donat lliçons de vida, a partir d'algunes converses de la vida en general, del teu dia a dia, de com sou les excepcionals persones del teu planeta... M'has envoltat, a més a més, de grans professionals i persones que han acabat sent molt rellevants pel meu futur acadèmic i professional, com per exemple el Jordi Carmona i la Mercè Olivé, a qui, evidentment, aprofito l'avinentsa per agrair-los-hi la seva confiança, esforç i paciència per deixar entrar a casa seva, a l'Escola Garbí Pere Vergés, el nostre projecte i, sobretot, per fer-lo créixer; també t'agraeixo Àngels que pensessis que co-dirigir la tesis amb l'Anna López era una bona idea...

**Anna:** a més de tota la reflexió anterior, vull afegir que tu vas posar-te al capdavant de tota l'avaluació neurocognitiva de l'estudi, quan jo no sabia ni dir la paraula sencera. Imagina't com n'estic d'agraït, tant a tu com a la resta de l'equip, amb qui no hem coincidit molt, però sense els quals soc plenament conscient que tot hagués estat molt més complicat.

Tu sempre m'has volgut entendre i ajudar; has patit encara més que l'Àngels els meus llargs missatges, tant els de veu com els del correu electrònic... algun dia m'hauràs de dir quin odies més dels dos, així intentaré fer-ho menys... ¡però no puc prometre res! I, especialment durant els darrers anys, has estat la persona de referència i amb qui he pogut comptar sempre que ho he necessitat. Gràcies per fer de pont tantes i tantes

vegades; gràcies per explicar-me com funciona el món científic, la investigació i en gran part la societat; gràcies per dedicar-me temps, sí, temps, perquè tenir un doctorant que no sàpiga sintetitzar *ni el dinar que hi havia avui a l'Escola*, deu ser un màrtir... em fa riure, ara que arribem al final, pensar en com de nerviosa deuries estar per dins...

**Joan:** si has llegit fins aquí deus estar pensant que has tingut sort de no ser el director de la tesi. I sí, en gran part t'has lliurat una mica de tot això, però, si ho penses bé, tu també n'has llegit bastants de correus llargs; també has hagut d'escoltar les meves llargues i sovint poc estructurades reflexions (a vegades pensar constantment amb subordinades no m'ho posa fàcil).

En definitiva, vull agrair-te la teva confiança en mi i en el projecte, recordo el dia que vaig contactar amb tu i que sense saber res de mi, et vas deixar convèncer per ser el meu tutor a l'INEFC; agraeixo la teva paciència i capacitat d'escolta, per tots aquells moments que, sense previ avís, em presentava al teu despatx i no marxava fins tenir clar el full de ruta; i finalment agraeixo el teu bon humor i la predisposició natural per tenir una conversa interessant i agradable.

...

Encara que no pugui posar els noms, també vull agrair la participació de tots els i les alumnes en aquest projecte. L'amor que sents quan fas allò que t'agrada és incomparable a fer qualsevol altra feina, n'estic segur i ho estic perquè són els moments amb ells els que, sens dubte, he gaudit més de tota la tesi. Gràcies per ser com sou.

Així doncs, per confiar-nos els seus alumnes, també vull fer una menció a l'escola Garbí Pere Vergés i a l'escola Sagrat Cor de Sarrià. També a l'equip docent que durant els gairebé dos anys d'intervenció van ajudar, col·laborar i tenir molta i molta paciència. Especialment a la NG i MV, tutores del grup que va fer la intervenció durant 2 cursos.

Dins d'aquestes mencions també vull destacar alguns companys del departament de didàctiques aplicades de l'educació física de la facultat d'educació que, en diferents moments, hem compartit part d'aquest camí: des de la preparació de jornades i congressos a la creació de grups de treball i de publicació de llibres... (MG, ER, AB, CG, TL, JC,...). Aquest camí l'haurem de recórrer junts i estic segur que, a més de patir-lo, també el gaudirem molt!

Finalment, vull tancar aquest darrer agraïment a la meua família i als amics més propers la paciència per tots aquells moments de “desaparició social”. M’agradarà intentar deixar-me veure més; anar als dinars o sopars sense pressa; i aprendre a estar tranquil als llocs sense pensar que el temps que passo allà, no el dedico a la tesi... sempre he intentat trobar l’equilibri, però no és fàcil deixar de treballar en allò que t’agrada i que vols que avanci. La tesi no ha estat la culpable, sinó jo, que encara n’he d’aprendre més.

I a tu, **Carla**, t’agraeixo ser dia a dia la persona que ets i el gran equip que fem junts; la teua forma d’entendre’m i de saber que necessito ajuda encara que no parli; de ser crítica i d’ajudar-me a veure que sempre em queden coses per aprendre; i, a més a més de tot el que he intentat explicar en aquestes pàgines, t’agraeixo que siguis la persona amb la que he compartit des del primer dia tot aquest camí de la tesi.

Encara que no ens ha limitat a fer res del que hem volgut fer i que ha estat un gran procés d’aprenentatge i de maduració, *espero*, professional i personal, la tesi ha conviscut amb nosaltres gairebé la meitat dels anys que portem junts. I no podem dir que durant aquest cinc anys no haguem fet coses, però us asseguro, tant a tu com al *B*, que ara tindrem un motiu menys que ens limiti a fer-ne més, de millors i de més importants.

*Gràcies per tot, us estimo molt.*

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Presentación

Estudios científicos recientes (Diamond & Ling, 2019; Hillman, et al., 2020; Zeng, et al. 2017) demuestran que la práctica de actividad física aeróbica estimula la síntesis de factores neurotróficos, como el BDNF, neurotransmisores, como el grupo de catecolaminas, la activación de programas que modifican la expresión de numerosos genes o, epigenética, y también que produce cambios en la comunicación neuronal, actuando en el espacio para el intercambio de información, sinapsis (Voss, Weng & Kramer, et al., 2016; Kamijo & Masaki, 2016). Estas reacciones químicas afectan la conectividad cerebral y producen mejoras significativas en el aprendizaje (Chaddock-Heyman & Kramer et al. 2020; Singh et al., 2019; Watson, et al., 2017; Donnelly, Hillman, et al., 2017). Otros procesos como la regulación del metabolismo energético y de moléculas relacionadas con la inflamación, así como la neurogénesis, también tendrían un papel dentro de los mecanismos que relacionan actividad física y función cerebral.

El sistema nervioso, que se activa significativamente cuando nos movemos, controla todas las funciones de nuestro organismo. Es responsable de funciones complejas y de pensamiento superior, como el lenguaje, la memoria, la atención y el cálculo, entre otras, permitiendo captar y asimilar la información, tanto interna como del exterior, y elaborar las respuestas correspondientes para interactuar con el entorno (Mo-yi, et al., 2017). Movernos forma parte de nuestra biología, en cambio el sedentarismo actual nos aleja de lo que en realidad somos. Evolutivamente hemos sido diseñados para movernos y expresarnos moviéndonos. Nuestro entorno ha cambiado y, así como anteriormente necesitábamos movernos para conseguir comida, ropa, u otras necesidades diarias, ahora estas acciones las desarrollamos siendo sedentarios. No obstante, nuestro organismo continúa igual de codificado que el de nuestros antepasados, para los que la actividad física era una estrategia evolutiva ineludible para adaptarse a las exigencias del entorno.

Siguiendo esta línea cada vez existen más investigaciones que, de la misma manera que las citadas anteriormente, apoyan la idea de que la actividad física estimula el rendimiento intelectual mediante una serie de mecanismos biológicos aún no del todo bien conocidos. Esta mejoría parece suceder especialmente en niños y atañe básicamente al ejercicio aeróbico. No obstante, en los últimos años se han reportado estudios que muestran que ejercicios no clásicamente aeróbicos como el yoga o la

meditación, están demostrando de igual modo efectos beneficiosos en diferentes aspectos del funcionamiento cognitivo y emocional. Para afrontar esta realidad, conocerla mejor y realizar una intervención educativa que incluye tanto a la educación física como a la neuropsicología, se pretende conocer cómo la actividad y el ejercicio físicos aeróbico permiten que se produzcan cambios tanto en la estructura como en las funciones cerebrales en general y, **sobre la atención, la memoria y el cálculo en particular**, durante la principal etapa de desarrollo: la infancia.

## 1.2 Estado actual del tema y aportes de la investigación

A nivel científico, se han realizado muy escasos estudios que incluyan marcadores biológicos en niños expuestos a actividad física. La mayoría de los artículos reportan análisis cognitivos o de rendimiento académico. Sería interesante conocer cómo determinados marcadores relacionados con la neurotransmisión sináptica, con los factores tróficos y con el metabolismo energético pueden relacionarse con las mejoras observadas con el ejercicio. Tampoco está descrito cuál es el ejercicio más idóneo para mejorar algunas funciones cognitivas y no otras (por ejemplo, si hace que mejore más el lenguaje o la memoria).

En nuestra sociedad, dado que durante la etapa escolar es cuando existen más posibilidades de adaptación, desarrollo y modulación de nuestro cerebro (plasticidad), la neuroeducación tiene como objetivo el desarrollo de nuevos métodos de enseñanza y aprendizaje, al combinar la pedagogía y los descubrimientos en neurobiología y ciencias cognitivas. Se trata así de la suma de esfuerzos entre científicos y educadores, haciendo hincapié en la importancia de las modificaciones que se producen en el cerebro a edad temprana para el desarrollo de capacidades de aprendizaje y conducta que después nos caracterizan como adultos.

A nivel de impacto clínico y de educación, los resultados de este estudio podrían incidir muy positivamente en la introducción de actividad física en los programas académicos escolares, con una finalidad diferente a la que se utiliza en la actualidad. La actividad física sería, no sólo una herramienta que permite mantener una buena salud y calidad de vida, sino que contribuiría a una mejora notable en diferentes habilidades cognitivas y de aprendizaje. El cerebro del niño constituye un sistema enormemente dinámico y es posible incidir en éste de diversos modos para contribuir a un desarrollo óptimo. Fundamentalmente se estaría modulando la plasticidad neuronal, la capacidad de

aprender, y de manera especial el desarrollo de las funciones ejecutivas, aquellas relacionadas con la planificación de las tareas, la motivación, la constancia y el mantenimiento de la atención.

Diversos estudios han demostrado que estas funciones son clave en el éxito académico y de la organización de los proyectos personales. No obstante, en el presente trabajo se aplica un programa de actividad física diaria que no ha sido previamente realizados en niños. Los resultados favorables de este ayudarían a obtener la evidencia necesaria para informar a las autoridades en educación y sanidad de la necesidad de diseñar programas específicos de deporte y actividad física estratégicamente organizados, antes, después o incluso durante una determinada actividad de aprendizaje (lingüística, de memoria, de atención, de razonamiento lógico, matemático, etc.).

### **1.3 Justificación**

La neurociencia educativa, ciencia en actual auge, permite demostrar que diferentes ramas esenciales para la sociedad están estrechamente ligadas. Ciencia, salud, psicología, educación y ejercicio físico son cinco conceptos, cinco conocimientos, llevados a la práctica por cada uno de sus profesionales y concebidas como áreas separadas. No obstante, las recientes investigaciones sobre procesos neuropsicológicos, funciones cerebrales, educación y ejercicio físico (Chaddock, 2010; Voss et al., 2011; Chang et al., 2013; Diamond et al., 2018 y Hillman et al., 2019) permiten pensar en la necesidad de que todas ellas trabajen de forma conjunta para dar respuesta a una serie de problemáticas que están ocurriendo en nuestra sociedad y que pueden hallar solución mediante una intervención temprana, concretamente en edad de la escuela primaria (6-12 años) e incluso antes.

La intención es lograr que la actividad física diaria vuelva a ser una práctica importante y primordial tanto en las escuelas como en el estilo de vida y ocio de la sociedad. La neurociencia será el punto de partida y de referencia para comprender qué somos, qué necesitamos y cómo nos desarrollamos como especie, tanto en la parte física como mental.

El proyecto de la tesis se organiza en tres estudios, cada uno de ellos sujetos a la redacción de un artículo científico publicado o por publicar, elaborados por una parte a partir del conocimiento aportado desde la bibliografía y el marco teórico más actual de referencia y por otra parte de la intervención y el estudio de campo realizado con la

colaboración del equipo de investigación del Hospital Sant Joan de Déu de Barcelona. Este estudio es en realidad una propuesta en la que se incluyen trabajos sencillos, de baja complejidad y hasta cierto punto preliminares en cuanto a la robustez metodológica, que muestra las posibilidades de realizar trabajos de investigación siguiendo una metodología científica clásica, en las aulas.

Si las recientes investigaciones en neuropsicología demuestran que mediante el ejercicio físico aeróbico se activan y se conectan diferentes áreas y funciones cerebrales... ¿es posible creer que a mayor capacidad y práctica de actividad física mayor será la capacidad cognitiva de algunas funciones cognitivas, concretamente de la **atención**, la **memoria** y el **cálculo**, que son esenciales para el aprendizaje?

## 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA: Neurociencia cognitiva, actividad física y aprendizaje escolar

### 2.1 Neurociencia Cognitiva

*“La neurociencia es, por mucho, la rama más excitante de la ciencia, porque el cerebro es el objeto más fascinante del universo. Cada cerebro humano es diferente, el cerebro hace a cada ser humano único y define quién es”.*

*Prusiner (1997).*

La neurociencia tiene como objetivo estudiar los orígenes de la anatomía y la función del sistema nervioso y del cerebro a fin de poder identificar, interpretar y anticipar los cambios (conexiones) que se dan en la estructura cerebral como respuesta a una determinada acción (Kandel, 1982; Rizzolatti et al., 2018). Se trata de entender la función de todo aquello que sucede en el cerebro -y todos los sistemas, áreas y estructuras que lo forman-, con la finalidad de proporcionar medios para explicar lo que sucede cuando pensamos, necesitamos o realizamos una acción.

Resolver todas las incertidumbres que nos plantea el cerebro serviría para que podamos ir más allá de todo lo que sucede en nuestras vidas. En esta línea, los avances científicos están empezando a aportar evidencias útiles para responder a algunas de las preguntas más determinantes. Redolar (2014) explica que la mayoría de ellas parten de problemáticas clínicas de impacto, como las patologías crónicas, las enfermedades degenerativas, los estados emocionales (o trastornos) y otras características del cerebro y del cuerpo humano, que tienen una relación directa con el funcionamiento del sistema nervioso. Estas convergen en la disciplina que comúnmente denominamos neurociencias y que utilizamos para referirnos a los diferentes campos de investigación científica del ámbito neurocognitivo: la genética, la biología (molecular, celular y conductual), la anatomía, la fisiología y la psicología, entre algunas otras.

Para el presente trabajo no es necesario entenderlas todas, pero es fundamental aproximarse al funcionamiento del cerebro desde una perspectiva biológica (neurobiología) y conductual (neuropsicología). En el marco conceptual de la presente tesis, la neurociencia es la base teórica que permite conocer el punto de partida del ser humano -y concretamente de los escolares de seis y siete años de edad-, a fin de poder

identificar y proponer las intervenciones oportunas que permitan descubrir o reafirmar si una acción o un patrón de comportamiento, como puede ser un programa de actividad física diaria, puede o no tener un impacto significativo para la mejora de, tanto las capacidades cognitivas implicadas, como la calidad de vida de los participantes que lo realizan. Se trata primero de conocer y entender el cerebro y ver después qué podemos hacer para cuidarlo y mejorarlo.

Para tal fin, algunos autores como Rizzolatti, et al. (2018), han realizado diversas publicaciones que explican, en cierta manera, la historia o la evolución del progreso en los conocimientos sobre el funcionamiento del cerebro. Parten de lo desconocido (preguntas por resolver) y se aproximan a través del análisis de datos cuantitativos y cualitativos que, principalmente desde la neurobiología y la neuropsicología, abordan la dimensión de la Neurociencia Cognitiva (Pereira, 2007). Una dimensión multidisciplinar que reúne el histórico de las investigaciones de las diversas especialidades. Se sitúa el inicio con Alcmeón (siglo V aC) y le siguen numerosos filósofos, pensadores y científicos... seguramente es gracias a todos ellos que tenemos el cerebro que hoy se conoce (Feld, 1989), y aunque ahora no se trata de hacer una cronología exhaustiva, es preciso destacar la aproximación frenológica de Gall (1808), los ensayos clínicos de Broca (1861) y los de Wernicke (1874), recogidos en el trabajo de Young (1968). Todos ellos permiten conocer y ubicar ciertas partes o zonas de la estructura cerebral. Años después, esos conocimientos se consolidan – aunque toda investigación sujeta al cerebro es susceptible de cambios – con la ilustración del mapa propuesto por Brodmann (1994).

Brodman (1994) presenta cincuenta y dos áreas que coexisten dentro de un mismo órgano, uno que únicamente ocupa un 2% de la masa corporal, el cerebro. En la actualidad, el trabajo de Brodmann sigue siendo de referencia (de esquema) para la aplicación de las técnicas computacionales que aparecen a partir del siglo XX y que son determinantes para entender la gran revolución de la neuroimagen en la que, en estos tiempos, vivimos.

Sin lugar a duda, observar, evaluar y analizar el cerebro mediante técnicas sujetas a un equipo informático y poder ver qué sucede dentro del cerebro de una persona viva, incluso despierta y desarrollando acciones, tiene un impacto científico y social casi irracional. Existen varias técnicas con dicha finalidad, pero las que han tenido más trascendencia en el progreso científico son la tomografía por emisión de positrones (PET) y las versiones que la mejoraron: la imagen por resonancia magnética funcional (conocida científicamente con las siglas fMRI) y el electroencefalograma (EEG).

Es preciso añadir que la gran diferencia entre la imagen por emisión de positrones y la de resonancia y electroencefalograma, reside en los aspectos técnicos de la prueba, pues mientras que para la primera es necesario administrar una dosis de radiactividad mediante vía intravenosa (para que se pueda ver la actividad cerebral), para las otras dos no es necesario administrar ningún tipo de sustancia en sangre.

Estas herramientas permiten ver el interior del cerebro y la activación, o no, de las diferentes zonas, regiones y estructuras, en determinados momentos propuestos por la evaluación clínica. Del conocimiento teórico heredado y de la representación en imagen de un “cerebro vivo y activo” se puede determinar el qué y el cómo se conecta cada una de las partes, es decir, las funciones perceptivas y cognitivas.

Por poner un ejemplo de aplicación al presente trabajo: ensayos clínicos como el de Iacoboni y Rizzolatti, et al., (2001), demostraron que realizar el movimiento de coger, sujetar y presionar un objeto con la mano (como puede ser una pelota de tenis) induce una activación significativa de las áreas motoras como responsables de dicha acción, concretamente de la corteza del giro temporal medio, del surco temporal superior adyacente y de la corteza premotora. Cada una de las activaciones se reflejan en el dispositivo electrónico mediante señales (reflejos, colores u ondas) de actividad cerebral en el preciso momento que se realiza la acción.

Justamente la aplicabilidad – sencilla, rápida y no perjudicial – de estas técnicas de neuroimagen modernas, están dando paso a una nueva era en la investigación de la estructura cerebral y el funcionamiento de los procesos cognitivos.

Una era que coge el relevo de anteriores neurocientíficos y expertos en la actividad cerebral, que situaron mundialmente el paradigma de la neurociencia cognitiva como reto científico, anticipando todos ellos que, el siglo XXI, es el siglo del cerebro y de las neurociencias. A esta referencia se suman algunas innovaciones de las últimas décadas que adquieren el Premio Nobel de Medicina, hecho que confirma una tendencia internacional a poner en valor los descubrimientos sobre los mecanismos moleculares, celulares y biológicos que permiten interpretar y entender el cerebro.

Sobre este paradigma investiga Watts (2004), y menciona algunos pioneros de esta nueva era: Cajal (1906), como uno de los primeros en identificar, evaluar y tratar de conocer y, de dar a conocer, la neurona, las células nerviosas y el proceso de sinapsis; le siguen Scott (1934) y Axelrod et al., (1970) por sus descubrimientos sobre los neurotransmisores; Cohen y Levi por los factores neurotróficos; ya en siglo XXI, Carlsson, Greengard y Kandel (2000), que analizan las microestructuras del cerebro

responsables del aprendizaje, la memoria y el efecto de las sustancias psicoactivas; y finalmente Axel y Buck (2004), que revelan una conexión entre la actividad de moléculas específicas (genes, receptores de proteínas) y las experiencias mentales como el reconocimiento de los olores y el dolor.

Una era moderna, avanzada y totalmente digitalizada que tiene al alcance infinidad de recursos para apuntar hacia una perspectiva de futuro muy ambiciosa.

*“We always overestimate the change that will occur in the next two years and underestimate the change that will occur in the next ten.”*

Bill Gates

### **2.1.1 El cerebro**

El cerebro es un órgano formado por millones de neuronas y otras células nerviosas que permiten al ser humano realizar cualquier acción. Escuchar, pensar, comprender, reflexionar, moverse e incluso respirar, es posible gracias a numerosas funciones complejas que desarrolla este órgano con ayuda de todas las áreas y sistemas que trabajan y cooperan dentro del mismo (Vasung, 2019). Por ello, autores como Vasung (2019), determinan que el cerebro es el gran protagonista de toda esta revolución neurocognitiva porque, en cierta manera, es la estructura *visible* más conocida que situamos como responsable de todo aquello que pensamos, decimos, hacemos y somos.

No obstante, el cerebro únicamente es uno de los órganos subyacentes al encéfalo<sup>1</sup>, pues esta estructura de orden superior es en realidad la responsable de realizar tales acciones y funciones cognitivas, que son ejecutadas a partir del sistema de conexión (del sistema nervioso central) y del conjunto de órganos que lo integran. El cerebro es uno de ellos, juntamente con el cerebelo, el bulbo raquídeo y otras subestructuras de orden inferior.

Para Ostrosky, Quintanar y Ardila (1989), el cerebro es el motor que permite que esas conexiones neuronales que se han formado se multipliquen y se conecten constantemente cada vez que es necesario establecer una acción que haya sido

---

<sup>1</sup> Encéfalo: conjunto de órganos que forman el sistema nervioso central, es la parte subyacente y representativa de las principales estructuras del funcionamiento cognitivo, tales como el cerebro, el cerebelo y bulbo raquídeo.

previamente estimulada por el entorno. La respuesta es expresada en forma de movimiento gracias al impulso de una o varias de las áreas cerebrales o de los cuatro lóbulos del cerebro.

Para Montgomery (2016), el cerebro es la parte principal del sistema nervioso y en él tienen lugar los procesos mentales más complejos. Es responsable de ejecutar toda la información que recogen los sentidos y las señales del organismo; consume un 20% de toda la energía corporal aun representando únicamente 2% del peso; contiene 2 hemisferios (casi simétricos) y está dividido en 4 lóbulos, a los que reparte el espacio: Frontal (41%), Parietal (19%), Occipital. (18%) y Temporal (18%). Entre ellos existe cierta especialización funcional: lóbulo occipital para la información visual; la información auditiva i emocional desde las áreas temporales; la información sensorial de áreas parietales de diferentes partes del cuerpo; y las áreas o lóbulo frontal para organizar y planificar las estrategias y toma de decisiones.

Cada lóbulo está formado por áreas o conexiones que reciben diferentes nombres específicos y definen con precisión cómo será la respuesta. No obstante, no necesitamos tomar un proceso de elección para determinar con cuál de las áreas del cerebro debemos actuar, pues poseemos de un mecanismo tan evolucionado que tiene la capacidad de hacerlo sólo con el reconocimiento de la causa, es decir, del estímulo que lo provoca (Montgomery, et al., 2016).

Desde los inicios de la neurobiología se ha investigado para determinar cuántas áreas existen y cuáles son las más relevantes por lo que a las funciones del cerebro se refiere. Tal como se ha referenciado en la introducción sobre neurociencia cognitiva, se han descubierto más de cincuenta y dos áreas, siguiendo inicialmente las investigaciones de mapeo cerebral de Brodmann (1994), pero también a partir de recientes investigaciones como la de Amunts (2015), que han permitido actualizar el mapa descrito anteriormente y concretar, en gran parte, algunas de las funciones de cada área.

El presente trabajo no pretende realizar una detallada explicación de cada una de ellas, pero sí que se considera oportuno conocer las funciones de algunas como marco conceptual de referencia del tema de estudio. Pellicer (2015), las resume en la siguiente imagen:

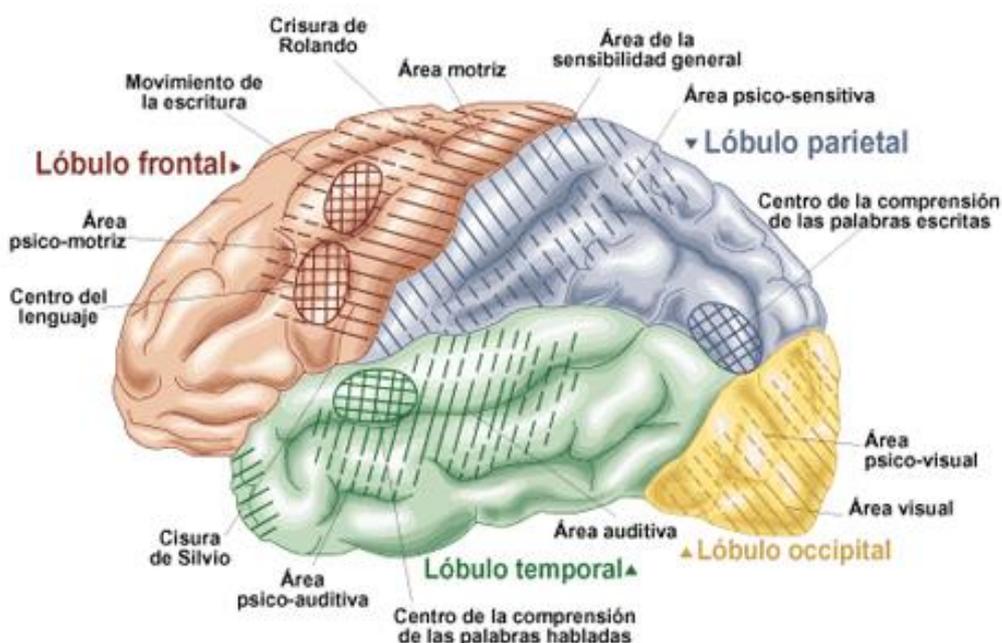


Ilustración 1. Organización funcional del cerebro (Pellicer, 2015)

**Área Motora:** se encuentra frente a la Cissura de Rolando y ocupa la mitad superior del lóbulo frontal. A su vez, se divide en tres segmentos: la corteza motora, la corteza premotora y el área de Broca, relacionados con el control muscular.

La corteza motora está situada en una banda de unos 2 cm de ancho inmediatamente delante de la ranura central. Controla los músculos específicos de todo el cuerpo, especialmente los músculos que cuidan los movimientos.

La corteza premotora, integrada delante de la corteza motora, produce movimientos coordinados que emiten secuencias de acciones de un músculo o de movimientos combinados de una cantidad de músculos al mismo tiempo. Es en esta área donde una gran parte de los conocimientos se almacenan para controlar las acciones y las habilidades aprendidas, como los movimientos técnicos para desarrollar una actividad atlética.

El área de Broca o centro de lenguaje, descubierto frente a la corteza motora en el borde lateral de la corteza premotora, controla los movimientos coordinados de la laringe y la boca para producir el habla. Esta área sólo se desarrolla en uno de los dos hemisferios cerebrales, en el izquierdo.

**Área Sensorial:** las sensaciones somestésicas son las que provienen del cuerpo, como el tacto, la presión, la temperatura y el dolor. Esta zona ocupa casi la totalidad del lóbulo parietal y se divide en un área primaria y secundaria. El área somestésica primaria es la

porción de la corteza que recibe las señales directamente de los receptores sensibles ubicados en todo el cuerpo. Funcionan como centros de cambios inferiores del cerebro que transmiten información a otras regiones de la corteza cerebral. Por el contrario, las señales dirigidas a la zona secundaria se procesan parcialmente en estructuras cerebrales profundas o en una región del área primaria.

**Área Visual:** ocupa la totalidad del lóbulo occipital. El área primaria detecta los puntos específicos de luz y oscuridad y las orientaciones de líneas y límites. Las estimulaciones eléctricas en el área visual primaria hacen que la gente vea destellos de luz, líneas brillantes, colores u otras imágenes simples. Las áreas secundarias interpretan la información visual, por ejemplo, interpretando el significado del lenguaje escrito.

**Área Auditiva:** se encuentra en la mitad superior de los dos tercios anteriores del lóbulo temporal. En el área primaria, se detectan tonos específicos, sonoridad y otras cualidades de sonido. Las estimulaciones eléctricas en esta área hacen que la persona escuche un sonido simple que puede ser débil o intenso o un chirrido, pero nunca escucha palabras o cualquier otro sonido inteligible. Las áreas secundarias son donde se interpreta el significado de las palabras habladas, y partes de estas áreas también son importantes para el reconocimiento de la música.

**Área de Wernicke:** el centro de comprensión de las palabras habladas se encuentra en la parte posterior de la parte superior del lóbulo temporal. Punto donde el lóbulo parietal y el occipital pueden ser contactados con el temporal. Aquí es donde convergen las señales sensibles de los tres lóbulos (los temporales, parietales y occipitales). Esta área es importante porque maneja prácticamente toda la información sensible, como el significado de las oraciones y las ideas, ya sean escuchadas, leídas, percibidas o incluso generadas dentro del propio cerebro. Sufrir una degeneración de esta área haría que la persona pudiera leer palabras de una página impresa, pero no reconocer ninguna idea, es decir, no entendería lo que lee. En consecuencia, la destrucción de esta zona del cerebro hace que la pérdida extrema piense.

**Área límbica:** donde se hallan los recuerdos (memoria), el comportamiento y las emociones que atañen a la zona del lóbulo temporal. La mitad inferior del lóbulo temporal se responsabiliza básicamente del almacenamiento a corto plazo de los recuerdos que persisten de unos minutos a varias semanas. Esta área incluye diversas estructuras cerebrales que forman el sistema límbico a fin de manejar las emociones,

los impulsos (conducta) y la memoria: el tálamo, el hipotálamo, el hipocampo, la amígdala cerebral, el cuerpo calloso<sup>2</sup>, septo y el mesencéfalo.

**Área prefrontal:** ocupa la mitad anterior del lóbulo frontal, donde se encuentra la corteza prefrontal. Es posible vivir sin parte de esta área y aparentemente no percibir efectos, de hecho, una técnica quirúrgica actual es la lobotomía (extirpación) en pacientes en estado depresivo y psicótico. Está directamente relacionado con la personalidad y la toma de decisiones. Las consecuencias negativas están relacionadas con la elaboración del pensamiento, la pérdida de capacidad de concentración (largos períodos de tiempo), la planificación de tareas y la resolución de problemas complejos.

El poder visualizar, ordenar y clasificar las diferentes áreas del cerebro es más una necesidad humana y clínica – para facilitar la comprensión de todo aquello que sucede o puede suceder en lo respectivo a los procesos cognitivos y conductuales – que una realidad estrictamente empírica. De hecho, recientes estudios apuntan a la deslocalización funcional de las áreas y justifican la interconexión y el trabajo sincrónico de varias de ellas. Tal como lo explican Clewett et al., (2019), el cerebro funciona, en realidad, como una orquesta sinfónica para la cual es determinante que todos los componentes ejecuten con eficiencia y en armonía, cada una de las notas que componen la melodía. Esta metáfora también sirve para abordar una de las teorías más cuestionadas sobre la estructura y función cerebral, la de los hemisferios.

Es incuestionable la división prácticamente simétrica de la estructura cerebral en dos hemisferios, el derecho y el izquierdo, que se conoce desde los primeros exámenes del cerebro postmortem. El tema de debate – presente desde los primeros estudios y que algunas revisiones científicas publicadas a finales del siglo XX como la de French y Beaumont (1984), ya pretendían enmendar, es si existe o no una localización de las diferentes funciones, es decir, una especialización determinada y exclusiva para cada uno de los hemisferios. French y Beaumont (1984), explican que los niveles de coherencia reflejan ciertos patrones de "línea de base" de cada hemisferio. Posiblemente están relacionados con la conectividad estructural, sobre la cual se pueden superponer los efectos de la tarea y, por lo tanto, la función que desarrollan cada uno de ellos, pero es prácticamente imposible de desentrañar con certeza la

---

<sup>2</sup> La ausencia o mal funcionamiento del cuerpo calloso provocaría que cada hemisferio solo pudiera percibir los estímulos o recibir las señales que se encuentran en el campo visual del lado contrario. Es decir, cada hemisferio tendría sus propias sensaciones, percepciones, emociones y recuerdos que no podría compartir con el otro.

lateralización total de las funciones debido a la variedad de procesos que se ejecutan mediante la conexión interhemisférica Dubuc-Charbonneau et al. (2015).

Otras investigaciones recientes como la de Aberg (2016) y Güntürkün (2020) contribuyen a la tesis que justifica la no exclusividad de las tareas de cada hemisferio, es decir, que entre ellos no se establece un trabajo independiente, sino más bien de colaboración. No obstante, se apunta hacia la hipótesis que existe, para cada tarea, un hemisferio dominante que actúa como impulsor – como si se tratase del interruptor principal – e inicia la activación del sistema neuronal que da respuesta a la acción prevista mediante la conexión interhemisférica (Steinmann, 2014).

Para estos avances es determinante la aportación de las técnicas de neuroimagen, que amplían, escanean y permiten identificar las conexiones y activaciones que explican estos principios organizativos del cerebro desde las diferentes escalas espaciales, incluyendo componentes celulares e incluso subcelulares.

La neuroimagen, por poner un ejemplo cercano a la tesis de estudio, es la técnica que aplican Veldsman et al. (2017) para demostrar que la práctica de actividad física diaria se relaciona con un aumento de la conectividad interhemisférica del lóbulo parietal superior, conexión que incide positivamente en la red de atención dorsal y está asociada con la mejora de capacidades cognitivas.

Esta evidencia presenta, a favor del presente estudio, la posibilidad empírica de pensar que cuando nos movemos, alguna cosa sucede en la estructura cerebral que activa, conecta e incluso produce cambios en las capacidades cognitivas.

### **2.1.2 El sistema nervioso**

El sistema nervioso controla todas las acciones de nuestro cuerpo. La no activación (funcionamiento) de éste invalida a cualquier tipo de movilidad o actividad, tanto física como cognitiva, convirtiendo a las células que permiten la vida en meras cápsulas sin fuente de alimentación eléctrica (Panegyres, 2016).

Algunos autores como Di Liegro et al., (2019) explican que el descubrimiento del sistema nervioso se remonta a los antiguos médicos-filósofos griegos que datan de principios del siglo IV aC: Alcmeón, Praxágoras, Herófilo y Hipócrates. Desde entonces ya se apunta a que las personas que inesperadamente se tornan conflictivas y descontroladas

es debido a una lesión o un mal funcionamiento del cerebro que, como consecuencia, produce en la persona que lo sufre, un suceso de cambios cognitivos, motrices y conductuales que pueden llevar, en casos extremos, a negar de sensaciones, capacidades físicas y psíquicas e incluso de consciencia.

Nuevamente es partir de las primeras disecciones – evaluación anatómica del cerebro postmortem – la forma empírica de demostrar que los nervios motores adheridos al sistema nervioso, están unidos a unos nervios de orden inferior, los músculos, de manera que es necesaria la activación de los primeros para la ejecución (acción) de los segundos (Mauck, 1967).

El sistema nervioso es responsable de captar y asimilar la información tanto del cuerpo (sensorial) como del entorno, a fin de preparar las respuestas correspondientes para interactuar con el exterior. Esto le convierte en responsable de algunas funciones complejas como el lenguaje, el aprendizaje, la memoria y el pensamiento (Mo-yi, 2017).

También se conoce que el sistema nervioso está organizado en circuitos y sistemas, formado por dos partes principales que son responsables de controlar funciones como la visión, la respiración y el comportamiento, así como regular el organismo y dominar las acciones que ejecuta el cuerpo: como el ritmo de la respiración y el latido del corazón. Las dos partes mencionadas son el sistema nervioso central (SNC, en adelante) y el sistema nervioso periférico (SNP, en adelante) (Panegyres, 2016).

Los centros nerviosos (SNC) son responsables de procesar la información que proviene de los órganos sensoriales y elaborar las respuestas que, a través del encéfalo (masa nerviosa de forma ovalada y protegida por los huesos del cráneo) y de la médula espinal (una cuerda larga que atraviesa el interior de la columna vertebral y está directamente conectada al encéfalo), permiten controlar todas las funciones y acciones conscientes e inconscientes del organismo.

Los nervios que componen la red neuronal fuera del cerebro y de la médula espinal se encuentran en el SNP: son fibras largas y delgadas que atraviesan todo el cuerpo y conectan los centros nerviosos con órganos sensoriales y otras partes del cuerpo.

Estos órganos del sistema nervioso están formados (dentro) por unas células conocidas con el nombre de neuronas, que se unen entre ellas por los extremos de la prolongación y que tienen la función principal de transmitir los impulsos nerviosos. Impulsos que aparecen como respuesta de la información percibida por los sentidos y que produce - de forma voluntaria o refleja- una acción (Neufer, et al., 2015).

A fin de procesar la información, el sistema nervioso, debe seguir un proceso de desarrollo que le permite, desde el nacimiento hasta la edad adulta, generar el contexto óptimo para que se dé tal funcionalidad. La organización básica de estos sistemas de conectividad se forma mediante un conjunto de cambios cerebrales derivados de los mecanismos moleculares y celulares que atañen a un conjunto de fases que pueden resumirse con los siguientes puntos: a) proliferación de las primeras células que permiten la transferencia de la información sináptica de base (entre neuronas) que forman la estructura inicial del encéfalo; b) la diferenciación y maduración mediante el proceso de mielinización de las áreas primarias sensoriales y motoras (lóbulos frontal, parietal y occipital) y c) maduración de las áreas corticales (temporal y corteza prefrontal) vinculadas a los procesos cognitivos de orden superior (Fodor, 1983; Rosenzweig, 2002).

Durante las fases de modularidad cerebral tienen lugar procesos de conectividad sináptica como la conectividad funcional, los circuitos neuronales, la sinaptogénesis, la sinapsis propiamente, la neurogénesis y la neuroplasticidad (Bavelier y Neville, 2002). Estos son esenciales para explicar la incidencia de la actividad física en determinados procesos cognitivos.

### **2.1.3 La comunicación sináptica**

Proal (2011) explica que la comunicación sináptica se da a partir de una conectividad funcional que presenta la subordinación de diversas regiones y áreas cerebrales durante un momento concreto y, habitualmente, como réplica a un estímulo externo al que el cerebro decide dar respuesta.

La comunicación sináptica se desarrolla mediante la sinaptogénesis, cuando se da una conexión entre células separadas en cuanto a estructura, pero mayoritariamente enlazadas por fibras nerviosas y axones temporales en un proceso que se denomina sinapsis. Es esencial la comunicación entre células, como las neuronas, porque permiten establecer los circuitos neuronales que son responsables de los procesos cognitivos y motrices complejos, aquellos que atañen a diversas zonas, áreas y funciones del cerebro. Cuando esto sucede, los circuitos neuronales se activan y buscan entre las informaciones y los conocimientos previos – como si se tratase del archivo documental de una biblioteca – la fuente (estructura o área del cerebro), o el conjunto de ellas, que permite percibir el estímulo al cual se pretende responder (Kelly y Castellanos, 2014).

Es habitual que durante el proceso cognitivo se activen y se conecten diversas estructuras o fuentes documentales, pues, en base a la información que aportan cada una, es necesaria la colaboración (multifunción sináptica) de un conjunto de neuronas transfiriendo la información y conectándose entre ellas a fin de obtener la respuesta más precisa.

Estos patrones de funcionamiento y de flujo de información entre regiones y áreas demuestran que el cerebro trabaja en red. Una colaboración que Diez et al., (2015) explica haciendo referencia a que las fibras nerviosas del SNP funcionan como cables y conectan las redes neuronales, es decir, que establecen una comunicación entre neuronas para que se conecten y desarrollen funciones cognitivas interestructurales.

Para exponer un ejemplo de respuesta que se da de manera multifuncional en el cerebro: imaginar que volvemos a abrazarnos después de la Pandemia sin protocolos ni temor. Aunque únicamente se realice la acción de “abrazarse”, dicha acción incluye una experiencia previa que desentraña un recuerdo posterior a la situación sanitaria actual almacenado en el hipocampo, y que, a su vez, incorpora un componente emocional que desencadena la activación de la amígdala, y, además, la acción de abrazar propiamente, una información sensorial percibida por el tacto a través de la médula espinal y ejecutada por la corteza motora.

Por lo tanto, el hecho de realizar una acción es el desencadenante de un conjunto de procesos cognitivos activados, conectados y ejecutados a una velocidad y con una precisión, realmente alta. En términos generales, la estructura cerebral posee la capacidad de adaptarse y moldearse a los diferentes estímulos, a las condiciones cambiantes del entorno y tanto para influencias internas como externas. A este proceso de adaptación se le conoce como neuroplasticidad cerebral y, en él, es determinante el papel de plasticidad sináptica de las neuronas que modifican y extienden sus conexiones a fin de, en cierta manera, elaborar un nuevo mapa o sistemas de conexión que permiten responder de manera más eficiente a determinadas situaciones (Bavelier y Neville, 2002).

Este proceso se da con mucha frecuencia durante la etapa escolar, pues cada situación nueva en la que se encuentran los alumnos requiere de la creación de nuevos sistemas de conexión entre neuronas que les permiten dotarse de capacidades cognitivas para resolver dicha situación. La experiencia es la que modifica la estructura y la funcionalidad cerebral, es entonces cuando, en consecuencia, se da el aprendizaje (Weinberger, 2004). No obstante, para resolver determinadas experiencias que son

totalmente nuevas para el cerebro – por volver a la metáfora de antes nos referimos a aquellas experiencias que no están almacenadas en el archivo documental -, se requiere de la creación de nuevas neuronas que representan, en cierta manera, las fuentes de referencia de los nuevos archivos documentales. A este proceso de creación neuronal se le atribuye el término científico de neurogénesis y es esencial para entender la forma en la que se generan los aprendizajes (Herbst y Martin 2017; Cheng, et al. 2012).

Aunque no es el tema que ocupa en esta investigación, es importante conocer que todos estos cambios que propician las neuronas y que producen aumentos en la conectividad sináptica, pueden darse también, aun siendo en menor frecuencia, durante la edad adulta (Fernandes y Gómez-Pinilla, 2017). En todo caso, la pregunta que sí se enmarca en el tema de estudio de esta tesis y que nos compromete a conocer más acerca de la actividad neuronal, es: ¿existen variables externas, como la práctica de actividad física, que pueden influir en el aumento (en cuanto a intensidad y frecuencia) de los procesos sinápticos?

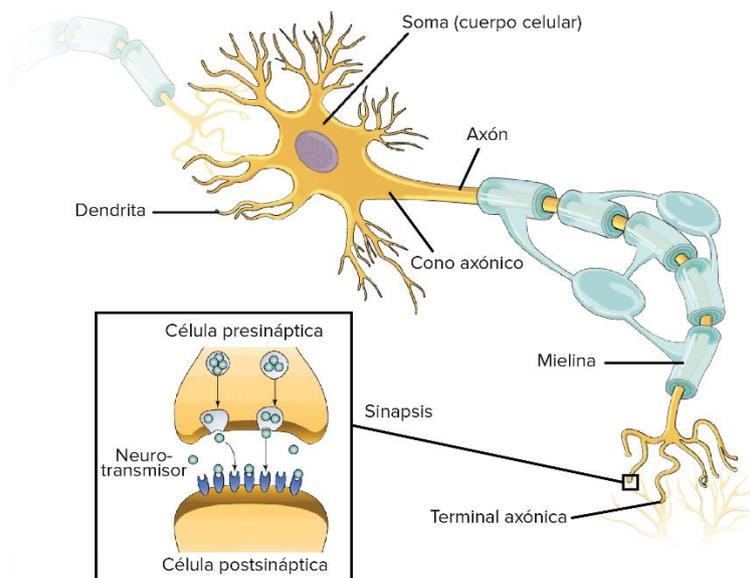
#### **2.1.4 La actividad neuronal**

La actividad neuronal evoluciona gradualmente -aumenta, se mantiene y disminuye- al largo de la vida. A las cuatro semanas de la fecundación el cerebro ya empieza a desarrollarse y se crean las primeras neuronas a una velocidad increíble, 250.000 neuronas por minuto, de manera que al nacer -aproximadamente 8 meses después- el cerebro ya dispone de una cuarta parte de las neuronas que va a necesitar. El proceso determinante es durante los primeros dos años, pues será cuando estas primeras neuronas, sin conectar y no sujetas prácticamente a experiencias, deberán relacionarse y establecer las primeras redes neuronales (conexiones sinápticas) que definirán la actividad neuronal del cerebro. Como consecuencia se desarrollan la médula espinal y el tronco encefálico, zonas encargadas de permitir mover las piernas (patadas), de llorar (emitir sonidos), y de las necesidades fisiológicas básicas como dormir y comer. Una vez iniciada la actividad neuronal con las primeras conexiones sinápticas más básicas, las de supervivencia, se inician las relacionadas con los aprendizajes a partir de las experiencias (Matthew, 2017).

A partir de los dos años se realizan ya acciones intencionadas en las que trabajan conjuntamente el córtex cerebral y el sistema límbico, por lo que ya existe una conectividad funcional que establece una red entre pensamiento, habla, recuerdo y emoción o sentimiento. Este primer mapa neuronal sirve de base para todo el desarrollo posterior. La red neuronal, se irá modificando, creciendo o decreciendo a partir del uso,

especialmente cognitivo, pero también sensorial y motriz, al que están expuestas las conexiones preestablecidas. El cerebro elimina aquellos circuitos y redes que no usa. A más experiencias, mayor desarrollo de las funciones y de las conexiones sinápticas durante la maduración funcional del cerebro. Se considera que el cerebro alcanza la edad adulta en torno a los 30 años de vida (Mora, 2013a).

Kandel et al. (2001) explican la actividad neuronal a partir de la neurona. La neurona es la principal célula (eucariota) responsable de recibir, procesar y transmitir información desde y hacia todas las áreas y zonas del cerebro, aunque se cree que la mayor parte de estas reside en la corteza cerebral. Cada neurona que se desarrolla en el cerebro crece y se extiende mediante ramificaciones, como un árbol que, de las ramificaciones de otras neuronas, descubre la posibilidad de intercambiar información mediante unas células microscópicas de forma circular, científicamente conocidas como neurotransmisores, a través de la sinapsis (proceso químico ya mencionado y que puede observarse en la figura 3).



**Ilustración 2.** Imagen modificada de: Parts of a Multipolar Neuron. Anatomy and physiology. BC Open Textbooks

En el proceso de sinapsis, la célula presináptica, es decir la neurona que actúa como transmisora de la información, inicia la actividad mediante un impulso eléctrico seguido de cambios químicos que desencadenan en la liberación de unas biomoléculas conocidas como neurotransmisores que viajan hacia la célula postsináptica.

Este proceso permite generar las conexiones y el flujo de información que tiene como resultante la experiencia de aprendizaje, por ejemplo:

Martín-Loeches (2009) explica que la acción de observar una fruta comporta que: veamos el color, el tamaño, el brillo, el sabor, el olor... y es posible porque se activan varias zonas de la corteza, cada una sujeta a una o varias de las diferentes sensaciones percibidas que nos permiten unificar toda la información y sintetizar en que, observamos una manzana. Es posible gracias a la coordinación de las distintas partes del cerebro, por lo que no es tan importante el dónde se ubica la zona o región cerebral que tiene la información y capacidad (funcionalidad) que permite atender al estímulo y dar respuesta, sino que aquello que realmente importa es la capacidad de las neuronas para conectarse y, de toda la información necesaria, ejecutar una respuesta (Martín-Loeches, 2009).

Hay que añadir que, tal como explica Tristán-Noguero (2018), en la actividad neuronal que tiene lugar a diario, es habitual el intercambio de mensajes inhibitorios y excitadores que permiten además la regulación y el equilibrio tanto de los pensamientos como de las emociones. Estos procesos automatizados garantizan, en cierta manera, una estabilidad mental.

Cuando existen problemas, dificultades o enfermedades asociadas a las neuronas, el cerebro se bloquea y no es capaz de atender a un estímulo ni de dar una respuesta eficiente. De este suceso se derivan otras problemáticas cognitivas sobre las que aún poco se conoce, únicamente que provienen de la falta (en cuanto a cantidad y calidad) de algunas de las células que intervienen en los procesos de actividad sináptica: las neuronales y las gliales.

La comunicación entre las células gliales y las neuronas es esencial para el funcionamiento del cerebro (Hirbec, et al., 2021). Se explica porque cada célula neuronal aporta una información de extrema importancia, pues incorpora tanto el conocimiento, la capacidad o la estrategia para resolver la acción; como la base de identidad propia del individuo en la cual reside, es decir el núcleo de la célula donde se encuentra el ADN. A lo que algunos investigadores como Seung et al., (2019), describen como el conectoma humano. Aquello que Seung et al., (2019) denomina el sistema del conectoma humano es el cuerpo celular que nos define, pues, pone de manifiesto tanto la predisposición genética como las redes de actividad neuronal que hacen que seamos como somos. Se completa a partir de la información que cada célula neuronal aporta al cerebro. Es lo que nos hace diferentes los unos a los otros y nos permite, voluntariamente o no, cambiar.

En cambio, las gliales actúan como células colaboradoras del proceso de comunicación neuronal porque proporcionan mielina a los axones de las neuronas. Además, recientes artículos como el de Hirbec, et al. (2021), sugieren que las células gliales también pueden incidir en la regulación de la excitabilidad neuronal, el control de la microcirculación cerebral y la reconstitución de los contactos sinápticos.

Puesto que las conexiones varían en cada persona al largo del tiempo, establecer un mapeado definitivo de toda la actividad cerebral es imposible. Cada neurona evoluciona, se modifica y se adapta constantemente, lo que significa que puede generar o perder ramificaciones que a su vez le permiten cortar o iniciar nuevas conexiones y redes neuronales mediante los neurotransmisores. En este proceso es nuevamente importante el papel de la mielina que, ejerciendo una tarea de protección y de barrera para la neurona, también dota a la misma de más capacidad (en cuanto a velocidad y eficiencia) para la conexión sináptica (Nickel & Gu, 2018).

Del intercambio de estos transmisores químicos (neurotransmisores) se obtiene la información para inhibir o excitar la respuesta de un estímulo determinado, pues dependiendo del receptor, el mensaje se convertirá en una acción u otra. Existen aproximadamente cincuenta tipos diferentes de neurotransmisores, por lo tanto, diversas biomoléculas sujetas a una determinada función o significado (Gomes, 2005). No obstante, por la función, el uso diario y la relación con el presente trabajo, se mencionan únicamente los siguientes:

- Dopamina: sensación de placer, bienestar y relajación.
- Serotonina: función hormonal y reguladora relacionada con el estrés y el descanso.
- Noradrenalina: sujeta a la activación del sistema nervioso simpático y la atención.
- Glutamato: actúa como excitatorio del SNC y tiene implicación en el proceso de memoria.
- Ácido gamma aminobutírico (GABA): controlar la excitación innecesaria o exagerada.
- Acetilcolina: activa las neuronas motoras, estimula los músculos y favorece la memoria.

Cada uno de ellos aparecen y desaparecen en función del estímulo y de la respuesta que se requiere. Algunos estímulos se presentan en situaciones conscientes – nos referimos a acciones en las que estamos activos, y otros en momentos que no

ejecutamos de manera consciente los procesos cognitivos, pero que, sin duda, el cerebro sigue “en activo”.

En la actualidad se ha demostrado que existen circuitos de conectividad funcional operativos incluso cuando el cerebro no está aparentemente operativo, es decir, que no está respondiendo a una necesidad cognitiva o motriz que el entorno le sugiere. Se encuentra, por ejemplo, en estado de descanso, de sueño, de anestesia o incluso en coma. Esta evidencia científica, demostrada con el método de RMf-reposo, sugiere que la conectividad puede reflejar la sincronización de la activación neuronal en un amplio rango de frecuencias a través de conexiones neuroanatómicas directas (Kelly, 2014). La actividad cerebral espontánea demostrada por el método de escaneado permite dibujar redes o circuitos de conectividad funcional que permiten intuir con más acierto la organización del cerebro y las diferencias entre las redes que se forman dependiendo del estado de este.

Deco (2001) menciona que desde un punto de vista intelectual es tentador interpretar que el cerebro siempre permanece en alerta. El cerebro se transforma constantemente como consecuencia de la experiencia y del entorno. Metafóricamente, el estado de reposo es como un jugador de tenis esperando el servicio de su oponente: el jugador no está descansando en estático, sino más bien activo haciendo pequeños saltos a la derecha y a la izquierda, de modo que cuando la pelota se dirige a él a toda velocidad será capaz de reaccionar rápidamente.

De esta manera, un estado de reposo activo (oscilando entre estados multiestables) puede ser sensible a las señales externas que pueden desencadenar la activación de uno de los diferentes estados multiestables disponibles que permiten que el cerebro ejecute una reacción/respuesta. Casi nunca tenemos tiempo para considerar todos los pros y contras, por lo que la mayoría de las situaciones se resuelven con respuestas automáticas (O'Reilly et al., 2014).

Para Manes (2018), el cerebro evolutivamente ha desarrollado un sistema de toma de decisiones guiado por la emoción, por la experiencia previa y por la intuición. Por ello es capaz de identificar diferentes estados emocionales: relajación y nerviosismo; comodidad e incomodidad; felicidad y tristeza; alegría y miedo; entre otros. La información de la variabilidad de estados emocionales se almacena en el sistema límbico y permite crear una red de recuerdos. Una red que se extiende mediante las experiencias y que traza un mapa de conexiones cada vez más complejo que, es utilizado cada vez que se repite una situación y es modificado cada vez que se realiza

una acción nueva, para la que se requiere nuevamente de la comunicación sináptica.

Existen innumerables situaciones en las que el sistema nervioso en general, y la conectividad sináptica más en particular, requieren de la actividad y función de las diferentes neuronas y, por lo tanto, de la implicación de estas sustancias químicas que tienen el papel de transferir la información y la funcionalidad de neurona a neurona.

En el contexto y los objetivos propios de este trabajo que se presentarán más adelante, nos interesa conocer cómo algunos factores externos, como puede ser la práctica de actividad física, permiten provocar estos cambios (aumento y mayor segregación) en determinados neurotransmisores.

### **2.1.5 La salud mental**

Una mente sana es para el cerebro una vida saludable. Manes (2018) señala que quien no lleva una vida saludable, que no se preocupa por los alimentos, la higiene, la socialización, la condición física y las emociones no puede lograr un cerebro sano que funcione de manera eficiente y no se degenere excesivamente a lo largo de los años. Junto con el corazón, el cerebro es el órgano más decisivo de nuestra vida, por lo que también debe estar en forma. Todo lo que va bien para el corazón también hace mejor al cerebro.

Recientes investigaciones (Gómez-Pinilla, 2013; Neuffer, et al. 2015) avalan que es crucial para evitar –o retrasar- la demencia del cerebro, el desafío intelectual, es decir, mantener la mente activa haciendo algo que sugiera un reto, una motivación o un pasatiempo de carácter cognitivo. Estos desafíos, si se complementan con una vida social activa y con una dosis de ejercicio físico diaria, se pueden convertir en una medicina natural contra algunas enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer. Además, los estudios demuestran que las personas que deciden seguir este estilo de vida saludable y activa, y que tratan de satisfacer las necesidades biológicas del ser humano, viven más años y lo hacen más intensamente. Hillman, Erickson & Kramer (2008) demuestra que la actividad física diaria y la alimentación pueden ser los condicionantes para una vida sana. Tan importante es el estado físico como el mental y es la suma de los dos el equilibrio del bienestar. Esto se conoce desde hace muchos años, incluso se hacía referencia en la antigua Grecia. No obstante, es en la actualidad cuando, mediante evidencias científicas como las de Hillman et al., (2008), Gómez-Pinilla (2013); Neuffer, et al. (2015), Manes (2018), entre otras, se han podido

comprender las razones celulares y moleculares por las que determinados hábitos y estilos de vida, son beneficiaros para la salud.

En el presente estudio se destacan aquellas que fomentan un estilo la vida activa mediante prácticas deportivas y de actividad física y que reniegan de la actitud sedentaria tan extendida y normalizada a nivel social. La inactividad física es perjudicial para la salud humana, y la actividad física puede ser no solo un estilo de vida favorable, sino incluso una medida de prevención (no farmacológica) contra algunas de las enfermedades mencionadas (Neufer, et al. 2015).

## **2.2 Neuropsicología y educación**

A partir de los principios básicos de la Neurociencia Cognitiva descritos anteriormente, que sirven de cimientos, en este segundo apartado se presentan los conceptos de Neuropsicología y Educación como dos ámbitos de conocimiento que, en cierta manera, representan las paredes de carga de la estructura base del presente estudio.

Se trata de conocer qué puede aportar cada uno de ellos por separado, pero especialmente qué es aquello que tienen en común y permite que exista una relación tan estrecha que los hace, en este trabajo, indisociables.

Seghier et al., (2019) explica que en las últimas décadas existe una creciente investigación que se basa en comprender diversos aspectos del comportamiento humano a partir de la observación del cerebro. Esta evidencia, ya presentada en el apartado anterior, sugiere que algunas disciplinas no tan próximas al ámbito puramente neurológico, como es la pedagogía, empiezan a acercarse a fin de conocer algunos aspectos que permiten la mayor comprensión y, por consiguiente, el mayor conocimiento para la mejora de la propia disciplina.

Todo lo que aprendemos lo aprendemos con y a partir del cerebro, pues cada aprendizaje implica un conjunto de conexiones y procesos cognitivos que generan, repiten o consolidan un patrón de comportamiento. Determinar qué componentes del sistema cognitivo son los responsables de dicho comportamiento, así como de la funcionalidad de estos, incumbe al campo de la neuropsicología (ciencia en la cual convergen la neurología y la psicología); pero cuando dicho comportamiento, que es resultado de un proceso de aprendizaje, es ejecutado por un niño/a de seis años en un contexto escolar, concierne necesariamente también al ámbito educativo (Mora, 2013b).

En la actualidad, la comunicación entre neuropsicólogos y educadores es más operativa y eficiente, por lo que es lógico pensar que cada vez más, habrá una implicación más profunda por parte de ambas disciplinas para trazar puentes y establecer estrategias de aprendizaje en común que permitan tener un mayor impacto en las capacidades y rendimiento académicos durante la etapa escolar (Sans, Boix, Colomé, López-Sala & Sanguinetti, 2012).

Portellano (2005), indica que el especialista en neuropsicología es fundamental para realizar la evaluación de las funciones cognitivas de cualquier persona. Se realiza mediante un proceso que puede incorporar test y otras pruebas estandarizadas que determinan y evidencian el nivel o la aptitud cognitiva evaluada. Tradicionalmente este proceso de evaluación ha estado sujeto a pacientes clínicos diagnosticados con un trastorno o una patología específica del sistema nervioso central, no obstante, cada vez más, se utiliza la evaluación también en pacientes sanos, sin ninguna patología ni trastorno, únicamente con el objetivo de mejorar algunas funciones cognitivas (Kolb y Whishaw, 2009; 2015; Suades-González, López-Sala, Sunyer, et al. 2017).

Para Seghier et al., (2019), los grandes avances en esta disciplina permiten que el impacto sea, además de clínico, preventivo. Esto significa anticipar y mejorar algunas dificultades cognitivas o de aprendizaje de algunos pacientes o alumnos durante la primera etapa de desarrollo, lo cual es realmente un éxito y permite reducir el número de diagnósticos clínicos.

El presente trabajo, se centra en cómo, a partir de estos avances, pueden elaborarse y aplicarse unas intervenciones de carácter educativas, dirigidas a mejorar el funcionamiento de algunas funciones cognitivas y procesos de aprendizaje de un grupo de niños/as sin patologías ni dificultades específicas diagnosticadas. Para ello, se parte de las evidencias – en las próximas páginas se explican algunas de ellas –, sobre el funcionamiento cognitivo y sobre cómo se desarrollan las capacidades y los procesos de aprendizaje. No obstante, ninguna evidencia puede producir un cambio (o mejora) si no se lleva a cabo, es decir, si no se aplica en el contexto y momento idóneo (Seghier, et al., 2019).

De esta manera, la educación – entendida como proceso de aprendizaje formal proveniente de la disciplina científica de la pedagogía – se postula cada vez más como la posibilitadora de aplicación de determinadas evidencias provenientes de la neuropsicología y argumentadas desde la neurología o, en los términos más globales, des de la neurociencia cognitiva (Jolles & Jolles, 2021).

“...los estudios en neurociencia no pretenden, ni deben pretender en ningún caso, sustituir las tareas y las propuestas pedagógicas. La neurociencia nos dice cómo funciona el cerebro en cada caso y qué correlación tiene su funcionalidad con las diversas actividades mentales, y la pedagogía desarrolla estrategias educativas adaptadas a las diversas situaciones para sacar el máximo provecho del funcionamiento del cerebro, como ha hecho hasta ahora –pero ahora posiblemente con más datos, puesto que puede utilizar, y debería aprovechar, las que aporta la neurociencia”. (Bueno, 2017, p.34).

En el presente trabajo es de interés conocer cómo se crean, se desarrollan y maduran algunos procesos cognitivos, así como qué factores externos pueden incidir en estos, produciendo una mayor activación neuronal y una mejora del rendimiento de las tareas cognitivas de algunas capacidades cognitivas, como la atención (Posner y Rothbart, 2013); la memoria de trabajo y el funcionamiento ejecutivo (Diamond, 2012), que puedan estar directamente involucradas en los procesos de aprendizaje (El-Ansari et al., 2017; Thomas et al., 2019). Además, el reciente interés educativo en aproximarse a las evidencias sobre el desarrollo cognitivo permiten conocer la incidencia que la interacción con el entorno social, los factores emocionales y la motivación tienen con el proceso de aprendizaje (Somerville y Casey, 2010; Mills et al., 2014; Tomova, Adrews & Blakemore, 2021); y en definitiva, en cómo el conocimiento científico puede contribuir a la mejora de la tarea educativa (Petitto y Dunbar, 2009; Sousa, 2010; Sigman et al., 2014; Sharma, Goswami, et al., 2016; Thomas et al., 2019). Una perspectiva que científicamente recibe el nombre de aprendizaje basado en el cerebro o *brain-based learning* (Sigman et al., 2014; Khalil et al., 2019; Thomas et al., 2019; Dehaene, 2020).

### **2.2.1 Desarrollo neurocognitivo**

El desarrollo neurocognitivo se clasifica en periodos que representan diferentes etapas de maduración y de adquisición de las funciones cognitivas.

Por un lado, las etapas de maduración no responden a una única clasificación, pues cada vez más se conoce que por diferentes factores, algunos genéticos, sociales o propiamente cognitivos, los periodos de desarrollo pueden ser variables. No obstante, una de las clasificaciones que puede utilizarse y que tiene coherencia con el presente trabajo es la que presenta, por edades, Piaget (2000):

Del nacimiento a los 2 años: funciones básicas sujetas a las primeras percepciones sensoriales del entorno (tacto, gusto, oída y olfato) y a la realización de movimientos (levantar la cabeza, seguimiento visual, coger y mover objetos, etc.).

De los 2 a los 6 años: se multiplican las posibilidades (motrices y cognitivas) para la experimentación y el aprendizaje. Muchas de las estructuras y funciones cognitivas ya están desarrolladas y, pese a que es la etapa pre-operacional y está muy sujeta al “yo”, también se consolida la capacidad comunicativa que permite hacer preguntas a fin de entender y conocer el entorno. La mayor parte de los aprendizajes deben darse mediante el juego, el movimiento y la interacción directa con el entorno. Representaría la etapa preescolar.

De los 6 a los 12 años: los procesos de pensamiento empiezan a consolidarse y con ellos la capacidad de realizar operaciones lógicas, intuitivas y de razonamientos inductivos y, en ocasiones, deductivos. Todos ellos sujetos a tareas que requieren de atención y de concentración. Coincide con la etapa escolar.

De los 12 años hacia delante: se consolidan las funciones cognitivas de orden superior, como las funciones ejecutivas, que están sujetas a un pensamiento más abstracto, a un razonamiento hipotético-deductivo y a la capacidad de tomar conciencia de la propia conciencia. Parte esencial de esta conciencia de autoconocimiento es el descubrimiento del propio cuerpo (interno y externo) y del control emocional.

Por otro lado, la adquisición de las funciones cognitivas es también un proceso madurativo complejo. Un proceso gradual que permite al cerebro tener a disposición cada vez más “activos” que hacen más completa y eficiente la percepción, selección y resolución de la tarea o reto cognitivo de cada experiencia. Las experiencias se convierten en aprendizajes y permiten la adaptación continua en el entorno (Matthew & Christopher, 2017).

Tal como se ha mencionado en el apartado de neurociencia cognitiva, cada estructura cerebral madura a ritmos y en momentos diferentes (Kandel, 2001; Montgomery, et al., 2016). Por lo general maduran antes los procesos más básicos y de supervivencia primitiva, y más adelante se dan los procesos más complejos y de mayor requerimiento (o interconexión) cognitivo. Se produce una especie de orden prioritario de maduración, en el cual las regiones o estructuras del cerebro más primarias tienen mayor preferencia o autoridad para desarrollarse primero. Es una clasificación natural y del todo inerte al control (o juicio) humano, pues no reside en él la decisión o categorización del orden de desarrollo. No obstante, no es aleatoria, pues sí que responde a una cierta lógica: el

cerebro, cuyo máximo propósito es el de sobrevivir, dota de capacidad a aquellas funciones que primero se exponen a situaciones que requieren de una respuesta o interacción con el entorno.

Algunos ejemplos de capacidades y/o patrones de acción, evidenciados por la literatura en diferentes décadas por investigadores como Zaporozhets (1980), Maren y Baudry (1995) o Miguel et al. (2019), y que más impacto tienen al largo de la vida son: comer, dormir, defecar, comunicar, observar, recordar, tocar, coger, experimentar, mover y controlar el cuerpo (músculos y extremidades), hablar, evocar y generar aprendizajes. Todas ellas son esenciales porque permiten, por ejemplo, recordar una experiencia y realizar nuevamente una respuesta o acción; ejercer un movimiento como el de pinza para coger con fuerza y precisión un lápiz; o concentrarse en realizar una tarea que requiera de atención, paciencia y autocontrol.

Estos procesos cognitivos, que tienen una relación directa con el aprendizaje y son esenciales durante los primeros años de vida, son el resultado de un complejo proceso de maduración cerebral. Luego, una estructura inmadura no está en disposición de ejecutar con eficiencia su propia función (Jolles & Jolles, 2021). Un ejemplo contextualizado en el ámbito escolar es el que menciona Bueno (2017), cuando explica que no tenemos capacidad de recuperar un recuerdo que sea anterior a los tres años de edad, aproximadamente. Este suceso se debe a que no es hasta esa edad – entre los tres y los cuatro años – que, mediante el proceso de mielinización, madura la estructura del hipocampo, que es la responsable de activar los procesos cognitivos necesarios para recuperar y evocar un recuerdo o un aprendizaje.

### **2.2.2 Las principales funciones cognitivas**

En las siguientes líneas, se describe brevemente el desarrollo y la maduración de algunas funciones cognitivas y sensoriomotoras que sirven de base (preparación) para los aprendizajes en la edad escolar (6 a 12 años).

- **Sensorial y praxias motora**

Es una de las funciones cognitivas básicas que se empiezan a desarrollar en la estructura cerebral desde incluso antes del nacimiento. Se encuentra ubicada en el lóbulo parietal y en la corteza sensorial y motora, aunque, como todas las funciones cognitivas, depende de la interconexión de múltiples redes neuronales para la precisa ejecución tanto de la percepción como de la respuesta/acción a realizar (Fodor, 1983; Iacoboni y Rizzolatti, 2001; Rosenzweig, 2002).

- ***Visio perceptivas, visioespaciales y visioconstructivas***

Las funciones visio perceptivas permiten conocer e identificar algunas de las características de los objetos o materiales, como la forma, color, tamaño, contraste, orientación o movimiento de estos dentro de un contexto (espacio-tiempo) cercano, lo que permite una mejor orientación y adaptación y/o comprensión con el mundo.

Para Ortega et al. (2014), a estas se añaden las visioespaciales, que permiten no solo identificar la forma y las características de los objetos o materiales (como podría ser un balón de básquet), sino que permiten tener la capacidad de girar y mover dicho objeto o material mentalmente, de manera que es posible imaginar e incluso calcular, la trayectoria y la velocidad de, por ejemplo, el balón de básquet.

Las visioconstructivas, además, permiten generar una capacidad de organización y planificación (a modo de estrategia) a partir de dicha base perceptiva (visual, auditiva y espacial). Esta última se relaciona con los procesos de diseño y elaboración de comunicación gráfica mediante el dominio de las coordenadas y de las relaciones espaciales (Rosselli, 2015).

En definitiva, son habilidades que, además del dominio motor, requieren de la capacidad de interpretación y dominio del espacio-tiempo que presenta un contexto determinado. La ausencia o el poco dominio de estas funciones finalizada la primera etapa de la infancia es, en muchas ocasiones, una gran limitación para la codificación y consolidación de los aprendizajes (Sans, Boix, Colomé, López-Sala & Sanguinetti, 2012).

- ***Atencional y de memoria***

Tanto para Rubenstein (1982) como para Thomas et al. (2019), la atención y la memoria son también dos de las principales funciones cognitivas básicas que, aun ser realmente complejas, se desarrollan desde los primeros años de vida. La atención tiene como principal motor de activación, la estructura del lóbulo frontal. Dado que la estructura frontal es una de las que más tarda en madurar, la atención es una capacidad que, aun iniciarse temprano, se consolida al largo del tiempo, especialmente durante la etapa preescolar y escolar (de los 3 a los 12 años). De manera parecida, la memoria, es una capacidad que aparece a partir de las primeras experiencias que aportan una información de gran valor, como es la de comunicar – mediante un llanto – la necesidad

de comer y recordar que, justo después de dicha acción, “aparece” la demanda solicitada. Un proceso similar a la teoría del estudio Pávlov (1973), en el cual se comprueba que el sujeto experimental, en este caso el perro, establece una relación entre el sonido de la campana que realiza el investigador y el plato de comida que viene a continuación. En ambos ejemplos, el del niño que llora y el del perro, se establece una asociación entre un estímulo auditivo – en el caso del niño creado por el propio llanto y en el caso del perro por el sonido de la campana – y la comida.

Dicha asociación tiene una relación directa con el proceso de memoria, pues tanto el perro como el niño, no necesitan ver “la comida” para saber (anticipar) que después del estímulo auditivo aparecerá. Se explica a través del análisis del comportamiento y de la teoría del conductismo presentada por Watson, Pavlov, Skinner & Bandura (1947) y actualizada por Pellón (2013).

La memoria es una capacidad que está enormemente repartida por las diferentes estructuras cerebrales (lóbulo temporal, sistema límbico, lóbulo parietal, prefrontal, cerebelo, etc.), pues en cierta manera recoge información cualitativa de diversas zonas (cada una con una funcionalidad diferente) y la pone a disposición para su consiguiente aplicación.

- ***Comunicativa y lingüística***

Se trata de una capacidad que, entre otros aspectos, diferencia al ser humano como especie inteligente – o cognitivamente superior – al resto. Es una capacidad elemental para la vida, pues, la comunicación, ya sea verbal, escrita, mediante signos o incluso de expresión musical, corporal y plástica, permite transferir un mensaje con el propósito de ser traspasar una información de un sujeto a otro (Manes, 2015). Es también una capacidad vinculada directamente – dependiendo del estilo comunicativo – a varias estructuras cerebrales (área de Broca, área de Wernicke, córtex motor primario, córtex auditivo primario, etc.).

- ***Emocional y personal***

La capacidad de sentir, de entender la mente del otro y de poder pensar en comunidad, en alguien más que en uno mismo, es una de las capacidades que hace a las personas, un ser social y racional por naturaleza (Ibañez & Manes, et al., 2018). Diversos factores del entorno influyen en la capacidad de percepción, comprensión e interpretación que cada persona -de manera personal- desarrolla de las diferentes experiencias a las que, desde incluso antes del nacimiento, se expone.

Esta capacidad está especialmente controlada por la estructura del sistema límbico, ubicado en el lóbulo temporal y el cual, mediante la subestructura de la amígdala, activa y, en cierta manera monitoriza, los procesos emocionales a través del trabajo asíncrono del hipotálamo, el hipocampo (entre otras subestructuras del sistema límbico) y otras zonas del cerebro, como las regiones frontales y prefrontales. Estas estructuras son las responsables de poner nombre a las emociones.

- ***Funciones Ejecutivas***

Se trata de un conjunto de capacidades (o habilidades mentales complejas) de orden superior ubicadas principalmente en la estructura del córtex prefrontal. No obstante, de igual manera que las otras capacidades, requieren de la colaboración de otras regiones y estructuras cerebrales para desarrollarse de manera eficiente. Tienen un papel determinante en la realización de cualquier actividad cognitiva para la que sea necesaria una planificación, organización, revisión o evaluación, entre otras acciones que, de manera diaria, el cerebro debe realizar a fin de adaptarse al entorno y conseguir nuevas metas (Müller, & Kerns, 2015).

### ***2.2.3 Las principales habilidades académicas***

A continuación, siguiendo la línea que marca las funciones cognitivas que son necesarias para consolidar y/o servir de base, de los aprendizajes, se concretan algunas habilidades de carácter académico que tienen una relación directa con los aprendizajes que deberían darse durante la etapa escolar.

- ***Lectura***

Se trata de una habilidad que debe adquirirse de manera gradual y que atiende a diferentes fases y procesos, desde la comprensión del lenguaje oral al escrito; pasando por la consciencia fonológica y por el descubrimiento de las grafías y símbolos que representan el lenguaje escrito. El infante adquiere el proceso de lectoescritura (conciencia silábica, alfabética y fonológica) de manera gradual y progresiva al propio grado o nivel madurativo de cada infante (Sánchez & Escudero, 2017). La consolidación de este proceso sirve de base de muchos otros aprendizajes (Ortiz-Salazar, 2019).

- **Cálculo**

Propiamente se refiere a la habilidad de calcular mentalmente, es decir, de resolver una operación matemática sin la ayuda de una herramienta externa, como podría ser la calculadora o incluso los propios dedos. No obstante, el dominio o la consolidación de la habilidad del cálculo, también tiene muchos matices y se adquiere, en realidad, en diferentes grados que tienen relación con la maduración y con las estrategias cognitivas de cada individuo (Butterworth, 2005; Guzmán, 2006). Dicha habilidad es elemental, tal como sugieren Bueno & Forés (2021) para resolver de forma rápida y eficaz alguna de las situaciones diarias (de la vida), como puede ser calcular un precio final de una compra; anticipar un presupuesto; verificar el cambio devuelto; calcular un porcentaje de descuento; la ponderación de una nota académica; etc.

- **Razonamiento y comprensión**

Son habilidades que requieren de una concentración y de un nivel de exigencia cognitiva no presente durante los primeros años de vida, pues es necesaria una preparación previa del cerebro y de las capacidades y funciones de menor exigencia cognitiva, pero que, son elementales en el proceso de adquisición y consolidación de los aprendizajes (Ibarrola, 2014). De hecho, en la actualidad, se ha podido demostrar que aquellos retos o experiencias que se consolidan en las redes de memoria y que forman los aprendizajes, son aquellos que están codificados desde el propio razonamiento y la comprensión de dicha experiencia (Ruiz, 2020). Por ejemplo, aprender un conjunto de conceptos sobre la necesidad de mantener unos hábitos saludables desde el razonamiento y la comprensión de cada uno de los conceptos, es muy diferente a tratar de aprender estos conceptos desde la mera memorización de la definición de hábitos saludables (Ruiz, 2020).

#### **2.2.4 Los procesos de aprendizaje en edad escolar**

Los conocimientos sobre los factores que afectan el funcionamiento óptimo del cerebro pueden ayudar a formular respuestas a preguntas importantes: ¿cómo aprende el cerebro de los errores y cuál es el papel de la sorpresa? (Mora, 2017); ¿qué factores externos determinan la eficiencia del procesamiento de la información? O ¿cómo se desarrolla y madura el cerebro durante el período de la primera infancia? (Bueno, 2017); y ¿cuáles son las condiciones óptimas para el aprendizaje? Y ¿cómo influyen los educadores (maestros, padres) en ese proceso? (Ruiz, 2020).

Estas cuestiones sobre el cerebro son relevantes para todos los educadores, por lo que conocer las bases del aprendizaje, o de la Neurociencia Cognitiva, que es el término científico que engloba el enfoque neuropsicológico y el educativo, es por lo tanto el reto en común que estas dos disciplinas asumen.

Un reto que, aun abordándose desde dos perspectivas aparentemente muy alejadas, tienen un componente cohesionador y relevante para el objeto de estudio de la presente investigación: comprender cómo se produce el aprendizaje en niños de 6 y 7 años.

- **Cerebro y aprendizaje**

El propósito para muchos investigadores (Ibarrola, 2014; Ruiz, 2020) y docentes (Bueno & Forés, 2021), es ser capaz de responder a la pregunta ¿cómo se produce el aprendizaje?, por lo que se trata de concretar algunas inquietudes planteadas desde la perspectiva científica: ¿Cómo genera, almacena y recupera, el conocimiento el sistema nervioso?; ¿Qué conjunto de procesos cognitivos lo inducen?; ¿En cuál estructura (o conjunto) se encuentra?; ¿Cuántos miles de conexiones neuronales se requieren? etc.

El cerebro es el motor del aprendizaje y es a partir de la experiencia con el entorno - previa exigencia y necesidad de adaptarse a el- cuando se producen los mecanismos, las conexiones y los procesos cognitivos que generan los aprendizajes (Kolb y Whishaw, 2015; Kalat, et al., 2018; Dehaene, 2020). Dentro de esta evidencia es importante concretar que, durante la infancia, por el comportamiento natural de los niños, aparecen y desaparecen innumerables conexiones y estructuras sinápticas como consecuencia de la constante exploración de estos en el entorno, con las propias demandas ambientales que este incluye. La gran curiosidad y exposición de los niños desde pequeños permite impulsar el desarrollo y la estructura cognitiva (Jolles et al., 2016).

Cada vez que se aprende una palabra nueva, o un nuevo rostro, se produce una nueva conexión entre células, lo que indica un cambio en el cerebro (Bueno, 2017). Estas conexiones son cada vez más amplias y extensas, pero no todas ellas se consolidan ni se mantienen rígidas en el tiempo, pues un proceso que se da justamente pasada la etapa de la infancia es el de la poda sináptica, en el, aquellas sinapsis y conexiones que son innecesarias e ineficientes son eliminadas mediante un proceso de selección natural, como si de una muerte celular programada (apoptosis) se tratase (Paolicelli, et al. 2011). Además, este proceso, es esencial para la posterior eficiencia cognitiva del cerebro para nuevas conexiones y adquisición de aprendizajes (Bueno, 2017).

Este mismo proceso se repite numerosas veces durante toda la vida, por lo que la plasticidad sináptica no aparece únicamente durante la infancia, sino en cualquier momento y durante toda la vida (Cheng, & Mattson 2010; Nickel & Gu, 2018).

A modo de ejemplo sirve la investigación realizada por Maguire et al. (2006), que demuestra que los taxistas de Londres, quienes deben recordar unas 25.000 rutas, muestran un mayor volumen de una parte del hipocampo -estructura que en este caso es primordial para el aprendizaje espacial de las rutas y las calles de la ciudad- en comparación al de otros conductores no profesionales. Desde la predisposición genética podríamos pensar que, en realidad, son las personas con mayor capacidad, en cuanto a volumen y función del hipocampo, las que deciden o pueden trabajar de taxistas, en comparación a las que no, pero el estudio demuestra además que, aquellos taxistas con más recorrido, es decir, con más años de profesión, son las que han aumentado la capacidad de esta pequeña estructura cerebral. Este suceso se explica gracias a nuevas conexiones entre neuronas, que forman nuevas redes y que responden a la necesidad del cerebro de resolver un reto que se le presenta, como puede ser salir a la calle y conducir por nuevos recorridos.

No obstante, no es posible que se den de manera eficiente y significativa estos procesos de aprendizaje si el cerebro no funciona de manera óptima: Un estudiante que manifieste fatiga o falta de sueño, bajo nivel de energía, mala alimentación, problemas metabólicos, estrés, problema afectivos y emocionales importantes u otros factores contextuales similares, no será capaz de aprender (Jolles et al., 2016; Bueno, 2017). Sucede porque el cerebro es sensible a la exposición de estas interferencias que afectan a la concentración, la motivación, el interés y la capacidad (óptimo funcionamiento) de las funciones cognitivas elementales para el proceso de aprendizaje (Colomé, Sans, Lopez-Sala, & Boix, 2009; van Batenburg-Eddes y Jolles, 2013; Bratman, et al., 2015; Gardener & Rainey-Smith, 2018; Glick & Sharman et al., 2020).

Por ello, desde la perspectiva educativa hace décadas que investigadores como, Vygotski, 1984; Coll, 1988; Monereo, 1990; Ardila, Rosselli & Villaseñor, 2005; Sousa, 2014; y Bueno & Forés, 2021, entre otros, tratan de dar respuesta a algunas de las preguntas sobre el proceso de aprendizaje, un ejemplo son las siguientes:

¿Cómo es más eficiente presentar un aprendizaje para que sea aprendido?; ¿Qué acción pedagógica o estrategias metodológicas son necesarias para generar el conocimiento, la consolidación y la posterior aplicación (recuperación) en un contexto idéntico, similar o diferente?; ¿Qué otras actividades (o prácticas) pueden ayudar a

mejorar las capacidades esenciales para el aprendizaje, como podrían ser la atención, la memoria o el cálculo?

A lo largo de los años han aparecido y desaparecido diferentes corrientes pedagógicas cuyo propósito es el de aportar una línea, un método, que sea más eficiente y provoque mayor aprendizaje (conocimiento) en los alumnos practicantes. Brasó (2017) analiza en profundidad la base pedagógica histórica de Catalunya en su época de mayor esplendor, finales del S-XIX e inicios del S-XX, en el movimiento conocido como Revolución (renovación) Pedagógica de la Escuela Nueva, concretamente de la mano de pedagogos como Rosa Sensat, Manuel Ainaud, Artur Martorell, Enric Gibert y Pere Vergés. Todos ellos, juntamente con otros de influencia europea como Dewey (1916) y Ferrière (1927), asientan las bases de un método pedagógico que otorga mayor importancia a las capacidades y habilidades sociales por encima de las académicas; que propone exponer al alumnado a situaciones de experimentación práctica más que de transmisión teórica de conocimientos; de reflexión, autoconocimiento y debate en contra de dictados, lecturas y copias en silencio; y de contacto con el entorno y las situaciones de la vida real muy por encima de lecciones técnicas no contextualizadas y del aprendizaje memorístico.

Estos componentes, tal como lo fueron en el paso, son ahora determinantes para comprender que la innovación pedagógica – aquella que sitúa al alumno como centro del aprendizaje (Ausubel, 1976) – vuelve a tomar fuerza en pleno S-XXI, cuando se habla de la neurociencia educativa (Bueno, 2017, Seghier, et al., 2019; Brasó & Díaz, 2021).

Algunos investigadores de carácter educativo como Ruiz (2020), Bueno (2017) y Mora (2013b, 2017), entre otros, han actualizado estos componentes, ya anticipados por pedagogos del pasado, detallando qué elementos de cada uno de ellos dotan de mayor significatividad a la situación o reto de aprendizaje. El cerebro no considera importante un aprendizaje que no provoca un reto; que no despierta curiosidad; que no está contextualizado en alguna situación vivida y, por encima de todo, no aprende sin emoción (Mora, 2017).

En este caso también es preciso mencionar algunas de las recientes investigaciones que relacionan las funciones ejecutivas con la potencialidad de los aprendizajes, pues estas actúan para el cerebro como un conjunto de procesos cognitivos y sensoriales responsables del procesamiento, la codificación y la recuperación de la información (Diamond, 2012); además, se dan unos subprocesos como la inhibición, la memoria de

trabajo y la flexibilidad cognitiva que permiten regular la capacidad de atención y memoria, por lo que desempeñan un papel primordial para que se produzcan y se consoliden los aprendizajes. Especialmente durante la etapa escolar es importante que el cerebro del infante esté expuesto a este tipo de retos cognitivos porque le permiten generar los esquemas de pensamiento complejo que le han de impulsar a adquirir las capacidades y habilidades necesarias.

Varios autores como Thompson (2007), Bull et al. (2008), o Jolles & Jolles (2021), entre otros, coinciden en que los educadores deben conocer de la existencia de estas funciones cognitivas, y, tanto las características como la incidencia que tienen en los procesos de aprendizaje, a fin de hallar métodos para el entrenamiento, la mejora y el desarrollo de éstas dentro del contexto escolar.

El paradigma que la actualidad científica presenta a la educación confirma que algunas prácticas e intervenciones tienen impacto en la mejora de algunos procesos cognitivos básicos para el aprendizaje.

Para las funciones ejecutivas se han realizado diversos estudios, los que son de interés para el presente trabajo son los que sugieren que la actividad física puede influir en la mejora de las funciones ejecutivas (Tomporowski et al., 2008; Davis & Cooper, 2011; Diamond, 2012; Chaddock, Erickson, et al., 2013; Pesce, et al., 2016).

Otras evidencias se centran concretamente en cómo la atención, el afecto, la memoria, la toma de decisiones, el autocontrol, el procesamiento de números, el cálculo y la resolución de problemas puede entrenarse y mejorarse dentro del aula y en cómo esto produce mejoras significativas en los aprendizajes y el rendimiento académico (Peelen y Kastner, 2014; Pessoa & McMenamin, 2017; Nieder, 2019, etc.).

Algunas de estas prácticas coinciden precisamente con aquellos factores contextuales que se han presentado anteriormente como posibles barreras o bloqueos para el aprendizaje, que, sin embargo, también pueden actuar en positivo, como propulsores. Se trata de la mejora del sueño, el tiempo de descanso (Sharman & Illingworth, 2020); las intervenciones nutricionales (van der Wurff et al., 2019); el impacto del movimiento y la actividad física (Hillman, et al., 2014; Sigman et al., 2014; Heppe et al., 2016; Reigal et al., 2020), el mindfulness (Felver et al., 2016); el aprendizaje de un instrumento musical (Moreno et al., 2015; Benz et al., 2016); o practicar un segundo idioma (Friederici & Wartenburger, 2010), entre otros. Se trata de factores contextuales que convergen con la naturaleza del cerebro para aprender. Estos factores permiten incidir en estimular la activación de las redes neuronales; en optimizar el procesamiento de la

información; en canalizar los procesos atencionales, de concentración y de motivación. Por lo que, en definitiva, permiten mejorar el rendimiento académico (Immordino-Yang y Gotlieb, 2017; Thomas et al., 2019).

Para abordar el planteamiento de esta disyuntiva entre ciencia y educación, en los últimos años se han trazado puentes que han podido romper la barrera invisible, pero existente, entre la neurociencia y la pedagogía. Esta acción hace llegar a los y las docentes el conocimiento científico sobre el cerebro y el aprendizaje a fin de poder ser, éste, aplicado en el contexto escolar (Mora, 2013b, 2017; Bueno, 2017, 2019; y Ruiz, 2020).

## 2.3 Actividad física y Cognición

*“Methinks that the moment my legs begin to move, my thoughts begin to flow”*

*Henry, D. (Thoreau’s Journal’ August 19, 1851).*

A fin de concretar la relación que desde las primeras páginas se intenta demostrar entre la práctica de actividad física y los procesos y funcionamiento cognitivos, en el presente apartado se realiza una revisión de los principales artículos científicos de referencia.

A partir de la revisión bibliográfica de los principales estudios de intervención publicados durante la última década, se describe y se expone el estado actual del tema de estudio: actividad física y cognición.

### 2.3.1 Estado actual del tema

La actualidad científica respecto al tema de investigación del presente trabajo muestra que existe una relación entre la práctica de actividad física y los procesos cognitivos. En realidad, durante las últimas dos décadas, aunque especialmente durante la última e incluso con mayor porcentaje durante los últimos cinco años (aspecto que muestra un interés creciente), se han publicado múltiples artículos que pretenden demostrar esta relación.

La revisión de estos artículos está acotada a unos criterios específicos (se explican en el siguiente apartado), que permiten conocer la incidencia que la AF tiene sobre la mejora de los procesos cognitivos y el rendimiento académico. Para conocer el estado actual del tema, en un primer nivel de análisis, se incluyen los nueve principales (recientes y de impacto) trabajos de revisión del estado actual del tema. Estos son los de Donnelly, Hillman, et al. (2017); Álvarez-Bueno, Pesce, et al. (2017); Watson, et al. (2017); Daly-Smith, et al. (2018); de Greeff et al. (2018); Singh, et al. (2019); Sember, et al. (2020); De Bruijn, et al. (2020); Martínez-López, et al. (2021).

Muchos de estos trabajos tienen como precedentes las investigaciones, por entonces de gran impacto y pioneras, de Hillman et al., (2008), Tomporowski et al., (2008), van Praag, (2008), Sibley y Etnier, (2003), Kleim, et al. (2002), Kramer, et al. (1999), Sallis et al. (1997), Etnier et al., (1997) Shephard et al., (1984), Dwyer et al. (1983), Ismail (1976), entre otros, que coinciden en la idea elemental que la AF se asocia con la cognición y con la salud, estructura y funcionalidad cerebral, pudiendo provocar, en

contextos específicos y mediante aplicaciones concretas, un impacto en la mejora del rendimiento académico en edad escolar (de 6 a 16 años).

Determinar si la actividad física tiene incidencia en la mejora de los procesos, las capacidades cognitivas y el rendimiento académico en edad escolar es, precisamente, el objetivo de estudio que la presente tesis doctoral trata de resolver. Para ello, a continuación, se realiza dicha revisión sobre el estado actual y de la última década del tema de estudio: actividad física y cognición.

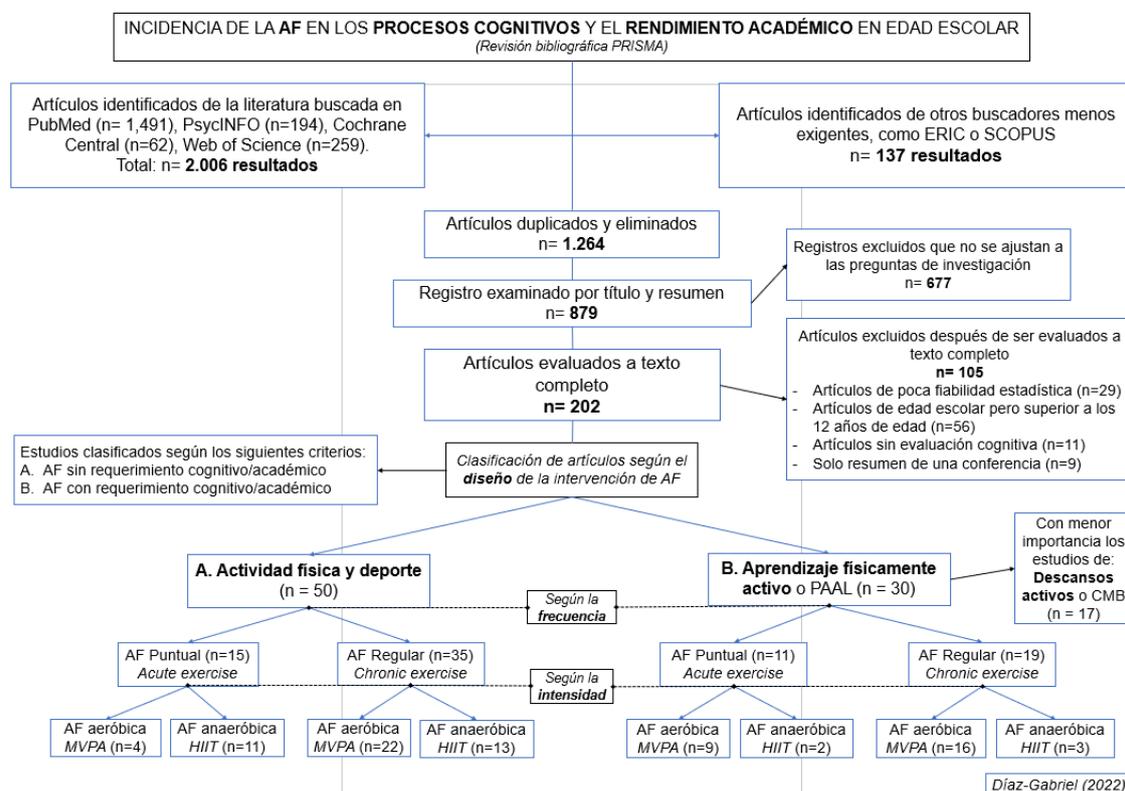
### ***Revisión de la literatura de artículos de impacto de la última década***

El creciente interés y el aumento de las evidencias científicas que relacionan la práctica de actividad física con la mejora de algunas funciones y capacidades cognitivas, permiten demostrar que, concretamente durante la edad escolar, esta mejora incide también en el rendimiento académico. Con el objetivo de recopilar las principales investigaciones que demuestran esta afirmación y que sirven al presente trabajo como punto de partida para estructurar y elaborar las hipótesis de investigación y los objetivos del estudio – a fin de determinar las intervenciones y el análisis más oportuno – se realiza una revisión bibliográfica de la última década en relación con el tema de investigación. El objetivo de dicha revisión es conocer con detalle el estado actual del tema de estudio.

El diseño utilizado para esta revisión, aun sin ser una revisión sistemática, sigue las orientaciones del método PRISMA (Tricco et al. 2018). Se atiende a la consistencia científica de cada artículo que se incluye en la misma y se siguen los siguientes criterios de selección para los artículos:

- 1) Fuente de datos: únicamente se incluyen los trabajos publicados entre 2010 y 2020 (aunque en ocasiones se hacer referencia a estudios que los preceden), y que aparecen en la base de datos de PubMed, PsycINFO, Cochrane Central, Web of Science, y adicionalmente ERIC.
- 2) Panel de expertos: únicamente las aportaciones teóricas de los investigadores de referencia en el ámbito neurocientífico, de AF y de aprendizaje académico
- 3) Tipología de estudio y de análisis: únicamente estudios de intervención de AF en niños con al menos una evaluación cognitiva y/o de rendimiento académico.

Para evitar posibles interferencias, se excluyen los estudios que se centran en una muestra clínica, por ejemplo, niños con sobrepeso/obesidad o trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH). Las palabras clave utilizadas son: *physical activity; physically active learning; classroom movement breaks; cognition; academic performance; intervention.*



**Ilustración 3.** PRISMA flow chart illustrating study inclusions. AP, academic performance; CB, classroom behaviour; cognitive function; classroom movement break; physically active learning (Tricco, 2018).

El resultado de la revisión bibliográfica concluye que 50 de 97 (51,5%) artículos evaluaron la relación entre AF y mejora cognitiva; 30 de 97 (31%) los efectos que las intervenciones a partir de programas de AF enriquecida o de Aprendizaje físicamente activo tienen sobre el rendimiento académico; y 17 de 97 (17,5%) sobre los programas de pausas o descansos activos.

Además, se concreta que, en 67 de los 97 (69,07%) la AF permitía mejorar alguna función cognitiva; 17 de los 67 (25,37%), sobre las capacidades relacionadas con los procesos atencionales; 11 de los 67 (16,41%) sobre los procesos de memoria; y 39 de los 67 (58,20%) sobre el rendimiento académico.

La conclusión de esta revisión es que, pese a que se han realizado muchas investigaciones sobre los efectos de las intervenciones de actividad física en el

rendimiento académico general y cognitivo de los niños, no existen en la actualidad, evidencias del todo concluyentes. No obstante, parece haber una gran relación entre la práctica de AF y la mejora de los procesos atencionales, de memoria y del rendimiento del cálculo matemático. Variables sobre las que, por lo tanto, sería preciso explorar, analizar, intervenir y evaluar.

A partir de la revisión y de la interpretación de los principales estudios que han desarrollado una intervención experimental, cabe destacar, por la calidad metodológica y los resultados favorables con el objetivo de investigación, los artículos de: Donnelly et al. (2009); Reed et al. (2010); Bartholomew and Jowers (2011); Mullender-Wijnsma (2015); De Greeff et al (2016); Donnelly et al. (2017); Mavilidi et al. (2018); Beck et al. (2016); Riley et al. (2016); Bartholomew et al. (2018); Ahamed et al. (2007); Howie et al. (2014); Verjans-Janssen et al. (2018); Ma et al. (2014); Fedewa et al. (2015); Schmidt et al. (2016); Van den Berg et al. (2016); Kvalo et al. (2017); Van den Berg et al. (2019); Resaland et al. (2016); Aadland et al. (2017); Howie et al. (2015); Mead et al. (2016).

En el siguiente apartado se concretan los cambios biológicos, metabólicos e incluso celulares que la ciencia ha podido demostrar que la AF produce en la cognición.

### ***2.3.2 Incidencia de la AF en los procesos y las capacidades cognitivas***

Aunque pueda parecer difícil de creer, Gómez-Pinilla (2013) explica que el cerebro tiene una gran capacidad para modificar su estructura e incluso algunas de sus funciones. No obstante, dicho cambio está siempre condicionado por factores externos, del entorno y de la experiencia. Desde los inicios del ser humano, la actividad física ha sido uno de estos factores externos, de hecho, fue y es determinante en la creación, modulación y funcionalidad del cerebro. Sobre esta idea se profundiza más en el apartado Neuropsicología y desarrollo evolutivo de la actividad física, no obstante, es preciso anticipar que la AF ha sido el eje central de la estructura y fisiología humana que hoy en día conocemos: un cerebro creado a partir del movimiento y la interacción con los otros (Manes, 2018).

Para Gómez-Pinilla (2013), la AF sirve, en cierta manera, de entrenamiento para la adquisición de habilidades y capacidades básicas como la de mantenerse erguido, desplazarse de múltiples maneras, a diferentes velocidades y mediante una coordinación eficiente que, juntamente con otras capacidades motoras como la fuerza,

la resistencia y la flexibilidad, han permitido, a lo largo de los años, una supervivencia exitosa. Estar en forma es, para el cerebro, tan o más importante que para el cuerpo, por lo que conseguir que los niños y niñas que están en período de desarrollo tengan una salud física (hábitos de vida saludable) y mental (bienestar emocional) sería el punto de partida en el que se enmarca el presente trabajo.

Proponer un estilo de vida activo (no sedentario y de aproximadamente una hora al día de actividad o ejercicio físico moderado), acompañado de una buena alimentación y del descanso adecuado, desde bien pequeños, aporta grandes beneficios, entre los que cabe destacar el aumento de la capacidad cardiorrespiratoria, motora y muscular, que se concretan en una mejor aptitud aeróbica (Hillman, et al., 2008). Esto es de vital importancia durante las principales etapas de desarrollo mental y motriz, es decir, de los 2 a los 12 años (Donnelly, et al., 2016), pero también durante edades más avanzadas, pues, tanto el sedentarismo como la obesidad se correlacionan con un aumento del envejecimiento acelerado del cerebro, debido a la falta de materia blanca (Ronan, 2016); lo que conlleva a una mayor probabilidad de padecer enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer, el Parkinson o la demencia en general (Haslacher, et al. 2015). En cambio, una vida activa permite, en edad adulta, retrasar el deterioro cognitivo (efecto contrario al del envejecimiento acelerado) y producir cambios a nivel estructural que permiten un mayor control y flexibilidad cognitiva para pensar y recordar con más eficacia y eficiencia (Etnier et al., 1997; Kramer et al., 1999; Hillman, et al. 2008; Tomporowski & Pesce, et al., 2015).

De hecho, los estudios apuntan a que realizar actividad física es una intervención prometedora para mejorar la salud cognitiva y cerebral durante la infancia y a lo largo de la vida (Hillman et al., 2014; Donnelly et al., 2016; Kramer y Colcombe, 2018; Chaddock-Heyman et al., 2020). En particular, la participación en la actividad física y los niveles más altos de aptitud aeróbica se relacionan positivamente con la función cognitiva, el rendimiento escolar y la salud del cerebro en los niños y preadolescentes (Chaddock-Heyman et al., 2013).

Se debe a que – y este es el primer indicio – la práctica de una actividad física aeróbica (ejercicio motriz desarrollado a una intensidad moderada) se relaciona con el aumento de hormonas del grupo de las catecolaminas, algunas de las más conocidas son la adrenalina, la noradrenalina y la dopamina (McMorris, et al., 2016); el aumento de estas produce también una mayor producción de materia gris y de sustancia blanca (Erickson, 2011); que sirve de protección de algunas estructuras cerebrales como el hipocampo, la amígdala y el locus coeruleus (Chaddock-Heyman et al., 2013). La AF actúa, en cierta

manera, como una píldora o pastilla predictiva. Para Gómez-Pinilla (2013), se trata de la *píldora del deporte*, puesto que una sola sesión de actividad física aeróbica (de intensidad moderada) o bien anaeróbica (de intensidad alta), produce una mejora en la expresión de algunas neurotrofinas, o factores neurotróficos, que actúan como proteínas del sistema nervioso. Estas son determinantes para la vida y la actividad neuronal (Fernandes, 2017).

Ante esta creciente evidencia científica, la AF parece estar destinada a resolver (o tratar de prevenir) algunos de los problemas de carácter cognitivo que cada vez más, se normalizan entre la sociedad. Con el propósito de mejorar la calidad de vida, la presente tesis revisa las recientes investigaciones que permiten justificar la importancia de la AF, no solo por las aptitudes y capacidades físicas, sino por la incidencia que, de manera directa e inconsciente, tiene sobre la capacidad y los procesos cognitivos (Manes, 2018).

Se han propuesto diferentes hipótesis para explicar los efectos que la AF tiene sobre la función cognitiva. Seguramente, el punto de partida proviene de Etnier et al., (1997), y es comprender que cualquier acción motriz (más adelante se elabora una clasificación a partir de las características y el tipo de AF o ejercicio) realizada desencadena un conjunto de procesos cognitivos que permiten activar, conectar y asociar diferentes redes neuronales que son esenciales para pensar; por lo que, realizar una determinada práctica de ejercicio o actividad física puede producir efectos en el procesamiento neuronal y cambios biológicos (Mandolesi, 2018).

Para Hötting y Röder (2013), la práctica de ejercicio físico desencadena un conjunto de procesos celulares y moleculares que facilitan muchos de los procesos de labor sináptica. Previo a un estudio de intervención, Díaz-Gabriel y Guillem, et al. (2021), recogen estos procesos y mecanismos por los que una tarea motriz incide en la cognición, y los clasifican, según las recientes investigaciones, de la siguiente manera: a) mediante cambios fisiológicos que se producen a nivel neuroquímico, a partir del aumento de neurotransmisores específicos (como la dopamina y la noradrenalina) y la regulación de factores de crecimiento y neurotróficos (por ejemplo, BDNF) (Chaddock-Heyman et al., 2013; Etnier & Chang, 2009; Hillman, Erickson, & Kramer, 2008); b) gracias a la angiogénesis, que permite el aumento del flujo sanguíneo y llegada de oxígeno al cerebro (de Greeff et al., 2018); c) potenciando la neurogénesis, implicada en la plasticidad sináptica, la conectividad de diferentes regiones y su activación con el córtex prefrontal, que se relaciona con una mejora en la capacidad de adaptación y de respuesta ante nuevas exigencias cognitivas (Fernandes,

Arida y Gomez-Pinilla, 2017); d) y facilitando cambios estructurales en el hipocampo y el cerebelo (Best y Miller, 2010; Gomez-Pinilla & Hillman, 2013; Thomas, et al. 2016).

En un artículo de revisión, Riley y Morgan et al., (2016), presentan evidencias que señalan que la actividad física activa diversas regiones cerebrales. Algunas de las examinadas fueron el tronco encefálico, el hipotálamo y los ganglios basales, sobre estas se hipotetiza que el ejercicio puede inducir a adaptaciones moleculares en la función neuronal que, en muchos casos, puede suponer una mejora cognitiva. Herting et al., (2016), acotan el objeto de análisis en los factores tróficos de crecimiento neuronal y sináptico que hacen variar la estructura cerebral; estos se determinan mediante la resonancia magnética estructural, que muestra la relación entre el ejercicio físico (aeróbico) y el desarrollo (el volumen, grosor y superficie) del área cerebral cortical frontal.

Otras investigaciones, como la de Pesce (2012), determinan que, el ejercicio y la actividad física aeróbica inciden, concretamente, sobre las funciones ejecutivas (lóbulo prefrontal), la autorregulación, el control motor, la actividad cognitiva y emocional; aumenta la inhibición (capacidad para no actuar de manera impulsiva, pararse a pensar), la atención (se libera dopamina y activa la corteza prefrontal para estar atentos); y el control ejecutivo mediante la integración de redes atencionales y límbicas (Weng, et al., 2017); además, como concretan Roig et al., (2013), incide en la memoria, porque aumenta el volumen del hipocampo y, este cambio estructural, facilita que los aprendizajes perduren por más tiempo; además, este suceso, repercute en el lenguaje interior autodirigido o memoria de trabajo no verbal y en la planificación y resolución de problemas esencial para la capacidad del cálculo (Mavilidi, et al. 2018).

Todos estos procesos inducidos por el ejercicio y la actividad física parecen tener mayor incidencia, además de las zonas directamente vinculadas con la tarea motriz (como el cerebelo), en la zona de la corteza prefrontal dorsolateral (Yanagisawa et al., 2010). Además, demuestran que la práctica de AF permite que ciertas estructuras y regiones del cerebro trabajen en sincronía (Erickson, Hillman et al., 2019), bajo la que Rajab (2014) denomina, red de conectividad funcional.

Por lo tanto, las investigaciones de los últimos años (Budde, et al., 2016; Mandolesi et al., 2018; Erickson y Hillman, et al. 2019; etc.) parecen indicar que, pese a que la AF produce mejoras y cambios biológicos en general y en varias funciones y estructuras cognitivas, los mecanismos celulares que reciben mayor impacto son los que actúan

como neurotransmisores y como factores neurotróficos. Por este motivo, a continuación, se desarrollan con más profundidad.

### ***Mecanismos biológicos responsables de estos cambios***

#### ***Factores neurotróficos***

Los factores neurotróficos son los responsables de adaptaciones importantes como la neurogénesis, la supervivencia, la plasticidad neuronal, el incremento de capilares sanguíneos y la multiplicación de conexiones neuronales, es decir, de la sinapsis. La actividad sináptica hace referencia a aquellos mecanismos de comunicación neuronal imprescindibles para desarrollar las funciones intelectuales. El ejercicio repercute en la conectividad cerebral modificando así la estructura y función del sistema nervioso. Voss et al., (2016) y Johansen-Berg & Duzel (2016), relacionan los aumentos en los niveles de esta proteína en varias regiones del cerebro, con unos cambios en la estructura del hipocampo, una estructura que es de interés por su función en los procesos de memoria (Huang, *et al.* 2013).

El factor neurotrófico que más interviene en estos procesos es el BDNF (brain derived neurotrophic factor), el cual se ha mostrado como un elemento relevante en los mecanismos de activación sináptica producidos por el ejercicio físico (Huang, *et al.* 2013). Del mismo modo que los neurotransmisores, los factores tróficos de crecimiento, actúan a distancias relativamente cortas, son mensajeros químicos entre células y pueden ocasionar cambios rápidos (transitorios), y también a largo plazo, en la actividad sináptica. En particular, el BDNF es secretado en respuesta a la actividad neuronal y facilita el crecimiento y la supervivencia neuronal, estimula el desarrollo y la diferenciación de las neuronas y de algunos sistemas de neurotransmisores (GABA, serotonina, acetilcolina), promueve la LTP (“Long Term Potentiation”: plasticidad, capacidad de aprendizaje) y regula el metabolismo energético (Huang, *et al.* 2013); se trata de una proteína del grupo de las neurotrofinas de crecimiento cerebral (ubicada en el sistema nervioso central y órganos periféricos), que permite aumentar la cantidad de neuronas y, por lo tanto, de los procesos de neurogénesis, de crecimiento axonal y de formación de sinapsis (Fernandes et al., 2017), procesos de comunicación neuronal para que se den los aprendizajes y se consoliden en la memoria (Erickson et al., 2011).

Esta actividad neuronal puede conseguirse al realizar un ejercicio de tipo intelectual, pero parece ser que también sucede – e incluso con mayor eficiencia – mediante un trabajo físico que suponga la utilización de glucosa y oxígeno. De hecho, estudios como el de Huang, *et al.* (2013) apuntan hacia la interesante idea de que variaciones

individuales en la genética del BDNF (determinados polimorfismos) podrían favorecer un determinado tipo de aprendizaje inducido o mejorado por el ejercicio. Es decir, existiría una susceptibilidad individual a que algunas funciones cognitivas mejoren con la exposición a la actividad física y esta misma actividad podría no producir efectos beneficiosos (o tan beneficiosos) en otras personas. Siendo una de las primeras investigaciones serias sobre este campo, Hopkins (2012) involucró novedosamente a humanos, queriendo demostrar que el ejercicio físico aeróbico produce un factor neurotrófico conocido como BDNF, y que éste beneficia al sujeto para su capacidad de atención, decisión y memoria, llevándole, en éste caso, a obtener mejores resultados que las muestras no expuestas a un programa de entrenamiento y que, por tanto, no se benefician de esta sustancia segregada adicionalmente antes de la realización de la prueba de memoria.

Para dar con estos resultados se hizo una comparativa entre 3 grupos, dos recibieron durante 4 semanas un programa de ejercicio físico antes de la realización de la prueba de memoria y el otro no, pero, además, uno de los que sí recibieron la intervención, realizó una sesión extra, justo antes de la prueba, lo que fue determinante para demostrar que la relación “causa efecto” es de impacto directo.

En esta línea, Silva *et al.*, (2015) establecen una relación entre la cantidad de BDNF existente en plasma de pacientes con problemas psiquiátricos y los intentos de suicidio de estos. A menor concentración de BDNF más estrés y depresión, y menos capacidad en las funciones cognitivas y regulación de las emociones.

En la ya mencionada investigación de Herting *et al.*, (2016), muestran como niños deportistas aumentan el volumen de la corteza frontal, parietal y occipital. Se centran profundamente en los factores tróficos de crecimiento neuronal y sináptico que hacen variar la estructura cerebral de las personas, como consecuencia del ejercicio aeróbico. Otras investigaciones que permiten establecer una relación entre la mayor segregación de esta proteína (BDNF) y la práctica de AF son las que realizan una intervención puntual de AF de alta intensidad. Marquez *et al.*, (2015); Cabral-Santos *et al.*, (2016); Slusher *et al.*, 2018), entre otros, señalan que una sola sesión de AF intensa produce aumentos significativos en los niveles basales de BDNF y también en los niveles plasmáticos periféricos. Estos son efectos biológicos producidos por el ejercicio intenso (Vega *et al.*, 2006; Dinoff *et al.*, 2017).

En conclusión, la actividad física puede hacer aumentar los niveles basales, séricos y periféricos de, concretamente, la proteína conocida como BDNF, independientemente del tipo de AF, es decir, si se trata de una intervención de práctica regular (se refiere a

sesiones programadas que tienen lugar varias veces por semana) o puntual (se refiere a una única sesión, habitualmente intensa).

La diferencia entre ambos tipos, en aspectos de potenciación sináptica, es que para el primero, los efectos del aumento del BDNF son más efímeros y tienen una duración más corta (aproximadamente de 1 o 2 horas), porque funciona como un estimulante psicoactivo que activa la atención, el estado de alerta y la capacidad de esfuerzo (Etnier et al., 2016); y en cambio, el ejercicio físico regular, es capaz de modificar la estructura del cerebro y tiene, por lo tanto, unos efectos que perduran más tiempo (Gomez-Pinilla y Hillman, 2013).

No obstante, para ambos se produce un aumento en el BDNF, por lo que la neurogénesis y la creación de nuevas neuronas mejora. Esto permite que, de una manera más efímera o permanente, se dé una incidencia en la estructura cerebral del hipocampo (dentro del lóbulo temporal), creando más conexiones sinápticas y produciendo, como consecuencia, mejoras sobre la memoria. Concretamente sobre la espacial y la declarativa (Leal, et al. 2017).

### **Neurotransmisores**

El ejercicio aumenta la concentración de neurotransmisores (NT) como la serotonina, la dopamina, la adrenalina y la noradrenalina (Churchill, et al., 2002). Estos neurotransmisores regulan diversos procesos de aprendizaje en el cerebro del niño. En un cerebro muy joven actúan además como factores tróficos promoviendo la neurogénesis, sinaptogénesis y la consolidación de circuitos neuronales. Pearson-Fuhrhop, et al., (2013) publican una investigación basada en la importancia que tiene la dopamina para la plasticidad neuronal y para el aprendizaje y la relación existente con los genes. Se analiza mediante una muestra de sujetos sanos, a la que, dependiendo de la cantidad de dopamina que tuvieran por genética, se les aplica o no un incremento mediante un fármaco "L-Dopa". La intervención demuestra que aquellos sujetos que por fortuna genética no tenían dopamina en abundancia, al tomar el fármaco, conseguían mejoras en el aprendizaje; en cambio, no había mejora para aquellos que su cuerpo ya la había fabricado de forma natural.

El aspecto a tener en cuenta es que el ejercicio físico nos permite, entre otras cosas, fabricar y segregar sustancias como la dopamina, sin necesidad de fármacos.

Cabe destacar también la implicación de los neurotransmisores en funciones cognitivas como la memoria y su consolidación (Cahill et al., 2003), y, en la capacidad de lenguaje y cálculo (Mullender-Wijnsma et al. 2016). En esta investigación se comparan dos

grupos cuya única diferencia radica en la realización de las horas de lengua y cálculo mediante ejercicio físico o no. El estudio demuestra que aquellos alumnos que realizan las sesiones (2 a la semana durante 2 años) de lengua y cálculo mediante ejercicios de actividad física después obtienen mejores puntuaciones en las pruebas escogidas (velocidad lectora, deletrear y velocidad y acierto en el cálculo).

Es probable que los neurotransmisores influyan en otros aspectos de la cognición cerebral, ejerciendo acciones concretas que pueden variar según la franja de edad del niño. Stroth, *et al.*, (2010) han documentado recientemente una susceptibilidad individual en relación a determinados polimorfismos del sistema dopaminérgico (en receptores, el transportador DAT y el sistema de degradación de las monoaminas a través de la COMT). Las personas portadoras de éstos presentarían diferencias significativas en el aprendizaje motor y la plasticidad cerebral. Relacionan el ejercicio físico aeróbico de intensidad alta con la activación de algunas funciones cognitivas superiores como la flexibilidad y el control mental, así como con la fabricación de dopamina y con el efecto que ésta produce en las capacidades cognitivas, esenciales para cualquier aprendizaje. Destaca, en la investigación, que después del programa de intervención de 17 semanas se obtienen resultados óptimos en las pruebas de flexibilidad y control mental. Esta respuesta fisiológica, sumada a lo que nos aportan propiamente los neurotransmisores, comporta una predisposición activa para estar atentos y facilita el aprendizaje.

***Elementos y características de la práctica de actividad física que explican la mejora en los procesos cognitivos y los aprendizajes.***

Llegados a este punto, que la AF produce una serie de cambios, tanto a nivel biológico como físico, que inciden en la mejora de funciones y capacidades cognitivas, es ya un hecho ampliamente demostrado. No obstante, en el presente apartado, se pretende acotar más aun el tema de estudio, de manera que sea posible conocer qué elementos y características (internas y externas) de la tarea motriz son las que permiten que se den estos procesos.

Una vez más, el punto de partida es la relación entre la práctica de AF y la mejora de determinadas funciones y capacidades, una línea de estudio que sitúa a la AF como la posibilitadora o la responsable, del aumento de mecanismos celulares y moleculares, ya descritos, que producen una mayor comunicación neuronal y una serie de cambios estructurales y funcionales del cerebro que tienen un efecto determinante en la adquisición de habilidades cognitivas en general y, dado el tema de estudio del presente

trabajo, sobre los aprendizajes en concreto (Van Praag, 2008; Chaddock-Heyman, et al. 2013; Ericsson y Karlsson, 2014).

Por ello, partiendo de la fundamentación teórica y de los aportes que se han hecho sobre la incidencia de la AF en los procesos de aprendizaje y, a fin de conocer qué variables componen – o pueden componer – las intervenciones de AF, se plantean dos objetivos:

1) Estudiar los mecanismos (mediadores y moderadores) por los cuales la AF potencia la eficiencia y eficacia del cerebro.

2) Analizar la AF (elementos cualitativos y cuantitativos) para maximizar los efectos sobre la cognición, a fin de mejorar y potenciar las capacidades cognitivas del alumnado.

Estos objetivos siguen la clasificación o más bien la separación de elementos de análisis de la tarea motriz, que propone Pesce (2012). Por un lado, estudiar los mediadores y moderadores de la tarea motriz permite conocer los motivos por los cuales la AF incide en la mejora de algunos procesos cognitivos: a) cambios fisiológicos que se producen a nivel neuroquímico, aumento del flujo sanguíneo y del oxígeno en el cerebro; b) aumento de la neurogénesis que genera la plasticidad neural; c) cambios estructurales que se generan en áreas/estructuras específicas del cerebro como consecuencia de los cambios fisiológicos previamente mencionados.

Un mediador es un mecanismo de generación mediante el cual el ejercicio físico influye en las funciones cognitivas, mientras que un moderador es una variable que influye en la dirección y/o fortaleza de la relación ejercicio-cognición (Pesce, 2012).

Por otro lado, analizar la AF atendiendo a los elementos cualitativos y cuantitativos que la componen, permite conocer mediante qué condicionantes de la práctica se puede incidir de forma directa/indirecta e implícita/explicita, sobre los procesos de aprendizaje y la consolidación en la memoria. A fin de poder desarrollar cada uno de los dos elementos, a continuación, se concretan dos subapartados, uno para los elementos cuantitativos, que tendrán en cuenta los aspectos de duración, intensidad y frecuencia del ejercicio físico; y otro para los elementos cualitativos, que explican qué requerimientos, tanto físicos como cognitivos, puede proponer, tanto de manera implícita como explícita, el ejercicio físico.

### ***Características cuantitativas de la AF y la relación dosis-respuesta.***

Para llevar a cabo esta clasificación que atiende tanto a los mecanismos como a los elementos o características de la actividad física, se distinguen dos tipos de AF, la puntual (acute exercise) y la regular (chronic exercise). Las investigaciones sobre la actividad física puntual (acute) y la actividad física regular (chronic) muestran diferentes

tendencias que permiten identificar la naturaleza selectiva de los efectos del ejercicio físico sobre la cognición (Etnier y Chang, 2009) y los potenciales mediadores y moderadores que actúan sobre esta relación (Spirduso, Poon, & Chodzko-Zajko, 2008; Tomporowski, Lamboume, & Okumura, 2011).

### **Incidencia de la AF puntual (acute exercise) en los procesos cognitivos**

Las sesiones de actividad física puntual que incluye la bibliografía pueden ser tanto de intensidad moderada (aeróbicas) como de intensidad alta (anaeróbica). Si bien es cierto que algunas evidencias únicamente analizan una práctica de AF como puede ser correr en una cinta o caminar, la mayor parte de evidencias y de intervenciones dentro de la categoría de la AF puntual, son sesiones de alta intensidad, a las que se las conoce científicamente como High Intensity Interval Training (HIIT).

Por lo que, HIIT, se refiere al ejercicio que se realiza por ráfagas relativamente cortas de actividad de alta intensidad, intercaladas por descanso o ejercicio de recuperación de baja intensidad alcanzando intensidades entre el 80 y el 100% de la frecuencia cardíaca máxima (HRmax) (Gibala, 2015; Saanijoki et al., 2018). En general, HIIT se realiza en una sesión de entrenamiento que dura 30 min, incluyendo etapas de calentamiento y enfriamiento (Gibala y Jones, 2013; Gillen y Gibala, 2014; Weston et al., 2014).

En la investigación del ejercicio puntual, los mediadores que actúan desde una perspectiva cognitiva-psicológica son cambios en la excitación o conducta, conocidos como AROUSAL, que se refiere al estado fisiológico y psicológico de activación del estímulo a la percepción; y en los recursos alterables a tareas cognitivas, mientras que desde las perspectivas neurográficas y psico-fisiológicas, los mediadores incluyen aumentos inducidos por el ejercicio en catecolaminas, sustancias que contienen la adrenalina, la noradrenalina y la dopamina, (neurotransmisores) y en factores neurotróficos (Audiffren, 2009; Dietrich, 2009; Ferris, Williams, & Shen, 2007; Lambourne & Tomporowski, 2010; McMorris, 2016); estas mejoras parecen tener relación con un aumento de la oxigenación prefrontal (Endo et al., 2013) y la activación cortical (Yanagisawa et al., 2010), que, en definitiva, representa una mejora del estado metabólico de las neuronas (Dalsgaard et al., 2004) y, en última instancia, permite mejoras en el control inhibitorio, la flexibilidad cognitiva y la memoria de trabajo (Ludyga et al., 2016).

Estos cambios en el estado de excitación y de aumento de algunas hormonas que actúan como neurotransmisores, aparecen por la exposición a la AF. No obstante, para que se produzca la mayor activación de cuerpos celulares que contienen,

especialmente, la noradrenalina, que es la principal responsable de estos cambios fisiológicos, la sesión de AF debe producirse a una intensidad alta (Cabral-Santos, et al., 2016).

### **Incidencia de la AF regular (chronic exercise) en los procesos cognitivos**

Se entiende por actividad física regular al tipo de ejercicio aeróbico, o de entrenamiento continuo, que se da a una intensidad moderada y durante períodos relativamente largos, aproximadamente entre 30 y 60 minutos (Garber et al., 2011). Tanto la intensidad como la duración de la AF recomendada puede variar dependiendo tanto de las peculiaridades del propio ejercicio como de, especialmente, la aptitud aeróbica y cardiovascular de la persona que la realiza (Davis, 2011).

Por lo tanto, en la investigación de ejercicios crónicos, los mecanismos mediadores, es decir lo que permiten que la AF tenga una incidencia en procesos neuronales, incluyen aspectos como la aptitud cardiovascular, la estructura cerebral, la circulación y la estimulación neurotrófica previa al ejercicio físico (Etnier, 2009; Hillman, Erickson & Kramer, 2008).

A partir del punto de partida o mediadores intrínsecos, la práctica sostenida de AF aeróbica permite el aumento de la conectividad funcional en las redes neuronales (Voss, & Kramer, et al., 2010) y el aumento del volumen de materia gris en la corteza prefrontal (Weinstein et al., 2012) y de la sustancia blanca (Chaddock-Heyman & Hillman, et al. 2014); tal aumento se relaciona con una mayor oxigenación cerebral (Robinson, 2018) y un aumento (proporcional a la duración y la intensidad de la exposición) del volumen del hipocampo (Thomas, 2016). Estos cambios en la comunicación neuronal producen, además de estos cambios fisiológicos de nivel molecular, unos beneficios en el control ejecutivo (lóbulo prefrontal), en la velocidad de procesamiento y en la capacidad cognitiva en general (Northey, et al. 2018). Hillman et al., (2008) explican esta mejora a partir de la incidencia que la AF regular tiene en la modularización de la red cerebral, que representa para el cerebro una mayor activación de varias de sus zonas. Este suceso, además, tiene relación con la aptitud cardiovascular y la cognición, apoyando así la existencia de cadenas de mediación (Etnier, 2008).

Lo que esto quiere decir es que, una buena capacidad aeróbica (cardiovascular, de circulación, etc.) puede actuar como mediador a fin de obtener mayores beneficios en la exposición a una práctica de AF, pero también, a través de la exposición a la AF, se pueden aumentar y mejorar estos mediadores. Esta evidencia sugiere pensar que, tanto las personas con una gran aptitud física, como las que parten de un nivel más bajo, pueden beneficiarse de estos procesos inducidos por la AF.

A partir de estos parámetros, los investigadores también han identificado el papel moderador, bien descrito por Pesce et al., (2013), que señala cómo de importante es tener en cuenta, además de las características de los participantes (expuestas anteriormente), las características y los elementos que componen la propia tarea motriz. Es decir, qué parámetros técnicos, cualitativos y cuantitativos, desempeña el ejercicio físico propuesto. Algunos de los más conocidos son la intensidad y la duración, dos componentes que permiten, por ejemplo, clasificar el ejercicio físico en aeróbico o anaeróbico. No obstante, un parámetro menos conocido y que es de gran interés científico porque debido a la influencia que tiene actúa como moderador de la AF, es el del diseño del reto motriz, es decir, las características que, deliberadamente o no, componen a la tarea que debe realizarse. Una tarea en forma de ejercicio físico pero que puede, o no, incorporar diferentes propuestas/retos. Se trata de diferenciar el tipo de intervención de ejercicio físico mediante el diseño que lo compone, es decir, analizar la demanda del ejercicio físico para identificar qué tipo de AF produce más y mejores beneficios cognitivos (Etnier y Chang, 2009; Best, 2010; Pesce, 2012; Diamond, 2015; Hillman y Kramer et al., 2018).

Este es un componente determinante, pues conocer qué tipo de AF y mediante qué elementos, componentes y parámetros de diseño, se puede incidir en la mejora de las funciones cognitivas, es el gran reto científico de la última década.

Por ello, en la presente revisión bibliográfica, se han clasificado los programas de intervención de AF entre aquellos que presentan una AF llana o no enriquecida cognitivamente, es decir ejercicios físicos o deportes convencionales sin una carga cognitiva adicional; y aquellos que presentan intervenciones de AF que incorporan un requerimiento cognitivo adicional, considerado externo a la propia tarea motriz, como puede ser realizar una suma y un circuito de habilidades al mismo tiempo o desplazarse conduciendo un balón de fútbol mientras se realiza una partida de tres en raya.

### ***Características cualitativas del ejercicio y la relación dosis-respuesta.***

Investigaciones pioneras como las de Best (2010) y Pesce (2013), tratan de explicar un hecho que a menudo se pasa por alto; y es que la actividad física, debida a su propia naturaleza, incorpora una serie de demandas y compromisos, no del todo conocidos, que parecen involucrar cognitivamente al cerebro durante la realización de las actividades o tareas motrices.

### **Actividad física sin requerimiento cognitivo adicional**

Se refiere a actividades físicas que proponen un tipo de ejercicio o tarea motriz que no incorpora un requerimiento cognitivo adicional. Para Hillman, et al. (2008), caminar, correr o nadar, son tres ejercicios que pueden realizarse a diferentes intensidades, variando la duración y programando la frecuencia, pero, en definitiva, son AF que sugieren un esfuerzo únicamente físico. Por ello las categorizan como AF “sin sentido” o sin propósito cognitivo (Hillman y Kramer et al., 2018).

Esta afirmación crea ciertas discrepancias dentro del estudio cualitativo de la tarea motriz y es ampliamente discutida por Diamond y Ling (2019), en un artículo de revisión en el que responden apelando directamente al planteamiento de Hillman y Kramer et al., (2018).

Diamond y Ling (2019) se acogen al concepto “llano” para clasificar a este tipo de ejercicio físico, en contra del calificativo “sin sentido”. Además, insisten en que, tal como sugieren Best (2010) y Pesce (2013), las propias características cualitativas de la tarea motriz, aun ésta no estando modificada o moldeada cognitivamente, pueden, de *per se*, producir una causa-efecto en la cognición.

Diamond y Ling (2019) sostienen que, el simple hecho de practicar un deporte, por clásico y poco “atractivo” cognitivamente que sea - únicamente por imponer situaciones de juego en equipo, de toma de decisión, de acción-respuesta -, supone, prácticamente sin quererlo, un entrenamiento mental. Otros autores relacionan este tipo de entrenamiento físico, e inherente al mental, con una mejora en los procesos cognitivos (Sibley y Etnier, 2003; Tomporowski, et al., 2008).

No obstante, para Tomporowski et al., (2008) no todas las actividades o planteamientos de ejercicio físico “llano”, incluyen la misma carga de entrenamiento mental. Esta idea se revisa y se amplía en el trabajo de Tomporowski y Pesce et al., (2015), en el cual se refieren a que, dependiendo de otras peculiaridades de la tarea - es decir, el tipo de entrenamiento al que se somete el o la participante -, se dará un tipo de reto u otro, siendo éste, sin duda, el componente clave para explicar la incidencia que el ejercicio físico planteado puede tener sobre la cognición.

En base a las aportaciones teóricas planteadas, en los últimos años se han publicado algunas revisiones y metaanálisis como los de Donnelly, Hillman, et al., (2016), Álvarez-Bueno, et al., (2017), de Greeff, et al., (2018) y Oberste, et al., (2019), entre otros, que analizan cómo este tipo de AF, ejercicio o deporte “llano”, puede incidir en la función y estructura de algunas funciones cognitivas y mejorar los procesos cognitivos en general y, de los aprendizajes, en particular.

Algunas de las intervenciones en edad escolar que obtienen mejoras generales son las de Hogan, et al., (2013); Altenburg, et al., (2015), Fernandes, et al., (2016) y Kao & Hillman, et al., (2017), entre otras menos recientes que también aparecen en las revisiones mencionadas.

No obstante, un trabajo de revisión no mencionado y que es preciso ampliar, tanto por la adecuación al presente estudio como ser de los más recientes, es el de Sember et al., (2020).

El trabajo recoge un total de 44 estudios de intervención, de más de 6 semanas, con grupos experimental y control y en alumnos en edad escolar. La revisión de Sember et al., (2020) concluye que la AF en sí misma tiene efectos positivos sobre la cognición, concretamente para 20 de las 44 intervenciones, por lo que aun no modificando la tarea motriz aparecen mejoras en las funciones cognitivas: Hillman et al., (2014) observaron que el ejercicio mejoraba la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva después de intervenciones de ejercicio "llano" de 9 meses; y Chaddock-Heyman et al., (2013) comprobaron que una intervención de ejercicio de 9 meses (5 días a la semana) produjo un aumento de los patrones de activación prefrontal y como consecuencia mejoró el control ejecutivo. En Sember et al., (2020), se relaciona la mejora cognitiva con la mejora en el rendimiento académico. Esta relación se incluye en el metaanálisis a partir de las evidencias anticipadas por investigaciones pioneras como las de (Dwyer et al. 1983; Shephard et al. 1984) y confirmadas por las de Donnelly et al. (2009) y Hollar et al. (2010).

Por lo tanto, parece que la AF, por su propia naturaleza, permite mejorar algunas capacidades cognitivas que están relacionadas con los aprendizajes. Dicha mejora se da únicamente a partir de variables propias al ejercicio, como son la frecuencia, la duración y la intensidad. No obstante, Sember et al., (2020), destacan la importancia del efecto que parece tener el profesional que realiza la intervención, pues cuando este es un profesional debidamente calificado, es decir con experiencia y titulación, la incidencia de la AF en las capacidades cognitivas es mayor. Esto sucede concretamente en 13 de las 20 intervenciones que obtuvieron unos resultados positivos. Entre otros aspectos que parecen influir, se destaca que los responsables de implementar el programa de AF que son expertos, realizan intervenciones que registran niveles de mayor intensidad en comparación a las realizadas por responsables no expertos. El nivel de intensidad es una de las variables propias del ejercicio físico que parece tener relación con la mejora cognitiva (De Greeff, et al. 2016; Ericsson, 2008).

Esta relación entre AF y cognición también se da con mayor significatividad cuando las tareas motrices incorporan retos más complejos (Diamond y Ling, 2019). Que el ejercicio físico planteado proponga retos más atractivos cognitivamente, como por ejemplo driblar conos y tener que decidir entre dos opciones de pase de balón, aun siendo exclusivamente motriz, consigue incidir en: 1) la activación y comunicación neuronal, proceso que incide en la neurogénesis (van Praag, 2008); 2) el aumento de la sustancia blanca (Smith, et al., 2016); 3) en el volumen de algunas estructuras, como el hipocampo (Erickson et al., 2011); 4) en alguna función cognitiva, como la flexibilidad (Kamijo, et al., 2011; Verstynen et al., 2012) o la planificación (Diamond & Ling, 2016); 5) y la mejora de algunas capacidades específicas, como la memoria (Roig et al., 2012; Chaddock-Heyman, et al., 2014) o la atención (Gallota, et al., 2015; Chen, et al., 2017). Todas estas evidencias son resultados de estudios cuya muestra es de edad escolar.

Poder atender a las peculiaridades de la AF y, en base al propósito deseado (tanto físico como cognitivo), poder escoger qué tipo y de qué manera es más eficiente llevarla a cabo, es lo que van der Schott, et al. (2012), trata de explicar cuando menciona que la tarea cognitiva o el aprendizaje se consolida mejor cuando se comprende. Utiliza esta afirmación para demostrar que los alumnos de 10 y 12 años que aprenden mejor la lengua son los que utilizan estrategias para entenderlas, unas estrategias que, en el caso de las matemáticas también explica mediante la investigación con un compañero (Friso-van den Bos, et al., 2015), para demostrar que mediante la representación mental de las operaciones es más eficaz realizar procesos matemáticos. Los aprendizajes pueden, además, incorporar otros elementos como podría ser la tarea motriz, tal como propone en diferentes investigaciones Mavilidi (2017).

Es decir, es posible plantear una actividad que, de manera implícita, proponga un pequeño o gran requisito cognitivo previo y relevante para resolver con éxito la tarea motriz.

Por ejemplo, tener que recibir un balón al mismo tiempo que se realiza un desmarque y/o se interpreta un movimiento táctico de superioridad en ataque. Es decir, un método de entrenamiento cognitivo-motor que podría describirse como *Moverse* mientras se *Piensa*. Pues, aunque el pensamiento no se concrete en una respuesta concreta, sino en una acción, el o la deportista sí que realiza un ejercicio cognitivo que le permite tomar una decisión u otra.

Este paradigma tiene sentido especialmente a partir de los trabajos de Best (2010) y Pesce (2013), permite comprender que la tarea motriz ya incorpora ciertos aspectos

cognitivos que pueden ser aprovechados para incidir en los procesos cognitivos sin necesidad de añadir un componente o reto externo al propio ejercicio físico.

Aunque, llegados a este punto, la presente investigación se propone conocer qué sucedería si se considerara la posibilidad de enriquecer, de manera explícita (a partir de retos cognitivos específicos) la tarea motriz.

Este es un planteamiento hipotético que, aun no ser analizado directamente en el trabajo de Sember et al. (2020), sí que, a modo de prospectiva, se considera objeto de estudio para mejorar las intervenciones de AF cuyo propósito es incidir en las funciones cognitivas y la mejora de los aprendizajes; también propuesto en la prospectiva del trabajo de revisión de Zeng et al., (2017), quienes consideran determinante valorar la posibilidad de “moldear” la tarea motriz para hacerla más “cognitivamente atractiva”.

### **Actividad física con requerimiento cognitivo adicional**

Si bien es cierto que el propio Hillman, et al. (2008) demuestra la mayor activación de regiones como consecuencia de realizar una AF “llana”, como caminar durante entre 20 y 40 minutos, el mismo autor añade que para que dichas regiones, que se han activado al caminar, desarrollen algún “ejercicio” y puedan mejorar, es necesario que se dé algún componente, requerimiento o reto, adicional al motriz.

Hillman y Kramer et al., (2019), consideran que, sin un requerimiento adicional al motriz, difícilmente se puede incidir en la mejora de los procesos y las capacidades cognitivas deseadas; puesto que la AF no incorpora los componentes que obligan al participante a realizar una tarea cognitiva. Esta idea ya es analizada anteriormente en investigaciones como las de Fabel y Kempermann (2008), en las cuales se determina que, si el ejercicio propuesto está contextualizado en un entorno y reto complejo, causa una mayor activación neuronal (relacionada con la neurogénesis) que cuando se realiza en un contexto cómodo, fácil y sin retos adicionales.

Se trata de escalar más en la idea de *Moverse* mientras se *Piensa* propuesta por Mavilidi (2017), para proponer actividades físicas más complejas y de mayor requerimiento cognitivo, es decir, que obliguen realmente a pensar antes o durante la acción motriz.

En esta línea, Herold et al., (2018), describen varias razones por las que incorporar mayores retos cognitivos al propio reto motriz producen efectos más significativos en la cognición. Destacan que añadir retos cognitivos a los propios que plantea la tarea motriz, conduce a mejorar y enriquecer el entrenamiento tanto de la parte física como mental (Paas et al., 2003; Paas y Sweller, 2012; Moreau y Conway, 2013; Moreau, 2015). Además, esta evidencia es probada por intervenciones que proponen un tipo de

AF enriquecida para un grupo (experimental) y una AF “llana”, para otro grupo (control), y que obtienen mejores resultados para los que practican una AF enriquecida (Toumpaniari et al., 2015; Mavilidi et al., 2015, 2016, 2017, 2018, 2020, 2021).

Herold et al., (2018), también destacan la importancia de contextualizar, con sentido, la realización de la propia tarea motriz. En el deporte no es tan común, porque el motivo de realizar repetidamente un circuito o un patrón de regate está justificado por el simple hecho de mejorar la técnica, pero en otras actividades o ejercicios de entrenamiento, la descontextualización, es decir, el motivo o “sin sentido” por el cual se realiza la acción es demasiado grande. Para Herold et al., (2018), poder “dar sentido” a la tarea motriz mediante algunos requerimientos cognitivos permite que ambas tareas sean más significativas y que pueda asemejarse a una situación de la vida real. Un ejemplo de atribuir significado a la tarea motriz “llana”, como caminar, es intentar recordar la lista de la compra; decidir dónde comprar cada producto; calcular una aproximación del dinero necesario; planificar el menú de toda la semana, etcétera.

Algunos autores refuerzan esta relación y la explican mediante los parámetros neurofisiológicos inducidos en el cerebro a partir de la AF; y mediante los mecanismos puramente cognitivos inducidos por la situación de “entrenamiento cognitivo-motriz” (Crabbe y Dishman, 2004; Crum y Langer, 2007; Fissler et al., 2013; Helfer et al., 2015; Mothes et al., 2017).

Siguiendo esta idea, en los últimos años, los investigadores han desarrollado intervenciones en el ámbito escolar para evaluar el impacto del entrenamiento cognitivo-motriz en, concretamente, los aprendizajes (Budde et al., 2008; Jäger et al., 2015; Gallotta et al. 2015; Schmidt et al., 2016). Tales intervenciones, recogidas en una revisión de Daly-Smith et al., (2018), coinciden en determinar el impacto de una sesión puntual (acute exercise) de AF mejorada cognitivamente y llevada a cabo en la escuela, preferentemente fuera de las aulas. Esta perspectiva de estudio es conocida científicamente como *Cognitively-enhanced physical activity outside of the classroom* (CEPA-OC).

La revisión realizada por Daly-Smith et al., (2018), incluye 17 intervenciones, pero es preciso destacar las de Budde et al., (2008), Jäger et al., (2015), Gallotta et al. (2015) y Schmidt et al., (2015), porque, aun presentar propuestas de AF diferentes, todas ellas obtuvieron una mejora cognitiva y de funciones directamente relacionadas con los aprendizajes. Las propuestas incluyen ejercicios de coordinación (Budde et al., 2008); juegos de cooperación y oposición (Jäger et al., 2015); retos de resolución de problemas

y toma de decisiones a partir del movimiento (Gallotta et al., 2015); y circuitos de AF exigente y cognitivamente complejos (Schmidt et al., 2015).

Para el primero (Budde et al., 2008), se evaluó el impacto de este tipo de AF en la atención selectiva, obteniendo que el grupo que realiza dicha AF mejora, inmediatamente después de la intervención, la velocidad y la precisión de respuesta en comparación al grupo que no realiza la AF. La misma variable (atención selectiva) se evalúa en la intervención mediante el circuito enriquecido de Schmidt et al., (2015) y, pese a no obtener una mejora en la velocidad y la precisión de respuesta inmediatamente después de la realización de AF, sí que mejoró, respecto al grupo que no realiza la AF, las puntuaciones en la velocidad de procesamiento evaluada 90 minutos después de la práctica de AF. Finalmente, las propuestas de Jäger et al., (2015) y Gallotta et al. (2015), pese a obtener una diferencia significativa entre grupos, sí que mostraran que existe una mejora del grupo experimental en, concretamente, las tareas atencionales de inhibición (control inhibitorio) y precisión en la respuesta.

Por lo que, aunque CEPA-OC obtiene unos resultados poco concluyentes, sí que se observan efectos relevantes en los procesos atencionales (atención selectiva) que son elementales para que se dé un aprendizaje.

Investigaciones como las de Ahamed et al. (2007); Altenburg et al. (2016); Best (2012); Chaddock-Heyman et al. (2013); Chen et al. (2014); Crova et al. (2014); Dalziell et al. (2015); Davis et al. (2011); Drollette et al. (2014); Duncan & Johnson (2014); Fisher et al. (2011); Gallotta et al. 2015); Hill et al. (2010); Hillman et al. (2008; 2014); Howie et al. (2015); Jäger et al. (2014); Kamijo et al. (2011); Koutsandréou et al. (2016); Krafft et al. (2014a; 2014b) Niemann et al. (2013); Pirrie & Lodewyk (2012); Schmidt et al. (2016); Tine & Butler (2012); Tomporowski et al. (2008); van der Niet et al. (2016), coinciden en que numerosos procesos cognitivos que son determinantes en el contexto escolar - como la atención, la toma de decisiones, el cálculo y la memoria- podrían mejorarse a partir de programas de actividad física (AF).

Díaz-Gabriel y Guillem, et al., (2021), recogen diversas investigaciones que han evaluado los resultados de la aplicación de diferentes intervenciones motrices en contextos educativos teniendo en cuenta tanto los aspectos cuantitativos como los cualitativos de la AF, es decir, la duración, la intensidad y el diseño del ejercicio o actividad motriz. Algunos ejemplos significativos son: a) La práctica FITkids®, basada en la AF aeróbica (Hillman et al., 2014); b) TAKE10!®, potenciando que la AF refuerce los contenidos académicos (Kibbe et al., 2011); c) “Boost your brain”, con modificaciones de las características de las tareas motrices (Egger et al., 2019); y d) LCoMotion,

evaluando los efectos según el momento de la intervención en relación a las propuestas académicas dentro de la jornada lectiva (Tarp & Bugge et al., 2016).

Otros estudios de intervención que han podido relacionar una tarea motriz enriquecida cognitivamente, con una mejora de los aprendizajes, son los que, cronológicamente, van desde Zervas, et al. (1991), a Mahar, et al. (2006), Davis, et al. (2007), Murray, et al. (2008), Reed, et al. (2010), Hollar, et al. (2010), Fisher, et al. (2011), Kamijo et al. (2011), Chaddock-Heyman, et al. (2013), Ardoy et al. (2014), Ericsson, et al. (2014), Hillman, et al. (2014), McClelland et al. (2015), Alesi, et al. (2016), Koutsandréou et al. (2016), Mullender-Wijnsma, et al. (2016), Kvalø, et al. (2017) y Vazou, et al. (2017).

Y, aunque todos los estudios citados y otros que se han obviado, permiten mejorar, en cierta manera, las funciones cognitivas y los aprendizajes a partir de la realización de AF enriquecida dentro del contexto escolar, el gran propósito de la presente tesis es, tal como describen Daly-Smith et al., (2018) en un trabajo de revisión posterior al anterior (Daly-Smith et al., 2017), explotar tales enfoques “cualitativos” (Pesce, 2012), a fin de crear desafíos cognitivos de mayor escala y contextualizados directamente con los aprendizajes académicos.

Es decir, incorporar en la práctica de AF, además de las consideraciones cognitivas que la hacen más “enriquecida”, otro componente adicional que es explícito (ajeno) a la tarea y va más allá de recordar la lista de la compra. Se trata de retos de carácter cognitivo-académico que son externos a la tarea pero que pueden realizarse de manera simultánea. El objetivo es involucrar más aun la AF con los aprendizajes académicos, a fin de demostrar que diseñar e implementar lecciones académicas en movimiento podría inducir a mejorar los resultados de aprendizaje (Vazou y Smiley-Oyen, 2014).

Para Martínez-López et al., (2021), cuando la actividad física se lleva a cabo durante el horario regular de clase (tanto dentro como fuera del aula); es distinta de los horarios de recreo y de la educación física; e incorpora retos cognitivos o contenidos académicos curriculares, puede tomar básicamente dos formas:

1. **Pausas activas o Active Lesson Breaks (ALB):** episodios cortos de actividad física realizados como un descanso de la instrucción académica con un contenido curricular (Janssen et al., 2014; Schmidt, 2016).
2. **Lecciones físicamente activas o PA in academic lessons (PAAL):** sesiones de entre 20 y 40 minutos de duración que integran desde la actividad física, las lecciones de aprendizaje de otras áreas (diferentes a la educación física), por ejemplo, las matemáticas (Donnelly et al., 2011; Riley, et al. 2015; Mullender-Wijnsma et al., 2016).

En la presente investigación, a partir de la fundamentación teórica que define, describe y analiza la práctica de la AF con requerimientos cognitivos de carácter académico, se decide profundizar en la presentada como **PA in academic lessons (PAAL)** y, mediante una reinterpretación del concepto, se desarrolla la idea de: Aprendizaje Físicamente Activo.

Se considera que un aprendizaje se da de manera físicamente activo cuando la tarea cognitiva que se desarrolla a través del movimiento presenta un reto motriz y cognitivo de manera simultánea. En este caso la AF es la práctica condicionante para crear una situación, un contexto, en la cual el aprendizaje aparece de manera explícita, pero se realiza al mismo tiempo que la AF.

Esta idea sugiere que los conceptos matemáticos, como el de la recta numérica, enseñados a través del movimiento (cuerpo en acción), facilitan que los niños conecten la aritmética con el mundo real (experimentación), pues representar un camino estructurado de magnitudes, en las que pueden ir hacia delante (sumar) y hacia detrás (restar), de manera real y a partir de los propios movimientos, produce una mayor comprensión y un aprendizaje significativo, de diferente forma pero una idea que podría semejar a la propuesta en la teoría del aprendizaje de Ausubel (1967). En todo caso, dotar de mayor significado y experiencia “vívida” al proceso de aprendizaje, permite mejorar la codificación y la posterior recuperación de dicho aprendizaje (Singhal, 2012; Rosário, 2015).

Algunas de las intervenciones que sirven de referencia son las propuestas por Donnelly et al., (2011), quienes a través de un programa de lecciones académicas activas de 90 min/semana, plantean para el grupo experimental una metodología diferente (basada en la AF) para aprender las matemáticas. Por ejemplo, los alumnos deben de resolver un problema matemático a la vez que se desplazan (corren) y se sitúan en la sección del campo (espacio abierto) que representa la respuesta o el número correcto; también Mullender-Wijnsma et al., (2016) que compararon el grupo de alumnos que realiza una intervención de aprendizaje físicamente activo de las matemáticas, en comparación al grupo que lo hace de la manera “tradicional”. Las sesiones de PAAL tienen una duración de 20-30 minutos y se dan tres veces por semana (durante 22 semanas). Los resultados fueron mayores, en cuanto a puntuaciones de acierto en cálculo mental y velocidad de respuesta, para el grupo que realizaba la intervención PAAL.

De esta manera, en la actualidad ya existen argumentos para determinar que el Aprendizaje Físicamente Activo, diseñado de acuerdo con todos los criterios

cuantitativos y cualitativos hasta aquí expuestos, puede permitir que, no solo se dé una incidencia fisiológica y neuronal (derivada del efecto de la tarea motriz), sino también una mejora del rendimiento académico (derivado de la mayor contextualización y significatividad del aprendizaje).

Por lo tanto, a partir de describir el estado actual del campo y las implicaciones de futuro, sobre concretamente, los elementos de la AF que actúan como mediadores y moderadores de las mejoras en la cognición; y sobre las posibilidades de una intervención educativa, en el presente trabajo se pretende incidir, a partir de la práctica de AF, en la mejora de algunas capacidades cognitivas relacionadas con rendimiento académico del alumnado.

### ***2.3.3 Reto social y científico: el contexto escolar otorga las condiciones idóneas para que tengan lugar programas de actividad física incorporada.***

Muy a pesar de las numerosas evidencias que el campo científico viene aportando desde hace años; tanto las expuestas sobre los beneficios físico y cognitivos de la AF, como también los problemas de sedentarismo y obesidad infantil; el currículum y la repartición horaria de las diferentes áreas o espacios de aprendizaje, no parece apostar ni tener una mirada estratégica en relación con la práctica -necesidad- de AF (Fritz et al. (2020).

De hecho, la educación física se sitúa como única propuesta que, de manera directa, incorpora AF y movimiento. La realidad es que, para la mayor parte de alumnos, esta AF únicamente se da durante dos horas a la semana, una realidad y a su vez, “batalla”, que algunos investigadores como Crum (2017) y Fritz et al. (2020), entre muchos otros, tratan de anunciar y explicar.

Investigaciones como las de Nettlefold, et al., (2011) y Bailey, (2012) determinan que precisamente es el tiempo (horas) que los alumnos están en la escuela, cuando se dan los niveles más altos de sedentarismo; pues una jornada escolar sin educación física supone para la mayor parte del alumnado una jornada de entre 6 y 8 horas sentados en una silla. No obstante, algunos investigadores tratan de ver la parte de solución y no únicamente el problema, y destacan que el contexto escolar, pese a esta realidad, puede ser el escenario idóneo para romper esta problemática. Bartholomew et al. (2011) y Álvarez-Bueno, et al. (2016), entre otros, explican que es durante la etapa escolar cuando existen más posibilidades de adaptación, desarrollo y modulación de nuestro

cerebro (plasticidad). Por lo que es muy importante comprender que no existe mejor contexto de actuación que el escolar. De hecho, algunos artículos de revisión como los de Singh et al., (2019) y de Greeff et al., (2018) concluyen que realizar actividad física durante la jornada escolar no solo es esencial para adquirir un estilo de vida saludable, sino por los efectos beneficiosos sobre el rendimiento académico. Ambos convergen en la importancia de realizar programas de AF dirigidos a la mejora de la salud, de la cognición y de los aprendizajes; pues la AF mejora los procesos cognitivos adyacentes a la capacidad de abstracción numérica, de razonamiento abstracto y de procesos atencionales, como el control inhibitorio y la velocidad de procesamiento; y, en especial, destacan la motivación y el interés del alumnado por realizar un programa divertido, práctico y poco convencional, como también sugiere Fritz et al. (2020).

De hecho, un alumnado predispuesto y motivado para aprender, es, como explica Davidson (2012), un alumnado con hambre de conocimientos y, por lo tanto, con más capacidad para aprender. Paradigma que coincide con el propuesto por Ausubel (1967) y por el propósito y método educativo de pedagogos históricos y que vuelven a aparecer en la actual “neuroeducación”, recogidos en artículos de revisión (Brasó & Díaz) y publicaciones de divulgación (Mora, 2018; Bueno, 2016), entre otros.

Además, ésta es una realidad que puede permitir mejorar algunas capacidades no solo cognitivas y de aprendizaje, sino también sociales y personales (Schmidt et al., 2015; Nuñez et al., 2015; Szabo-Reed et al., 2017; Donnelly et al., 2017; Mavilidi et al., 2018; Chaddock-Heyman y Hillman et al. (2020), entre otros).



Ilustración 4. Esquema beneficios generales de la AF (elaboración propia).

## 2.4 Concreción de las variables del estudio

En definitiva, de todos los componentes teóricos presentados sobre el funcionamiento cognitivo; sobre la maduración de las diferentes regiones cerebrales; las interconexiones que se establecen; los avances se van manifestando en el cerebro del niño en forma de capacidades; e incluso la relación entre realizar una actividad físico-motriz y los procesos cognitivos, entre otras evidencias que los recientes estudios muestran sobre los procesos y la adquisición de las funciones cognitivas y los aprendizajes durante la primera etapa escolar, a continuación, se concretan las tres variables que, a partir de una cuarta que deberá actuar como variable explicativa, son objeto de estudio del presente trabajo.

Para cada una de ellas se desarrolla un marco teórico que va desde la aparición y consolidación de la propia capacidad, hasta la importancia y aplicación de estas en la etapa (edad) y contexto (escolar) que se plantea la parte experimental.

### 2.4.1 *La capacidad de Atención*

Cronológicamente, autores como Luria (1984) y más tarde Taylor (1991) definen la capacidad de atención como un proceso y le atribuyen diferentes fases, pues sugieren que aquello que permite recibir una información externa (estar atentos) es el resultado final de conseguir percibir, seleccionar y sostener el propio mensaje. Para ello también es imprescindible el procesamiento cognitivo, que es responsable de filtrar, comprender y utilizar la información.

Otros autores (Ruiz-Vargas, 1987; Rosselló, 1998; Rosselló y Garrido, 2000; Munar et al., 2008) no creen que la atención forme parte de un proceso gradual, sino que se trata de un conjunto, un mecanismo, capaz de activar el procesamiento y comprensión de manera integral de la información que proviene del exterior y ejercer un dominio sobre ella.

No obstante, ambas definiciones coinciden en que la atención modifica la estructura de los procesos psicológicos, haciendo que estos aparezcan como actividades orientadas a ciertos objetos, lo que se produce de acuerdo con el contenido de las actividades planteadas que guían el desarrollo de los procesos psíquicos, siendo la atención una faceta de los procesos psicológicos. Existe una relación entre los procesos psicológicos y la atención, pues la segunda actúa de dominante controlando y facilitando la activación

de otros procesos y funciones cerebrales, como por ejemplo los psicológicos (Rubenstein, 1982).

Para otros autores más recientes, la atención es definida como un estado cognitivo en el que un niño se centra en una selección de la información perceptiva disponible (Gerrig, et al., 2005); a fin de poder reaccionar de manera rápida y eficiente a tareas o requerimientos atencionales (Purdy, 2016); por ello, autores como Friedman et al., (2007), sugieren que está estrechamente relacionada con las funciones ejecutivas.

### ***Neuropsicología y desarrollo evolutivo de la atención***

Es ineludible que esta capacidad se ubica en una zona determinada del cerebro en la que desarrolla su función y va madurando a medida que evoluciona, pero ya para Luria (1987), era importante destacar una idea que en la actualidad, otras investigaciones han podido confirmar (Jones et al., 2003; van de Weijer-Bergsma, et al., 2008), y es que las funciones mentales, como sistemas complejos que son, no pueden localizarse únicamente en una zona o estructura del cerebro, sino que dependen de la interacción de sistemas y células que, en cierta manera, ejercen un trabajo en colaboración.

Al poco tiempo de nacer el bebé no es capaz de seleccionar y ser consciente de aquello que sucede a su alrededor. Los primeros actos de atención serán visibles durante el ciclo de “sueño vigilia”, aunque no será hasta los dos o tres meses de edad cuando consiga controlar algunos de sus movimientos (oculares) lo que le permitirán estar en estado de alerta y recibir una información (Jones et al., 2003).

Aproximadamente a los 6 meses la atención es ya más flexible y el bebé es capaz de controlar y orientarse hacia donde quiere atender, siempre que haya habido una correcta evolución de la vía dorsal (visual), la occipitoparietal y las estructuras subcorticales, porque, tal y como ya anticipaba Luria (1984), el sistema reticular ascendente (SARA) y el funcionamiento de los hemisferios cerebrales (debidamente sincronizados) permiten que la atención sea posible. Como cualquier otra capacidad cognitiva, la atención, seguirá una evolución gradual, acorde con la edad de la persona, que permitirá que cada vez sea más eficiente de acuerdo con los estímulos externos recibidos.

Será en la etapa de infantil (de dos a seis años) cuando la atención permitirá que se le unan otros procesos cognitivos, lo que implicará que, por ejemplo, el niño/a sea capaz de contextualizar las acciones y estímulos que recibe, siendo consciente de la información que ve y/o escucha, pudiendo él mismo, determinar si le es o no agradable, motivacional, divertido y útil.

De hecho, según el análisis de van de Weijer-Bergsma, et al., (2008), durante los siguientes años el aspecto atencional más relevante que se suma es el funcionamiento ejecutivo. Este permite, ya con gran precisión, sostener y focalizar la atención de manera voluntaria, de manera que es el niño quien decide, dependiendo del estímulo, cuando empieza y cuando acaba su atención. Esta capacidad es esencial en el contexto académico, pues, disfrutar de una tarea puede suponer garantizar la atención sostenida, pero, en cambio, cuando en la escuela se proponen actividades poco estimulantes, el niño será capaz de inhibir su atención, centrándola en cualquier otra tarea y cerrando su canal atencional para el aprendizaje. Su velocidad para procesar la información es mucho más operativa y se aproxima a la del adulto.

### ***Importancia de la atención dentro del aula escolar***

Por todos los conocimientos mostrados por los autores citados (Luria, Taylor, Rosselló, Rubenstein, entre otros), se comprende que la capacidad de atención tiene una gran repercusión dentro del aula, en forma de rendimiento académico.

Ruiz-Vargas (1987; 1993) hace unas décadas y Jones et al., (2003) explican que un niño incapaz de sostener la atención en un aprendizaje será también incapaz de aprender, pues no es posible adquirir, codificar o recordar un conocimiento sin antes haber atendido de manera sólida al estímulo (visual u oral) que lo ha mostrado.

Para Mora (2013b), la forma más directa de despertar la atención, mecanismo imprescindible para el aprendizaje, es suscitar la curiosidad. La dificultad que en la actualidad se manifiesta en las aulas, es que, los alumnos, no quieren estar atentos. Los estímulos que pretenden mostrarles conocimientos no les crean atención y esto provoca que no estén receptivos ni motivados para aprender.

Davidson (2012) explica que el cerebro encuentra estimulación cuando nosotros hablamos y soñamos con metas positivas, pero, en cambio, si pensamos o hablamos de los errores que tenemos, de aquello que hemos de corregir, todos aquellos centros cerebrales que se habían activado se desactivan. Sucede porque las emociones positivas nos impregnan de energía y podemos concentrarnos mejor y empatizar más, ser más creativos y mantener el interés por las tareas, pero el cerebro encuentra su antagónico en las emociones negativas.

En la escuela prevalece un enfoque centrado en los errores. Se destacan más aquellos aspectos negativos que los positivos, olvidando la importancia que tienen los refuerzos positivos y de la emoción para la predisposición y percepción de los aprendizajes

(Rosselló & Revert, 2008) por aprender, pues, en su ausencia, la atención disminuye y la capacidad para aprender también.

Ante esta realidad, es imprescindible contar con diversas estrategias pedagógicas que estimulen el cerebro (sugiriéndole acciones que le supongan cambios, novedades y retos alcanzables). El docente debe ser muy creativo y crear ejercicios que permitan activar todas estas funciones atencionales necesarias para el aprendizaje, por ejemplo, actividades más significativas, en las que el alumno deba interactuar con su cuerpo y el medio para obtener un resultado (aplicables a la vida diaria). El alumno, tal y como sostiene Jensen y Snider (2013), se mostrará más participativo, con más ganas de aprender y menos estresado, pues, las actividades le hacen trabajar, pero de manera agradable, útil y lógica.

Al fin y al cabo, como mantenía James (1950) hace más de un siglo, nuestra realidad es aquella a la que atendemos, la que vemos, oímos y sentimos, aquello a lo que de ninguna manera podemos atender, acaba desapareciendo y alejándose de nuestra realidad.

#### **2.4.2 La capacidad de Memoria**

Para Celada y Cairo (1990), dos investigadores pioneros en estudiar y explicar la capacidad de recuerdo y memorización describen dicha capacidad como un proceso mental a través del cual los seres humanos somos capaces de almacenar, conservar y recuperar experiencias anteriores para aplicarlas a un nuevo contexto que se puede presentar en el presente o en el futuro. Anterior incluso a Celada y Cairo, el investigador Milner (1978), tras sus investigaciones con pacientes con trastornos de memoria, afirma que esta capacidad no se encuentra en un lugar concreto del cerebro, sino que consiste en varios sistemas que permiten lo que se conoce como las tres fases de la memoria: la codificación, el almacenamiento y la recuperación. La codificación prepara la información para ser almacenada, en esta fase de la memoria, la concentración, la atención y la motivación son muy importantes. En una versión más actual, para Bauer et al., (2011), el almacenamiento pretende guardar los datos en la memoria para posteriormente acudir a ellos. La recuperación será la fase del proceso en la que podremos hallar esos recuerdos, experiencias y/o información que necesitamos para dar una nueva respuesta (crear una nueva experiencia).

Esta evidencia, de hace varias décadas, sigue sosteniéndose por recientes estudios de revisión e intervención, como el de Asok & Kandel, et al., (2019), que demuestran de la

interrelación entre funciones y zonas del cerebro que trabajan afín de crear un proceso de memorización. Estos procesos se explican a través de los mecanismos celulares de consolidación sináptica que inducen cambios en los sistemas y las redes de memoria que crecen y se extienden entre diferentes zonas del cerebro; unas conexiones que, además, tienen relación (trabajan en sincronía) con otras adheridas a procesos (capacidades) diferentes, como son las redes atencionales, pues, es una evidencia que sin prestar atención (voluntariamente o no), no es posible el almacenamiento de dicha experiencia.

En la línea de Milner se suma el trabajo de James (1989), para, entre ambos, poder explicar que la capacidad de recordar incluye diferentes mecanismos que permiten, por lo tanto, distinguir entre tipos de memoria, entre los que, por su reconocimiento en la actualidad, cabe destacar: la memoria sensorial (MS), la memoria a corto plazo (MCP) y la memoria a largo plazo (MLP). La primera (MS) nos llega a través de los sentidos, es una memoria muy breve (dura entre 200 y 300 milisegundos) e inmediatamente desaparece o se transmite a la memoria a corto plazo. La información mnésica permanece el tiempo necesario para que sea atendida de manera selectiva e identificada para poder procesarla posteriormente. La MCP, también denominada memoria operativa, se da una vez integrada la sensorial (Cowan, 2014).

Bauer et al., (2011), explican que la memoria a corto plazo es esencial para desarrollar tareas complejas que no son explícitamente tareas de memoria. Un buen ejemplo es el de las matemáticas mentales, es decir, la capacidad de recordar una cadena sin sentido e inmediata de números, como puede ser una contraseña o un código puntual. Por ello, el concepto de memoria a corto plazo u operativa, también puede ser denominado memoria de trabajo.

No tiene una gran capacidad, pero es capaz de mantener el recuerdo en la mente y manipularlo mediante otros procesos cognitivos superiores. Cuando esta fase se desarrolla y se integra de manera correcta, es posible obtener la memoria a largo plazo (MLP), que nos permitirá utilizar la información para una situación del futuro.

Se distinguen dos subtipos de memoria duradera: la memoria implícita, también llamada procedimental (se almacena de manera inconsciente implicada en el aprendizaje de diversas habilidades mecánicas como montar en bicicleta o conducir) y la memoria explícita o declarativa (asociada a la consciencia, incluye el

conocimiento objetivo de las personas, los lugares y los acontecimientos, así como lo que ello significa tanto objetiva como subjetivamente).

Por lo tanto, es importante reiterar en la idea que, la capacidad de memoria no es un proceso simple, sino que involucra a varios sistemas del funcionamiento cerebral, consiguiendo que todos los tipos de aprendizaje puedan ser adquiridos y consolidados, también denominado red neuronal (Pino y Bravo, 2005); además está implicada en varios procesos cognitivos y, en cierta manera, garantiza que estos otros (como la atención) puedan funcionar correctamente.

### ***Neuropsicología y desarrollo evolutivo de la memoria***

La memoria, como cualquier otra capacidad que se va mejorando y completando a medida que nuestra capacidad cognitiva y evolutiva crece, sigue un proceso gradual, acorde al desarrollo neuropsicológico del niño que después será adulto.

Para Eichenbaum (2002) el hipocampo será la primera estructura involucrada en generar recuerdos a partir de los tres meses de gestación. La maduración de esta estructura seguirá creciendo hasta varios años después del nacimiento. El cerebelo y los ganglios basales serán los primeros que detectaran actividades motoras, aunque, la capacidad de realizar una propia acción y recordarla para después aplicar la experiencia de nuevo, no será posible hasta la maduración de la corteza prefrontal, entorno al año (Pino y Bravo, 2005). Cada red neuronal, cada área involucrada en generar, almacenar y aplicar la memoria, irá madurando a medida que incorporamos aprendizajes y generamos un bagaje, una cierta experiencia y repertorio de situaciones vividas, a nuestro cerebro. Mediante este proceso la capacidad de memoria consigue desarrollarse y ser cada vez más eficiente para solucionar situaciones reales.

El cerebro necesita de la maduración de unas estructuras esenciales, el hipocampo y la corteza prefrontal, para poder ser capaz de realizar el proceso de codificación, consolidación y organización de recuerdos o aprendizajes en las redes de la memoria (Kitamura, et al., 2017; Preston y Eichenbaum, 2013).

Narbona y Soprano (2007) sitúan la capacidad de memoria explícita a los tres meses del nacimiento, cuando el bebé, de manera inconsciente y de poca durada, es capaz de detectar un contexto ya experimentado, mostrando un aprendizaje que le generó el mismo. Son ejemplos gestos de complicidad o sonrisas, movimientos con los brazos o incluso sonidos que, de manera voluntaria el bebé realiza para informarnos que aquello lo recuerda y le es, o no, agradable.

Estas acciones conseguirán controlarlas e imitar las conductas (recuerdo consolidado), en torno a los meses próximos al primer año, aunque, en realidad, hablamos de una memoria explícita condicionada por el contexto y con las emociones (importancia del sistema límbico). Como consecuencia de esta maduración, durante los próximos años (aproximadamente hasta los seis) irá desarrollándose la memoria implícita, a medida que el niño sea capaz de controlar sus estrategias mnésicas para recuperar los recuerdos y aplicarlos a nuevas situaciones Narbona y Soprano, 2007).

Este proceso se completa con la maduración de las funciones ejecutivas (necesarias para la memoria de trabajo), las regiones prefrontales y las parietales posteriores. Capacidad que no empezará a ser posible hasta los ocho años de vida y que se irá consolidando durante la adolescencia (Narbona y Soprano, 2007).

### ***Importancia de la memoria dentro del aula escolar***

Autores como Shin & Park (1999) y Eichenbaum (2002) permiten que interpretemos la importancia que la capacidad de memoria tiene para el aprendizaje, pues, sin recuerdo, no es posible aprender. No obstante, de la misma manera que sucede con la atención, para que se genere aprendizaje ha de haber un interés implícito del sujeto que le haga estar receptivo a comprender, integrar y evocar ese mensaje, información y/o recuerdo que posteriormente se convertirá en aprendizaje y que podrá recuperarse en el momento que necesite servirse de él para solucionar una situación nueva, en un contexto semejante.

Algunas investigaciones (Chaddock, 2010; Cahill et al., 2003), hacen referencia a la necesidad de incorporar experiencias de aprendizaje para generar la capacidad de crear representaciones mentales que sean permanentes. Es decir, que puedan ser aprendidas y evocadas en un nuevo contexto. Esto es en realidad a lo que se refieren los aprendizajes.

Además, es de vital importancia ser capaz de memorizar porque sin dicha capacidad no es posible el almacenamiento de la información en la red de circuitos neuronales. El proceso de aprendizaje no se da de manera directa e inmediata, sino que requiere de diversos cambios estructurales y funcionales en los contactos sinápticos adheridos a dichos circuitos. En cierta manera, las experiencias – y todos los componentes que entran en juego – provocan estos cambios moleculares, pero las funciones cognitivas (diferentes para cada persona) son las que consolidan o no esta red neuronal. Una red no consolidada es en realidad una red o una serie de conexiones vacías de información que, en ningún caso, podrán representar un aprendizaje.

Por ello, uno de los factores determinantes en dicho proceso es el componente emocional. Pues, a mayor significado mayor es la facilidad de consolidación y recuperación de dicha experiencia y/o proceso de aprendizaje (Kitamura, et al., 2017; Preston y Eichenbaum, 2013).

Este proceso de aprendizaje a veces es voluntario y otras no, dependiendo de si es explícito o implícito. Somos capaces de aprender y recordar sin querer, pero no podemos aprender ni recordar si no queremos.

En las aulas, es tan necesario trabajar la capacidad de memoria como darle sentido a ésta, pues, los alumnos deberán crear sus propias estrategias para recordar y poder aplicar sus conocimientos en problemas, tanto de la vida real como académicos.

El docente es la persona que puede manipular, crear y contextualizar los aprendizajes que ha de aprender el niño, pero para ello deberá ser consciente de cómo y qué debe aprender.

### **2.4.3 La capacidad de Cálculo**

Para Boller y Grafman (1985), ya hace unas décadas, el cálculo se explica mediante un proceso complejo que involucra varios sistemas neurocognitivos y de procesamiento verbal y gráfico de la información; un proceso que décadas después, Butterworth, B. (2002; 2005) demuestra que, además, a partir de cualquier operación de cálculo, el cerebro activa funciones mentales, entre las que, también requiere de la participación de la memoria (corto y largo plazo) y la atención, capacidades previamente ya relacionadas (trabajo asíncrono del cerebro) y también destacadas como esenciales para el aprendizaje.

Además, calcular puede suponer realizar una operación totalmente mental (cálculo mental) sin apoyo de calculadoras u otros aparatos técnicos de resolución de operaciones, por lo que, la información a resolver debe permanecer en la memoria de trabajo (apoyo mental gráfico) hasta que la capacidad cognitiva realiza la operación y da con el resultado. No obstante, calcular también supone un proceso mediante el que debemos acudir a recuerdos generados durante la infancia (como las tablas de multiplicar) que, si se consolidaron de manera correcta, permanecen en nuestra capacidad de memoria a largo plazo y nos permitirán resolver, de manera mental o mediante esquemas, operaciones más complejas (Dijkstra, 1991).

Específicamente, el cálculo mental, para Ibañez, et al. (2018) hace trabajar el cerebro por sí solo sin ayuda de otros instrumentos que cada vez piensan más por nosotros, como por ejemplo las calculadoras. Incluso apoyarse del lápiz y del papel hace que las operaciones sean demasiado mecánicas, excluyendo la capacidad de pensar y de cálculo real. En cambio, cuando un alumno realiza todo el proceso de manera mental, cada operación es una nueva estrategia.

La neurociencia cognitiva está aportando evidencias para demostrar que existen diferentes modelos para la representación mental de los números, es decir, existen varios sistemas neuronales que conectan la información y los conocimientos relacionados con la capacidad numérica y que, en base al requerimiento de la tarea a realizar, se utiliza una u otra red de aprendizaje.

Se puede diferenciar entre el conocimiento numérico almacenado verbalmente en el sistema lingüístico, considerado más bien como el recuerdo de hechos numéricos que como cálculos propiamente, como los meses del año, el conteo e incluso las tablas de multiplicar (Dehaene et al., 1999); y un tipo de cálculo de problemas aritméticos que pueden ser simples (por ejemplo de cálculo mental) o más complejo, que requiere de operaciones de varios dígitos, ambos involucran a las regiones visioespaciales (Zago et al., 2001), además de involucrar a los procesos de representación de imágenes mentales visuales como la recta numérica (Pesenti, et al., 2000; 2001).

### ***Neuropsicología y desarrollo evolutivo del cálculo***

Como intervienen un gran número de sistemas cognitivos, la función del cálculo no podrá ubicarse en una determinada zona o área cerebral. Roland y Friberg (1985) sostienen que para realizar operaciones aritméticas implicamos áreas y estructuras corticales y subcorticales del lóbulo parietal, frontal, de asociación temporal y occipital.

A pesar de estar operativos los dos hemisferios, se centra mayor actividad en el dominante (generalmente el izquierdo), aunque existe una conexión continua entre ellos (capacidad bihemisférica).

En los últimos años la capacidad del cálculo ha sido considerada como una de las ocho inteligencias que propuso Gardner (1983) a partir de la cual un individuo puede comprender, dar un valor, atribuirle uno de adicional (operación) y resolverlo para comprobar si tiene un impacto o una consecuencia para solucionar una situación o problema planteado. Para todo esto es necesario, además de un conocimiento

matemático (números y signos), una capacidad de pensamiento lógico y un razonamiento deductivo e inductivo para asimilar, relacionar y resolver situaciones.

Para Armstrong (1994) la capacidad matemática empieza a desarrollarse a medida que se inician algunas acciones sensoriales y motrices. La evolución de esta capacidad va desde las operaciones sencillas y concretas hacia las complejas y formales, demostrando que el cálculo primero se aprende mediante razonamientos lógicos y experimentales para acabar siendo abstractos. Por ese motivo durante los primeros 10 años el niño desarrolla esta capacidad mediante los objetos de su entorno cotidiano (chupete, sonajero, cuna, etcétera) y en cómo estos pueden comportarse en una o varias circunstancias, tanto previas como futuras. Los bebés son capaces de atender rápidamente si en dos espacios cercanos, por ejemplo, dos cajas transparentes, hay o no el mismo material, objetos o juguetes, es decir, aun sin saber contar, son capaces de “comprender”, por ejemplo, que en una caja se ven más peluches que en la otra, por lo que, será más habitual que se aproximen o extiendan la mano hacia la que contiene mayor número. A través de experimentaciones como la indicada, irán adquiriendo más capacidades, como por ejemplo la de comparar y de ser partícipe de un incremento-decremento y de los conceptos *parte* y *todo*. El entorno y la interacción del niño en él, determinará en gran modo la evolución de esta capacidad.

Como sugiere Guzmán (2006), el planteamiento que debe llevarse a cabo para el aprendizaje y mejora matemática compromete a padres y maestros en garantizar determinados enfoques que lo favorezcan y permitan que la capacidad evolucione correctamente. Es muy importante que el propio alumno comprenda de la importancia de esta capacidad, pues el cálculo será una acción que deberán realizar con una alta frecuencia diaria, tanto para actividades de ocio (como juegos o deportes), como para cualquier actividad económica (hacer la compra, repartir dinero, etcétera), y, ambas, deberán ir seguidas de un correcto aprendizaje escolar.

### ***Importancia del cálculo dentro del aula escolar***

Ortiz (2009) sostiene que el cálculo (específicamente el cálculo mental) no solo es importante en la educación y ha de estar muy presente en las aulas porque es un contenido curricular matemático, sino también porque desarrollar esta capacidad premia y permite que otras también mejoren, como los aprendizajes aritméticos y la resolución de problemas. Da al alumno mayor capacidad de autonomía. El cálculo mental mejora esta capacidad, facilitando la resolución de este tipo de problemas. Fomentar este ejercicio entre los estudiantes les ayuda a explorar diferentes vías para calcular y operar

con los números y favorece la adquisición de habilidades de concentración y atención. Por las necesidades de la actual sociedad, es totalmente prioritario desarrollar debidamente la capacidad para el cálculo, y, específicamente el mental. Es cierto que cada vez más, aquellas operaciones matemáticas complejas, aquellas que requieren de la concentración, planificación e incluso de dibujos y esquemas que faciliten su resolución, y que, por lo tanto, son imposibles de realizar mentalmente (sin necesidad de lápiz y hoja), están desapareciendo.

Cada vez lo intentamos menos, incluso los profesionales que se dedican a ello consideran que optimizan mejor el tiempo si estas operaciones las realizan “máquinas” especializadas (calculadoras científicas, programas estadísticos, de ecuaciones, etcétera) en vez de ellos mismos.

Por ese motivo, en la educación, cada vez se introducen más técnicas y recursos tecnológicos que facilitan la comprensión y la resolución de este tipo de operaciones complejas, pues, la finalidad del ejercicio reside más allá del mero resultado, centrándose más en la elaboración, comprensión y reflexión del problema.

Tal como sostiene Guzmán (2006), multitud de actos cotidianos sí que exigen que nuestra mente realice operaciones matemáticas básicas, para las que no deberíamos necesitar papel y lápiz, y tampoco ninguna herramienta adicional a nuestro cerebro. Son ejemplos diarios la suma de productos que queremos comprar si no queremos sobrepasar un precio (dinero que tenemos), así como controlar y saber el cambio que nos debe de dar el vendedor, o bien poder comprender y calcular qué debo de hacer para restar el 10% de rebaja que han aplicado sobre el precio de un producto.

Desde las aulas se puede trabajar mediante actividades como: jugar con números, monedas y cantidades manipulables que impliquen de operaciones, a veces sencillas y otras complejas, que deban realizar los alumnos como “objetivo” del propio juego. Cada vez existen más juegos de mesa, de construcción, de entretenimiento y hasta de ejercicio físico, que se pueden adaptar para el aprendizaje de capacidades como el cálculo, la atención, la memoria, la lengua, etcétera. Ser capaces de utilizarlos debidamente es lo que otros autores, como Jensen y Snider (2013), creen que determinará la posibilidad de cambio y mejora en los rendimientos académicos.

#### **2.4.4 La actividad física**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera actividad física a cualquier movimiento corporal producido por los músculos que exija gasto de energía. La actividad física abarca otras actividades que suponen dicho movimiento y que involucran a las capacidades motrices en situaciones de juegos y actividades recreativas (jugar en el parque, en la playa, excursiones, etcétera), de desplazamientos activos que pueden ser domésticos (caminar, correr, nadar, remar, etcétera), o bien trabajos físicos (profesor de danza, jugador profesional de un deporte, un obrero, etcétera).

Por lo tanto, podemos utilizarla con diferentes fines, sean estos terapéuticos, deportivos, educativos, reeducativos, de ocio... Y como sostiene Rigal (2006), la actividad física está presente en muchas situaciones y acciones de la vida diaria, pues las utilizamos de manera metódica y no siempre somos conscientes.

Además, incluye el “ejercicio físico”, al que la OMS define como una variedad de actividad física, aunque ésta será más jerárquica y estará más estructurada y planificada porque persigue un objetivo puramente físico, más relacionada con el entrenamiento y las aptitudes físicas.

Autores como Gould (2010), clasifican el ejercicio físico en tres modalidades diferentes: el ejercicio aeróbico, el ejercicio anaeróbico y el ejercicio de flexibilidad.

El ejercicio aeróbico consiste en realizar una actividad física durante un tiempo prolongado, sin que esta sea de gran intensidad, pero suficiente como para activar el sistema cardiovascular. Las actividades deportivas de este tipo generan una mejora en el consumo del oxígeno a lo largo del proceso de generación de energía, teniendo un impacto sumamente positivo para la salud.

Actividades como caminar, subir escaleras o remar se subcategorizan en ejercicios de bajo impacto. Mientras que actividades como correr, bailar o practicar tenis se consideran de alto impacto.

El ejercicio anaeróbico, en cambio, ayuda a incrementar la masa muscular, así como también mejorar la potencia de la persona que se entrena. Las actividades suelen ser de alta intensidad, pero de baja duración e implican hacer fuerza, como levantar pesas o utilizar máquinas o mecanismos que exijan al músculo contraerse y realizar una fuerza de opuesta gravedad.

El ejercicio de flexibilidad ayuda a evitar que los músculos pierdan elasticidad y se hagan más cortos, pues, a mayor elasticidad muscular menor rigidez, con lo que, menor riesgo de sufrir una lesión. Dentro de estos ejercicios físicos se pueden encontrar, entre otros, el yoga, el taichí o pilates, por ser ejercicios que obligan a trabajar las extremidades estirándolas y consiguiendo realizar posturas y estados de estiramientos profundos durante unos segundos.

Tal como se ha descrito en el apartado teórico de AF y cognición, la literatura actual puede dividir los estudios de AF en ejercicio cuantitativo y cualitativo. El ejercicio cuantitativo se centra en la intensidad y duración predeterminadas y a menudo es de carácter moderado a vigoroso; en cambio la cualitativa tiene un requisito cognitivo directo o indirecto que a menudo incluye desafíos cognitivos del propio deporte o para aprender nuevas habilidades, tanto físicas como cognitivas (Daly-Smith, et al. 2018). La mayor parte de autores destacan la importancia de considerar tanto la cantidad como la calidad del ejercicio para la promoción de la salud (Garber, et al. 2011).

### ***Neuropsicología y desarrollo evolutivo de la actividad física aeróbica***

La capacidad de movernos viene determinada por el funcionamiento y acción cerebral. Desde el sistema nervioso es necesario recibir un impulso que active la función motriz. Incluso antes de nacer el ser humano ya es capaz de moverse mediante impulsos descontrolados pero que pueden llegar a ser más o menos voluntarios como respuesta a un estado alegre e incómodo, por ejemplo.

No obstante, será después del nacimiento cuando las habilidades motoras crezcan exponencialmente, debido en gran parte a la posibilidad real de percibir, sentir, ver y experimentar. Esto ocurre en torno a los tres meses, momento en el que ya es capaz de girar la cabeza como respuesta a un sonido o incluso para atender a un estímulo y objeto y seguirlo ocularmente (Cobos, 1995; Carson, et al. 2016).

A partir de los seis meses consigue mantenerse sentado, estirarse y voltearse, en definitiva, empieza a controlar las partes de su cuerpo y a conjugar peso y gravedad, en un ejercicio de fuerza y equilibrio. Será aproximadamente al finalizar el primer año cuando ya sea capaz de ejercer correctamente el movimiento óculo-manual, mediante el que puede coger aquel objeto que antes solo podía seguir con la mirada (Carson, et al. 2016).

A medida que el niño va creciendo y experimentando empieza a desarrollar una serie de patrones básicos de movimiento, tales como el gateo y el arrastre, que le permitirán

ejercer un mayor control sobre sus músculos y que estos se nutran de la fuerza suficiente para, alrededor de los dos años, permitirle levantarse y empezar a caminar. Poco a poco, especialmente a partir de las primeras edades de escolarización (entre 3 y 6 años) se familiarizan con algunas habilidades motrices básicas (Batalla, 2000); se inicia el complejo proceso de la adquisición del equilibrio, estático y dinámico (Cabedo & Roca, 2008); y es a partir de este inicio de desarrollo motor cuando es capaz de iniciarse en la coordinación necesaria para trotar y aproximarse al desplazamiento a más alta velocidad, así como a otras de las capacidades que deben adquirir de manera progresiva (Jiménez, 2012).

Existen datos que muestran como la actividad física armoniza y modifica tanto la función como la estructura del cerebro en plena etapa de desarrollo. Chaddock (2010) publicó hace algo más de 6 años, la primera investigación en la que se analiza la asociación entre la aptitud aeróbica infantil y la estructura y función de los ganglios basales. Dentro de éstos, el cuerpo estriado, o estriado dorsal, es la estructura subcortical que envía información hacia los ganglios basales, por lo que Chaddock (2010) prestó especial atención a esta estructura y pudo determinar la existencia de una relación entre las características del cuerpo estriado y las capacidades para desarrollar funciones ejecutivas concretas como atención e inhibición.

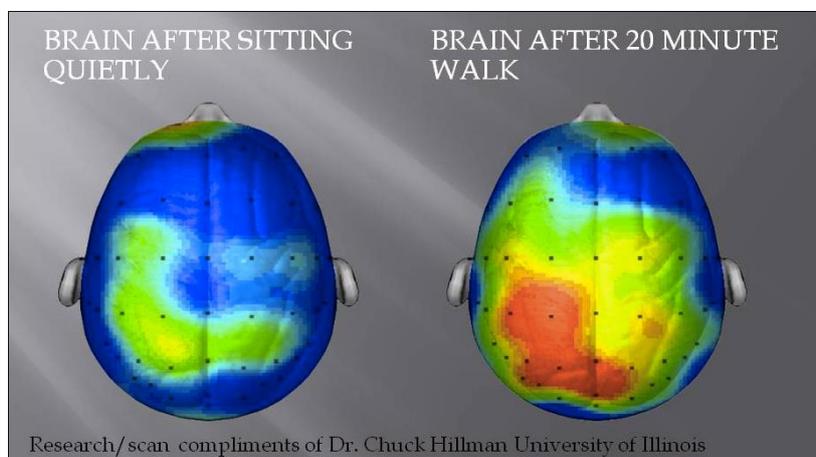
Los resultados demuestran que asegurar la actividad física durante la principal etapa de crecimiento (edad escolar) facilita el control de la toma de decisiones y del aprendizaje en general; un beneficio que persiste también las siguientes etapas de la vida, pues Chaddock et al., (2010), demuestran que infantes de entre siete y nueve años de edad, con unos niveles de volumen máximo de oxígeno en la sangre ( $VO_2$ ), obtienen una estructura hipocámpica y unos ganglios basales de mayor volumen en comparación con niños de niveles de entrenamiento cardiovascular menores. El  $VO_2$  máx., que también se denomina consumo máximo de oxígeno, es la cantidad máxima de oxígeno ( $O_2$ ) que el organismo puede absorber, transportar y consumir en un tiempo determinado. Es la manera más eficaz de medir la capacidad aeróbica de un individuo, por lo que, a mayor  $VO_2$  máx., mayor será su capacidad cardiovascular.

Además, se observó correlación entre el volumen del hipocampo y los ganglios basales y el rendimiento cognitivo en actividades de memoria visual y de respuesta de las funciones ejecutivas como el control y la memoria de trabajo. En otro estudio (Voss et al., 2011) se evaluó la actividad cerebral mediante resonancia magnética funcional en sujetos que compartían altos niveles de ejercicio cardiovascular y, en ellos, se demostró un patrón de activación de las áreas del cerebro más eficiente en comparación con los

sujetos que presentaban menores niveles de capacidad física y, asimismo, menores valores de VO2 máximo.

En la misma línea, Roig et al. (2013) se centraron en investigar la relación que tiene el ejercicio cardiovascular intenso (a corto y largo plazo) con la memoria (a corto y a largo plazo). Principalmente el objetivo era demostrar que el ejercicio podía mejorar esta capacidad, no obstante, descubrieron que el efecto no seguía la misma evolución cuando la actividad se prolongaba en el tiempo, pues la capacidad de memoria a largo plazo no obtuvo una mejora significativa. Aun así, concluyen que el ejercicio físico sí optimiza las condiciones de la capacidad cognitiva, función mental en la que se desarrollará la capacidad de la memoria.

Para seguir destacando la importancia del ejercicio a nivel neuropsicológico, Hillman et al. (2014), mostraron que niños en mejor forma física muestran rasgos diferenciados en algunas zonas del espectro electroencefalográfico (P3), durante diferentes tareas cognitivas, lo cual está asociado a un rendimiento cognitivo superior. En dicha investigación se analiza el efecto que tiene el ejercicio en las capacidades de los niños. Además, se propone que realizar el camino hacia la escuela a pie, pues caminar durante unos 20-30' diarios, produce una mayor funcionalidad cerebral.



**Ilustración 5.** Cambios en las regiones cerebrales inducidos por el ejercicio físico (Hillman, et al., 2014)

También existe un estudio en el que se ha observado una mejoría de la atención y rasgos diferenciales de P3 en la electroencefalografía (EEG) en niños preescolares (Chang et al, 2013). Este estudio muestra nuevamente que la estructura y función cerebral puede variar dependiendo de la actividad que se esté realizando. Se centran en medir las diferentes potencias (alpha, theta) obtenidas en el cerebro mediante la actividad física y en cómo éstas afectan en la anticorrelación entre el *default mode*

(DMN) y el *dorsal attention* (DAN), que refleja variaciones neuronales, a través de un electroencefalograma. Dato de interés porque podría permitir detectar las funciones neuronales y conectividades generales mientras los sujetos realizan, o no, actividades físicas como caminar o correr. Esto demuestra la tendencia hacia una vida más sedentaria puede producir un mayor deterioro de la estructura cerebral y, por lo tanto, de las capacidades cognitivas y de la función cerebral (Sibley y Etnier, 2003; Castelli, et al. 2007a; 2007b; y Chaddock et al. 2010).

### ***Importancia de la AF en el contexto escolar***

Especialmente en el apartado sobre “AF y cognición” y más concretamente en el tipo de AF y programas de aplicación escolar, como el método del aprendizaje físicamente activo, se ha demostrado la importancia de la AF en el contexto escolar porque, además de los propios beneficios físicos y cognitivos que aporta la AF, también puede facilitar la comprensión, consolidación y recuperación de los procesos de aprendizaje (Singh et al., 2019; de Greeff et al., 2018).

Pero, además, es importante seguir insistiendo en que la práctica de AF es indispensable para mantener un estilo de vida saludable (Gunter, et al. 2012); un óptimo sistema metabólico (Janssen et al. 2010); cardiovascular (Fernhall et al. 2008); y psicosocial del cuerpo humano (Biddle, et al. 2011); pues, la oposición a un estilo de vida activo produce y se relaciona con una baja aptitud cardiorrespiratoria y con una disminución en el rendimiento académico (Chaddock, et al. 2011).

En esta línea, también Álvarez-Bueno, *et al.* (2016), realizaron un estudio que hace hincapié en la importancia del ejercicio físico para las capacidades cognitivas y se reitera en la idea expuesta anteriormente: el contexto escolar (la escuela) es el lugar idóneo para concienciar y educar a los alumnos (reto social) para tener una vida menos sedentaria y más motriz.

#### **2.4.5 Relación entre variables del estudio (AF, atención, memoria y cálculo)**

Las capacidades de atención y memoria, por ejemplo, dependen de la funcionalidad del pensamiento ejecutivo y, por lo tanto, entre ellas existe una vinculación y correlación directa que permite demostrar que ambas capacidades se necesitan para funcionar mejor. Aun así, aunque es cierto que un foco atencional será más positivo (creará una estimulación positiva) cuando el propio sujeto lo reconoce (sirviéndose de la memoria de trabajo y la duradera) y por lo tanto recuerda que esa experiencia le fue satisfactoria, también es una realidad que precisamente aquellos sonidos, objetos o acciones que desconocemos (sobre los que no tenemos precedentes en nuestra memoria) pueden llegar a ser ante los que más atención prestemos (Mora, 2013b).

En cambio, para la acción de memorizar y retener una experiencia, idea, palabra..., prestar atención a ella sí que es totalmente necesario, así como el contenido de dicha experiencia, que conseguirá o no que estructuras límbicas y regiones como el hipocampo, estén receptivas para atender, retener y consolidar la experiencia (Narbona y Soprano, 2007). Argumentos como estos permiten destacar el papel de la atención como capacidad primaria y el de la memoria como capacidad secundaria y adquirida a posterior en el desarrollo neurocognitivo del bebé, niño y adulto que, haciendo referencia a Guzmán (2006), irá adquiriendo capacidades matemáticas (de cálculo, medida y resolución de problemas) progresivamente a partir de la base atencional y de memoria (capacidades principales).

A estas tres capacidades, variables de estudio, se une el ejercicio y la actividad física, comprendido desde los inicios del bebé, ya en etapa prenatal, a partir de cada movimiento que realiza como respuesta a una acción motriz. Una respuesta impulsada por un estado de ánimo, por un reflejo, por un deseo, como estrategia de defensa o de resolución de un problema, o por cualquier otro motivo que provoque la activación del SNC para inducir, mediante la energía y movimiento del propio cuerpo, un cambio que modifique el mundo exterior de forma más o menos voluntaria. En definitiva, toda acción motriz viene también precedida por un impulso cognitivo que, por lo tanto, a mayor o menor grado, involucra a las funciones ejecutivas y de pensamiento superior (Carson, et al. 2016).

Una vez comprendido que el cerebro funciona como un todo, como un conjunto o una orquesta en la que todos los instrumentos deben de estar bien sincronizados para no romper la armonía, la incógnita aun por conocer es en qué medida, a qué grado, el

ejercicio físico se correlaciona de manera directa con las capacidades cognitivas, específicamente con la atención, la memoria y el cálculo. Poder demostrar que la capacidad motriz converge con el funcionamiento del SNC y de las funciones cerebrales fue un gran descubrimiento que la ciencia aportó, pero, en estos momentos actuales de la sociedad, cada vez más sedentaria, poder demostrar que realizar más ejercicio permite que ciertas funciones ejecutivas y capacidades cognitivas mejoren exponencialmente, puede suponer un factor de impacto para el devenir social.

Un fenómeno neuropsicológico para tener en cuenta para afrontar las reformas educativas necesarias para una mejor aproximación a lo que debe atenderse en la formación de niños/as que han de crecer, aprender y convivir en el siglo veintiuno.

### 3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

#### 3.1 *Objetivos*

La tesis doctoral pretende abordar un objetivo general (relación entre práctica de actividad física y función cognitiva) y tres objetivos específicos, a los que se pretende dar respuesta mediante tres sub-estudios.

##### ***Objetivo general***

Estudiar la relación entre la práctica de actividad física y la mejora de funciones cognitivas como la atención, la memoria y el cálculo de niños y niñas de 6 y 7 años.

##### ***Objetivos específicos de cada estudio***

**Estudio 1:** Influencia de la práctica de actividad física en las capacidades cognitivas de atención, memoria y cálculo en alumnos de 6 y 7 años.

1. Comprobar si existe relación entre las medias obtenidas en los test neuropsicológicos que miden la atención, la memoria y el cálculo, y la frecuencia (en horas/semana) de práctica de actividad física.
  - 1.1. Determinar si existe relación entre la capacidad de atención, la memoria y la capacidad de cálculo de los alumnos de la muestra de estudio.
  - 1.2. Determinar si existe relación entre las capacidades cognitivas del estudio y la frecuencia con la que los alumnos de la muestra practican actividad física.

**Estudio 2:** Implementación del programa de Actividad Física diaria, “moverse y pensar”, para incidir sobre las capacidades cognitivas y mejorar el rendimiento académico.

2. Determinar si existe relación entre participar en el programa Moverse y Pensar (intervención diaria de 18 meses) y la mejora en la atención, la memoria, el cálculo y el rendimiento académico.
  - 2.1. Comprobar la relación entre la aplicación de la intervención sobre el grupo experimental y las capacidades cognitivas analizadas y el rendimiento académico (expediente) en momento pre y post.
  - 2.2. Comparar los resultados de las baterías de pruebas del grupo experimental y del grupo control (pre y post) para determinar la influencia positiva, negativa o neutra del programa de intervención.

**Estudio 3:** Incidencia de una sesión de AF intensa en el aumento de los niveles basales de BDNF en saliva.

3. Analizar la relación entre una sesión de actividad física intensa y el aumento de marcadores biológicos como el BDNF.
  - 3.1. Determinar si una sesión de actividad física intensa puede hacer aumentar un factor de crecimiento neuronal, el BDNF, relacionado con la plasticidad neuronal y los aprendizajes, en muestras de saliva en niños y niñas de 6 años.

### **3.2 Hipótesis general del estudio**

Existe relación entre la práctica de actividad física y la mejora de la atención, la memoria y el cálculo de niños y niñas de 6 y 7 años.

#### ***Hipótesis específicas para cada objetivo***

**O1→H1:** Existe relación entre la mayor frecuencia (en horas a la semana) que la muestra practica ejercicio físico y la puntuación media que obtienen en las pruebas neuropsicológicas que miden la atención, la memoria y el cálculo.

**O2→H2:** El grupo de la muestra que realiza el programa de actividad física diaria obtiene una mejora significativa en atención, memoria, cálculo y rendimiento académico después de la intervención de 18 meses, en comparación consigo mismo (pre/post) y con el grupo control que no realiza la intervención.

**O3→H3:** Existe relación entre una sola sesión de actividad física intensa y el aumento de marcadores biológicos, como el BDNF, analizados mediante saliva.

## 4 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

A fin de poder investigar sobre la relación entre AF y cognición, el presente trabajo plantea tres estudios que se complementan entre ellos y que aportan información al objetivo general del estudio. No obstante, en cada uno de ellos se presenta la AF como variable independiente de diferentes formas: en el estudio 1 se contabilizan las horas que cada sujeto de la muestra dedica a la práctica de AF, tanto dentro de la jornada escolar como fuera (extraescolares deportivos); en el estudio 2, se evalúa la participación en un programa de AF diaria de 18 meses de duración dentro de la jornada escolar; y en el estudio 3, se pretende comprobar si una sola sesión de AF intensa puede hacer aumentar los niveles basales de una proteína conocida como BDNF que está relacionada con los procesos de plasticidad sináptica.

Para ello, se desarrollan tres modelos de investigación, dos transversales (estudio 1 y 3) y uno longitudinal (estudio 2). Todos ellos parten del enfoque cuantitativo para el análisis de los datos de cada una de las variables que se miden; y para las que, siguiendo el modelo teórico de Hernández et al., (2014), se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos), y se establece una serie de conclusiones respecto de la(s) hipótesis. Se utiliza la mediación estadística para obtener la variable intermedia y comprobar si el coeficiente que describe la fuerza de la relación tratamiento-resultado, es decir, el efecto indirecto, es estadísticamente significativo.

Esta variable puede ser directamente elaborada y expuesta por la propia intervención, mediante un tratamiento o programa de intervención (moverse y pesar) o mediante una intervención experimental puntual (acute exercise); o bien no inducida por el estudio, como la práctica de actividades deportivas en horario extraescolar, pero sí analizada como variable que puede (según hipótesis debería) incidir en las capacidades cognitivas de la muestra de estudio. Aunque todos ellos siguen la línea (tema) y el objetivo general, cada uno de ellos sigue un diseño, método e incluso objetivos específicos diferentes, por lo que se obtienen unos resultados propios de cada uno de los tres estudios.

Para cada estudio se concretan, explican y determinan los objetivos específicos, el método, el procedimiento, el análisis y la interpretación de resultados con la respectiva discusión. No obstante, en finalizar el estudio 3, se redacta una discusión conjunta a fin de demostrar la relación y conexión existente entre ellos y también los logros que anticipan a las conclusiones generales del trabajo.

## ***Estudio 1: Influencia de la práctica de actividad física en las capacidades cognitivas de atención, memoria y cálculo en alumnos de 6 y 7 años.***

### ***Introducción***

El estudio pretende en una primera fase demostrar que la práctica de actividad física (horas/semana) tiene una influencia en los procesos cognitivos, permitiendo mejorar algunas capacidades como la atención, la memoria y el cálculo. Los resultados pueden ayudar a justificar el programa de intervención propuesto para el estudio 2, el cual, mediante un programa de actividad física aeróbica diaria podría provocar incidir directamente en la mejora de estas capacidades.

La actualidad científica muestra cada vez más evidencias sobre la importancia de la actividad física, AF de ahora en adelante, y de adquirir un estilo de vida activo, especialmente en niños y niñas en plena etapa de crecimiento. Autores como Hillman (2020), Chaddock (2019), Drollette (2018), entre otros, explican que los hábitos y el estilo de vida en la infancia tienden a seguir al individuo hasta la edad adulta, por lo que es importante en los primeros años influir en los niños para que adopten hábitos de vida saludables, es decir, en el caso que nos ocupa, un estilo de vida físicamente activo.

A pesar de esta evidencia científica, menos del 24% de los niños de 5 a 17 años realizan los 60 minutos diarios de AF recomendados tanto por la Organización Mundial de la Salud ([OMS], 2019) como por el National Physical Activity Plan Alliance ([NPAPA], 2018).

Es, según Gómez-Pinilla & Hillman (2013), una problemática social que ya desde tan pequeños los niños y niñas no consigan tener tiempo para dedicar a la AF, al deporte o las actividades y prácticas aeróbicas; y en su contra, lo dedican a realizar tareas totalmente sedentarias, como ver la televisión, jugar a la videoconsola, al ordenador, a la tableta o al dispositivo móvil. Estas acciones, que en muchos casos acaban generando un hábito, son además perjudiciales para el óptimo desarrollo del proceso de maduración cognitiva que debe darse durante la infancia y la preadolescencia, pudiendo incluso tener consecuencias para la salud mental en la edad adulta.

Para garantizar que los niños y niñas adquieren un estilo de vida saludable, unos hábitos activos, una buena alimentación, una pauta de descanso adecuada, etc., los padres deben ser conscientes y concedores de qué es y qué no, recomendable para sus hijos.

Por ejemplo, una tendencia actual de los padres del S-XXI, que toca de lleno en nuestro tema de estudio, es procurar que sus hijos obtengan excelentes resultados académicos: mayores capacidades cognitivas que se reflejen en mejores calificaciones. Ante este propósito, consideran idóneo realizar actividades extraescolares académicas: clases particulares de ciencias, de matemáticas o aprender una lengua extranjera. La problemática actual es revertir la situación en la que, de manera consciente, los padres educan a sus hijos a escoger realizar actividades sedentarias en contra de activas (Hillman et al., 2014).

Entrenar las capacidades cognitivas a fin de obtener una mejora en las calificaciones escolares, mediante la dedicación de más horas a clases de repaso y de ampliación del contenido académico, es una tendencia creciente que puede no ser más que una creencia, un dogma estigmatizado que podría ser contraproducente. Para dar argumentos, la investigación irrumpe cada vez más con hipótesis y resultados que apuestan por el fomento de la AF como práctica esencial para el desarrollo físico y mental de todo ser humano desde la infancia hasta la edad adulta. Se sugiere que realizar ejercicio físico no solo favorece la mejora de habilidades motrices, sino que también permite que se activen, modifiquen y mejoren algunas funciones cognitivas.

Es en esta línea que estudios recientes han explicado la relación positiva entre una aptitud aeróbica y la salud y la cognición del cerebro en niños y preadolescentes. Algunas de las evidencias que muestran la incidencia de la AF en los procesos cognitivos se concretan en los procesos atencionales (Mahar, 2006); Hillman et al. (2014) mediante pruebas que evalúan el rendimiento de la tarea en el tiempo de reacción y en la precisión de la respuesta; Hillman, Kamijo y Pontífex (2012), en la función cerebral a partir de potenciales cognitivos relacionados con estímulos; y Chaddock et al. (2010), en la estructura cerebral (imágenes de resonancia magnética) mediante la ejercitación en tareas para el control cognitivo (es decir, los procesos cognitivos dirigidos a objetivos que subyacen a la percepción, la memoria y la acción). Para todos ellos además se obtienen algunas asociaciones significativas que indican que la mejora en procesos cognitivos atencionales produce un aumento del rendimiento académico (Burrows, 2014).

Este paradigma provoca un gran debate, tanto coloquial como formal, que obliga a familias, centros académicos, clínicos, universidades y comunidad científica a reflexionar sobre la importancia de la AF y a determinar el papel que debería tener dentro del contexto social mundial.

## **Objetivos**

Las recientes investigaciones en el campo de la neuropsicología relacionan la actividad y el ejercicio físico con la mejora de las capacidades y los procesos cognitivos, por ello, en el presente estudio se pretende demostrar que a mayor frecuencia (en horas/semana) de práctica de actividad física mayor será la capacidad cognitiva de concretamente la atención, la memoria y el cálculo en niños y niñas de 6 y 7 años.

### **Objetivo principal del estudio**

**O1:** Comprobar si existe relación entre las medias obtenidas en los test neuropsicológicos que miden la atención, la memoria y el cálculo, y la frecuencia (en horas/semana) de práctica de actividad física.

### **Subobjetivos**

- Determinar si existe relación entre la capacidad de atención, la memoria y la capacidad de cálculo de los alumnos de la muestra de estudio.
- Determinar si existe relación entre las capacidades cognitivas del estudio y la frecuencia con la que los alumnos de la muestra practican actividad física.
  - Determinar si existe relación entre la capacidad de atención y la práctica de AF.
  - Determinar si existe relación entre la capacidad de memoria y la práctica de AF.
  - Determinar si existe relación entre la capacidad de cálculo y la práctica de AF.

### **Hipótesis**

**H1:** Existe relación entre la mayor frecuencia (en horas a la semana) que la muestra practica ejercicio físico y la puntuación media que obtienen en las pruebas neuropsicológicas que miden la atención, la memoria y el cálculo.

### **Hipótesis específicas o subhipótesis**

- Existe una relación entre las puntuaciones obtenidas en las pruebas que miden las capacidades cognitivas (atención, memoria y cálculo).
- Existe relación entre las capacidades cognitivas del estudio (atención, memoria y cálculo) y la frecuencia con la que los alumnos de la muestra practican actividad física.
  - Existe una relación entre la mayor frecuencia en la práctica de AF y la capacidad de atención.

- Existe una relación entre la mayor frecuencia en la práctica de AF y la capacidad de memoria.
- Existe una relación entre la mayor frecuencia en la práctica de AF y la capacidad de cálculo.

## **Diseño**

En este primer estudio se aplica el diseño de investigación que Hernández (2014) denomina como no experimental, pues en él no se aplica un experimento como tal que introduzca un cambio en la naturaleza de las muestras de estudio (Babbie, 2009). Dentro de este tipo de estudio se podría utilizar una metodología de investigación longitudinal (o evolutivo) y una transversal (o transeccional). Al tratarse de una investigación que únicamente recoge datos en un único momento, se acoge a las características del tipo de estudio transversal. Los datos se obtienen a partir de la evaluación neuroclínica, puntual y para cada una de las muestras, de las diferentes capacidades cognitivas que forman las variables de estudio. Estos datos son de carácter cuantitativo y tanto del tipo descriptivo (para los cuatro primeros objetivos), como del tipo correlacional-causal (para los objetivos cinco y seis). El propósito de la investigación es conocer si existe o no una relación entre variables que expliquen la incidencia (causa-efecto) de la investigación, tal como sugiere Creswell & Poth (2009).

Las variables son medidas en una situación y contexto idéntica para todos los participantes, evaluando las capacidades de: atención, memoria y cálculo, así como la frecuencia (en horas a la semana) con la que los evaluados practican ejercicio físico. Al tratarse de capacidades (atención, memoria, cálculo y ejercicio físico) no dependientes, el estudio tiene como objetivo compararlas para detectar posibles significancias que permitan evidenciar si existe o no relación entre ellas, especialmente para comprobar si la variable “ejercicio físico” puede actuar como explicativa de las variables cognitivas.

- Atención: es evaluada a través de la batería de test WISC-IV, Velocidad de Procesamiento (VP), en las subpruebas de: Claves (CL) y Búsqueda de símbolos (BS).
- Memoria: a través del test de TOMAL, en la subprueba de Recuerdo de palabras, y de la batería de WISC-IV, el test de Dígitos.
- Cálculo: mediante la prueba de cálculo mental básico.
- Frecuencia de ejercicio físico: mediante un cuestionario elaborado y firmado por las familias que permite contabilizar las horas/semana que cada sujeto de la muestra realiza de actividad física aeróbica reglada (escolar y extraescolar). El

dato cuantitativo permite la clasificación de la muestra en tres categorías: Baja AF = menos de 4h; Moderada AF = entre 4 y 6h; Alta AF más de 6h a la semana.

### ***Muestra del estudio***

La muestra del estudio está formada por un total de 155 alumnos/as de primero de educación primaria de dos centros escolares, ambos de la provincia de Barcelona.

La escuela GPV aporta 51 sujetos a la muestra de estudio: estas fueron seleccionadas por la dirección del centro y pertenecen a la agrupación natural del grupo clase (grupo A = 27 alumnos/as y grupo B = 24 alumnos/as).

La escuela SC aporta un total de 104 alumnos, que pertenecen a la agrupación natural de cada una de las cuatro clases que tienen por nivel (grupo A = 25 alumnos, grupo B = 26, grupo C = 26 y grupo D = 27).

Estos dos centros educativos son elegidos porque se adecuaban a los criterios del estudio: la homogeneidad en el nivel socioeconómico de las familias; la semejanza de los proyectos educativos de los centros; la estructura organizativa, de gestión y dirección; los recursos materiales y de instalaciones; las horas de dedicación a la educación física y, entre otros, por ser colegios de más de una línea. Se siguen estos criterios porque según la publicación de Hernández (2014), permiten predecir que los elementos muestrales tendrán valores muy parecidos. Lo que puede ayudar a reducir el error estándar estadístico (Kish & Rodríguez, 1995; Kalton y Heeringa, 2003).

Para la elección de los centros también se valoró la importancia de la proximidad al hospital de Sant Joan de Déu de Barcelona (HSJD, de ahora en adelante), por ser la fundación y el centro de investigación del presente estudio.

Finalmente, el total de las muestras (n=155) se agrupa y forman parte de un mismo grupo no diferenciado y, para cada una de ellas, se evalúan –mediante pruebas neuropsicológicas– cada una de las cuatro variables independientes del estudio.

Del total de la muestra, un total de 155 alumnos/as, se obtienen 78 niños (50,32%) y 77 niñas (49,68%). (Gráfico 1).

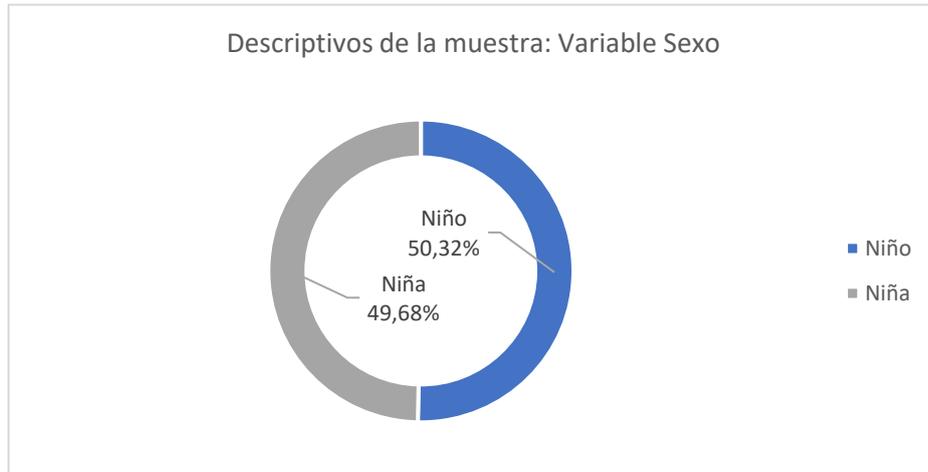


Gráfico 1. Porcentaje del sexo de los participantes

Los participantes no se separan ni se diferencian en función del centro, puesto que ninguno de ellos actúa como control o experimental, sino en función de la variable “frecuencia en horas a la semana” con la que cada sujeto practica actividad física: Baja AF < 4 h/s (n= 6); Moderada AF entre 4 y 6 h/s (n= 91); y Alta AF > 6 h/s (n= 58). (Gráfico 2).

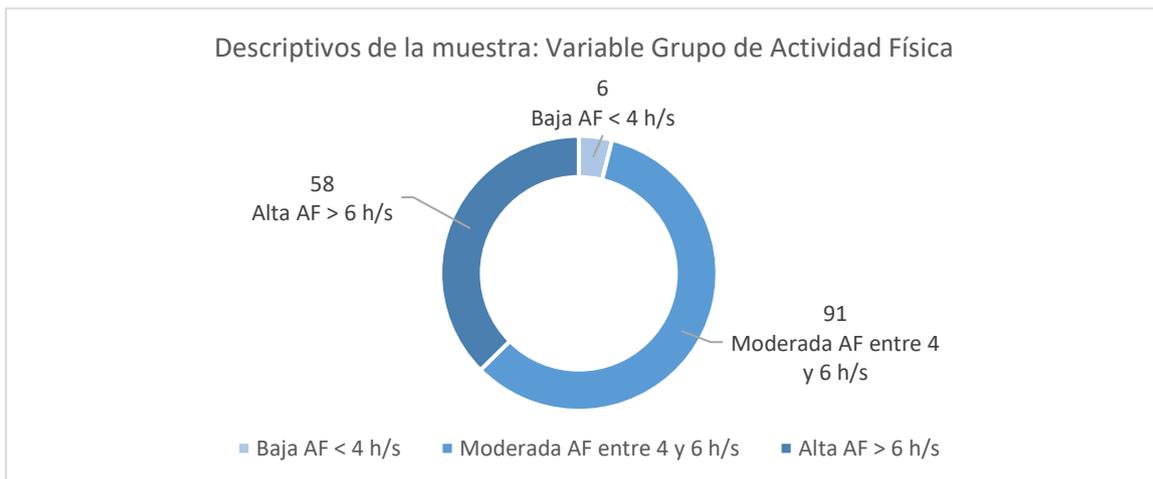


Gráfico 2. Clasificación de la muestra por grupos según la frecuencia (h/s) de práctica de AF.

Dado que la muestra no fue seleccionada por sus características y no se excluyeron alumnos, sino que se invitó a participar a todos los niños y niñas de 1º de educación primaria de cada una de las dos escuelas, los grupos en los que a posterior clasificamos a la muestra (frecuencia h/s AF) no son homogéneos en cuanto al número de sujetos que los forman.

De hecho, ambas escuelas, se caracterizan, entre otras, por su gran variedad y oferta multideportiva, tanto en horario lectivo (educación física, natación, danza, etc.) como en horario no lectivo (básquet, fútbol, atletismo, natación, waterpolo, hip-hop, etc.), por lo que, al realizar la clasificación se evidencia que la mayor parte de los sujetos realizan más de tres horas de AF a la semana.

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética del hospital y del consentimiento informado de los padres de los niños participantes y los criterios de aceptación del equipo de investigación del HSJD de Barcelona. Las muestras son presentadas según la declaración de Helsinki (código ético). Antes de las pruebas los padres informaron que sus hijos estaban libres de enfermedades neurológicas severas y discapacidades físicas, por lo que en el momento de las pruebas ninguno de ellos recibió ayuda o atención individualizada.

### ***Variables medidas e instrumentos aplicados***

A fin de resolver la hipótesis de investigación, el total de la muestra fue evaluada en un momento único (febrero de 2018) de todas las variables propuestas en los subobjetivos u objetivos específicos.

En base a estos objetivos, el equipo de neuropsicología del Hospital SJD informó de las pruebas que podían realizarse y un equipo de evaluación externo las pasó en cada uno de los centros. La batería de pruebas y de test neuropsicológicos que miden las variables cognitivas (inteligencia, atención, memoria y cálculo) y la variable actividad física son las siguientes:

- Variable 0 –Inteligencia
  - KBIT. Vocabulario
  - KBIT. Matrices
  - KBIT. CI Compuesto
- Variable 1-Atención
  - WISC-IV. Velocidad de Procesamiento. Sub-test Claves
  - WISC-IV. Velocidad de Procesamiento. Sub-test. Búsqueda Símbolos
- Variable 2-Memoria
  - TOMAL. Recuerdo de palabras
  - WISC-IV. Dígitos
- Variable 3-Cálculo
  - Cálculo Mental

- Variable 4-Actividad física
  - Cuestionario de actividad física (horas/semana de actividad física)
  - Velocidad 100m/l

**KBIT** es la Prueba Breve de Inteligencia de Kaufman ([KBIT] Kaufman, 1990). Tiene como objetivo medir la inteligencia verbal y no verbal en niños y niñas, adolescentes y personas adultas. Mide, por un lado, las habilidades verbales relacionadas con el aprendizaje académico apoyándose en el conocimiento de palabras y en la formación de conceptos verbales. Por otro lado, evalúa las habilidades no verbales y la capacidad para resolver nuevos problemas a partir de la aptitud del evaluado para percibir relaciones y completar analogías.

El K-Bit consta de dos subtests: Vocabulario (respuesta a estímulos verbales) y matrices (respuesta a estímulos no verbales). El subtest de Vocabulario incluye dos partes, vocabulario expresivo (con 45 ítems) y definiciones (con 37 elementos). El subtest de Matrices incorpora 48 elementos y consta de varias tareas relacionadas con el razonamiento lógico no verbal y el espacial.

Las puntuaciones que se obtienen tras su aplicación tienen una media de 100 y una desviación típica de 15, tanto para los subtests de Vocabulario y Matrices, como para el CI Compuesto. En este estudio transversal se administró la prueba a cada alumno/a que forma la muestra para obtener una puntuación compuesta del cociente de inteligencia (CI). No hubo participantes excluidos, pues sus puntuaciones estaban entre una desviación estándar adecuada, y no por debajo de la media (85%). Para conseguir una interpretación adecuada de los resultados del K-BIT, el número de respuestas correctas de cada subtest se transforma en una puntuación típica. Ofrece tres puntuaciones típicas: una para vocabulario, otra para matrices y una de CI compuesto (combinación de las dos).

**WISC IV**, es la Escala de Inteligencia de Weschler para niños publicada por David Weschler (2003) y revisada y adaptada para aplicar en España por Corral, Arribas, Santamaría, Sueiro y Pereña (2005). Aun siendo conocedores de la existencia de una publicación más reciente de dicha prueba (WISC-V, 2015), se utiliza el WISC-IV (2003) porque es la edición que el equipo de investigación tiene a su alcance.

De las diferentes subpruebas que incluye el WISC-IV, para el presente estudio se escogen dos subpruebas de la categoría de Velocidad de procesamiento: Concretamente se realizan las subpruebas de **Claves** (con un total de 59 ítems para niños de 6 y 7 años) y **Búsqueda de símbolos** (con un total de 45 ítems para niños de

6 y 7 años). Ambas subcategorías están focalizadas en la atención o inatención desde un criterio de rapidez visual y asociativa de imágenes, palabras y/o símbolos. A partir de esta información se miden las capacidades de la muestra para percibir y reaccionar ante estímulos atencionales y se establece una relación entre la respuesta (acertada o no) y el tiempo de esta, a una demanda cognitiva. Ambas se corrigen mediante plantillas que aporta la propia edición, pero la evaluación no es exactamente igual, pues mientras que para Claves (6 y 7 años), la puntuación directa equivale a la suma de puntos acertados más los puntos de bonificación, si la solución se ha obtenido en menos de 120"; en la subprueba de Búsqueda de Símbolos, la puntuación directa se obtiene calculando únicamente la diferencia entre el número de aciertos y el de errores, del total de ítems resueltos.

También el WISC-IV, pero en la subprueba de **Dígitos**, se utiliza para evaluar la memoria auditiva inmediata, a corto plazo o memoria de trabajo, de los 8 elementos numéricos y símbolos (no palabras). Mide la capacidad de seguir una secuencia y, por lo tanto, la flexibilidad cognitiva, la atención y la concentración ante una tarea de memoria operativa. Las puntuaciones de WISC-IV se bareman y se interpretan a partir de la revisión de Flanagan y Kaufman (2006) y las claves para la evaluación de esta prueba, que se puntúa el total de aciertos para en cada una de las presentaciones de cada ítem (dos y tres presentaciones para cada ítem respectivamente). La puntuación directa equivale a la suma de puntos obtenidos de cada uno de los 8 ítems.

En WISC-IV, los valores de las puntuaciones se muestran mediante dos referencias: PD (puntuaciones directas) y PT (puntuaciones típicas: valor de 100 +/- 15, ya baremadas). Para analizar y comparar los resultados nos centraremos sobre todo en las puntuaciones típicas, con baremos < de 70 muy bajo; de 70 a 80 bajo; de 85 a 95 normal bajo; de 95 a 105 normal; de 105 a 115 alto; >115 muy alto. Las puntuaciones típicas se distribuyen en una escala que va aproximadamente de 60-130, la media estadística de cada grupo de edad recibe una puntuación de 100. Según Flanagan & Kaufman (2009) y más recientemente Navarro-Soria et al. (2020), estas puntuaciones del WISC-IV, permiten ofrecer pautas suficiente claras para identificar la capacidad atencional, en este caso de la velocidad de procesamiento, que el conjunto de la muestra tiene.

**TOMAL:** Test de memoria y aprendizaje que permite valorar la capacidad de memoria a partir de una batería estandarizada adaptada para sujetos entre 5 y 19 años. Consigue adaptarse a las diferentes edades porque presenta 14 test, divididos en escalas verbales y no verbales, que ofrecen una variedad interesante para los objetivos del evaluador.

Esta herramienta de estudio neuropsicológico tiene el objetivo de evaluar la capacidad de memoria y poder determinar si existe o no alguna alteración que manifiesta una dificultad atípica para ser capaz de recordar. En el estudio que ocupa a este trabajo y siguiendo el objetivo de valorar la memoria, el subtest de TOMAL escogido recibe el nombre de “Recuerdo de Palabras”. Es un subtest verbal mediante el que, el evaluador, presenta una serie de palabras que el evaluado deberá recordar. Se realizan 3 intentos, en los que se anotarán cada una de las palabras recordadas. Se puntuarán dependiendo de si las ha recordado en el primer intento (solo las ha escuchado una vez) o en el segundo (dos veces) o en el tercero (tres veces). Es posible que haya alumnos que no necesiten escuchar y realizar el tercer intento porque ya las han recordado todas entre el primero y el segundo. Es apta para este estudio porque evalúa el tipo de memoria de trabajo y a corto tiempo, así como la atención, que tan importantes son para el aprendizaje escolar.

**Baremos de puntuación:** a fin de poder comparar las puntuaciones obtenidas por cada uno de los test y las subpruebas, de cada uno de los test de la batería de pruebas neuropsicológicas que miden la capacidad de atención y memoria, se obtienen unos valores mediante dos referencias: PD (puntuaciones directas) y PT (puntuaciones típicas: valor de 100 +/- 15, ya baremadas).

Todas las puntuaciones además están baremadas de acuerdo con la edad exacta (en meses) de cada sujeto, de manera que el factor condicionante de nacer en enero a favor de en diciembre, se compensa.

**Cálculo Mental:** Es una prueba de cálculo rápido que consiste en evaluar como el alumno realiza cálculos matemáticos utilizando sólo la capacidad mental, sin recursos adicionales como calculadoras o posibilidad de realizar un esbozo a papel de la operación. Esta prueba se elabora atendiendo a los criterios expuestos por las coordinaciones pertinentes de cada uno de los dos centros escolares. Se tienen en cuenta los conocimientos previos (anticipados por las tutoras de cada grupo/clase) y se adaptan las operaciones de cálculo mental a una propuesta de sumas y restas sencillas para alumnos de 6 y 7 años.

El cálculo mental tiene como objetivo que el evaluado intente y logre resolver los diferentes problemas (en forma de sumas y restas) utilizando las propias estrategias mentales (buscar primero el número mayor, agrupar partes, buscar la unidad y la decena, etcétera). El procedimiento de esta prueba consiste en pasar una ficha a cada alumno en la que debe contestar todas las operaciones matemáticas mediante el cálculo

mental de sumas y restas. Se pretende que todos los alumnos realicen todas las operaciones, por ese motivo no se calculará la velocidad, sino el acierto. No obstante, se establece un tiempo máximo que es de 10 minutos. Los resultados se evalúan dependiendo del número de operaciones correctas entre un total de 20 operaciones. Cada acierto suma +0.5 puntos, por lo que 10 aciertos suman un total de 5 puntos sobre 10 (apto) y 20 aciertos suma un 10 (sobresaliente).

Las operaciones están adaptadas al nivel que se exige de acuerdo con la edad de los participantes, por lo que todos deberían situarse en un valor de acierto >5 e inferior a 7 como normalidad, siendo del 5 al 6 una normalidad baja y del 6 al 7 una normalidad alta. Las puntuaciones entre el 4 y el 5 serán clasificadas como bajas y las inferiores al 4 como muy bajas; entre 7 y 9 se considerarán altas y las superiores al 9 como muy altas. Se pasarán a tanto por ciento y la normalidad sería 50% de aciertos y el máximo el 100%.

**La Velocidad**, en el presente estudio se realiza mediante una prueba de 100 metros lisos (100 m/l), a partir de la cual cada sujeto, de manera individual, debe correr a máxima velocidad durante dicha distancia.

La velocidad en carrera es una de las capacidades físicas básicas que permiten determinar el nivel de aptitud física de las personas. Consiste básicamente en realizar un desplazamiento mediante el movimiento simultáneo de varios músculos del cuerpo a fin de realizar la acción con la mayor brevedad posible. La velocidad se puede manifestar en más de una forma, y nos importa tanto la propia velocidad para realizar el desplazamiento, como la velocidad de reacción al estímulo que, en este caso, da inicio a la prueba.

Tanto la reacción como el tiempo de desplazamiento permite establecer el nivel de velocidad de cada sujeto. A partir de dicho nivel, es posible hacer una extrapolación aproximada sobre el nivel de aptitud física de los participantes. Esta variable es recogida porque, atendiendo a otras investigaciones como las de Niederer, et al., (2011), Kao, et al. (2017), Domínguez-González, et al. (2018) y Guillamón et al. (2021), entre otras que se han realizado en este campo de estudio, en ocasiones, es posible establecer una relación entre aptitud física y puntuaciones en la evaluación cognitiva. De hecho, algunos de estos trabajos, que sugieren que dicha relación, también realizan una prueba igual o similar a la de los 100 metros lisos.

**Cuestionario actividad física:** Es un cuestionario de elaboración propia con la finalidad de obtener información relevante para el estudio (Anexo 2). Tiene como objetivo

específico determinar la frecuencia (en horas a la semana) con la que los participantes realizan actividad física reglada. El cuestionario se envía a casa de los sujetos y es rellenado por los padres o tutores legales. En él se concreta tanto el tipo de actividad física, ejercicio o deporte, como el tiempo de dedicación en horas/semana.

En función de las respuestas de los padres y atendiendo a los criterios de aceptación de una actividad física del propio estudio, cada alumno/a que forma la muestra obtiene un total (en número) de horas que realiza de ejercicio físico o deporte a la semana.

- Baja frecuencia de AF: Los alumnos que no realizan ninguna actividad adicional a la educación física, dedicando un máximo de 3 horas semanales al ejercicio físico.
- Moderada frecuencia de AF: Los alumnos que sí que realizan alguna actividad deportiva extraescolar adicional, dedicando entre 4 y 6 horas semanales al ejercicio físico.
- Alta frecuencia de AF: Los alumnos sí que realizan una o más actividades físicas adicionales, dedicando un mínimo de 7 horas semanales al ejercicio físico, de las cuales por lo menos 4h son fuera del horario escolar.

**Tabla 1.** Variables, instrumentos y puntuaciones del estudio.

VARIABLES	INSTRUMENTOS	PUNTUACIÓN
Inteligencia	KBIT: Vocabulario; Matrices; CI Compuesto	
Atención	WISC: Velocidad de Procesamiento. Sub-test Claves y Búsqueda Símbolos	Valor normal = 100. Desviación típica: $V = \pm 15$ de 100. Baremo estándar: $V = 90/110$ .
Memoria	WISC IV: Dígitos. TOMAL: Test de Memoria y Aprendizaje.	
Cálculo mental	Ficha de operaciones de cálculo mental (sumas y restas). (Anexo 1).	Valor normal = 6/7. Desviación típica: $V = \pm 1$ de 6/7. Baremo estándar: $V = 5/8$ .
Aptitud física (Velocidad)	Prueba de 100 metros lisos.	El tiempo mínimo (marca récord) en niños es de 13,48 segundos (Rudolph, 7 años).
Actividad física	Cuestionario para padres: práctica de actividades físicas de los hijos. (Anexo 2).	Baja AF < 4 h/s Moderada AF entre 4 y 6 h/s Alta AF > 6 h/s

**Nota.** AF=Actividad Física. V= Valor de puntuación.

## Procedimiento

Juntamente con el equipo de investigación del HSJD se acuerdan una serie de acciones que deberán hacer posible realizar las diferentes fases del estudio y de la comprobación de este primer objetivo del estudio.

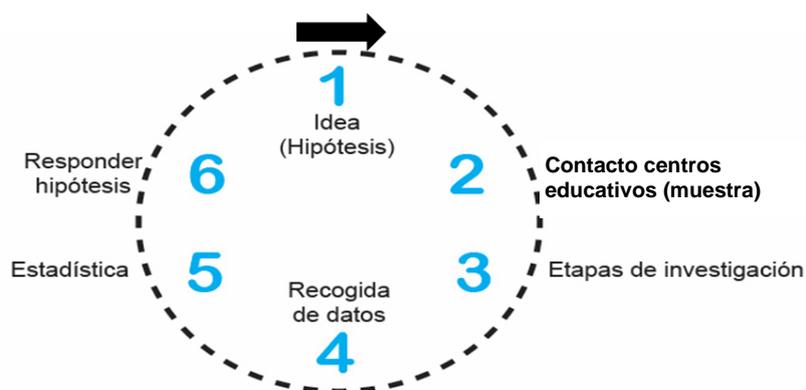


Ilustración 6. Fases del estudio

Planificación del estudio: Formulación de preguntas y concreción de los objetivos y las hipótesis de investigación a septiembre/octubre de 2017.

Posteriormente se elabora una propuesta (a modo de artículo piloto) que justifica y muestra la importancia de realizar un estudio que implique de la colaboración del sector clínico (pediatría y neuropsicología) y del contexto escolar, a fin de determinar la influencia que realizar actividad física de manera regular (estilo de vida activo) puede tener en algunas capacidades cognitivas. Este artículo se completa en octubre de 2017 (*Anexo 1: presentación estudio*).

Acotado el planteamiento teórico que justifica el proyecto, el propósito (objetivo) y el plan de intervención (en este caso de evaluación puntual), se inicia la búsqueda de la muestra que será objeto de estudio. Dado que el presente estudio se enmarca en el primer ciclo de la etapa de educación primaria, por ser un momento evolutivo en el cual es posible incidir (y que la AF tenga incidencia en las funciones cognitivas), se contacta con diferentes centros educativos (educación primaria) y se les propone participar como muestra.

Se recibe la aceptación de la Escuela GPV (Esplugues) y del SC (Barcelona). Se prepara una reunión (noviembre de 2017) con el equipo directivo de dichos centros y en ella se muestra tanto el cronograma del proyecto como las baterías de pruebas neuropsicológicas que han de permitir evaluar cada una de las variables de estudio (atención, memoria, cálculo y la velocidad y frecuencia en la práctica de actividad física)

y para cada uno de los participantes que forman la muestra (*Anexo 2: pruebas de la evaluación*).

Finalmente, en diciembre de 2017 se prepara una reunión con las familias implicadas a fin de obtener la participación y por consiguiente el consentimiento, las autorizaciones y la documentación necesaria para investigar con niños/as menores de edad (*Anexo 3: autorización de las familias*).

Una vez recogidas las autorizaciones, entre enero y febrero de 2018 se realiza la batería de pruebas: las pruebas de atención y memoria necesitan de una evaluación individual (uno a uno), por lo que la duración acaba siendo de tres mañanas (en cada una de ellas se completa un tercio del total de participantes). Se necesitó un único día en la escuela GPV y dos días en la escuela SC.

Para la prueba de velocidad (10 metros lisos) se necesitó de un día en cada centro, concretamente 1 hora con cada grupo (2 horas en GPV y 4 horas en SC). Se aprovechó la hora de educación física, tanto por garantizar que la realizaban con ropa de deporte, como por el espacio (terreno de más de 100m de extensión). Ambas escuelas disponen de unas instalaciones privilegiadas que permitieron realizar la prueba sin interferencias.

De igual forma, para la prueba de cálculo únicamente se necesita de 1 día en cada centro, pero, al poderse realizar de forma colectiva, dentro del aula y separados como si fuera un examen, el total de tiempo para realizarla es el tiempo dedicado a cada grupo. Aproximadamente es, entre explicación, aplicación y recogida, de 30 minutos por clase.

El cuestionario de actividad física se hace llegar a las familias un viernes (27 de enero de 2018) mediante una carta y los propios niños los devuelven el lunes contestado (*Anexo 2: pruebas de la evaluación*).

A partir de las puntuaciones (Puntuaciones Directas y Típicas) que facilitan las evaluadoras mediante dos documentos de Excel (marzo 2018), se recopila toda la información (datos) y resultados (numéricos) de los alumnos de forma individualizada, detallando todas las pruebas, la leyenda y estableciendo las puntuaciones ya baremadas para su consiguiente análisis estadístico. Entre abril y mayo de 2018 el doctorando traspasa dicha información estadística al programa SPSS.25 y realiza los análisis oportunos de acuerdo con el diseño, las características y los objetivos específicos del estudio, para los que se aplican los siguientes procedimientos:

- Determinar el nivel de inteligencia general de la muestra mediante el test de KBIT.
- Determinar la capacidad de atención de los alumnos de la muestra mediante las pruebas neuropsicológicas de WISC-IV (claves y búsqueda de símbolos).
- Determinar la capacidad de memoria de los alumnos de la muestra mediante las pruebas de TOMAL y WISC-IV (dígitos).
- Determinar la capacidad de cálculo de los alumnos de la muestra mediante las pruebas de Cálculo mental básico.
- Determinar la relación entre las medias obtenidas en las pruebas neuropsicológicas (atención, memoria y cálculo), la velocidad en carrera y la frecuencia (horas/semana) con la que la muestra practica AF.

Se comparan los resultados estadísticos obtenidos de acuerdo con dichos objetivos y procedimientos y se elabora una primera discusión (junio 2018).

### ***Análisis de datos***

De acuerdo con los procedimientos del estudio previamente mencionados, el análisis de datos se elabora a partir de la información (datos cuantitativos) recogida a partir de la batería de pruebas y test neuropsicológicos y del cuestionario sobre la frecuencia (en horas/semana) de la práctica de actividad física de la muestra.

Dado que todos los datos que se obtienen son de carácter ordinal, es posible el análisis cuantitativo. Los datos que se presentan corresponden a números absolutos (n), porcentajes (%), puntos porcentuales (pp), puntuaciones típicas (PT), valor de significancia (p) o medias con intervalos de confianza del 95% (IC del 95%). Para el análisis estadístico se utiliza el IBM SPSS (Stadistics@versión 25).

En este caso, el análisis estadístico tiene el objetivo de determinar si existen efectos causales de y entre las diferentes variables de estudio (atención, memoria, cálculo, velocidad y práctica de actividad física), que permitan, mediante niveles de significatividad, explicar la fuerza de relación existente entre ellas: especialmente entre las capacidades cognitivas (para comprobar si el nivel entre una y otra pueden tener relación) y entre cada una de ellas y con la frecuencia en la práctica de AF (para comprobar si esta última puede actuar como independiente). Un análisis que según

Feuer, Towne y Shavelson (2002), permite detectar la relación entre efectos causales entre variables.

Antes de iniciar el análisis de datos que ha de permitir confirmar o rechazar la hipótesis, se comprueba que los datos de la población cumplen con la normalidad estadística y que los alumnos que forman la muestra son comparables. Para ello, se realiza una prueba de homogeneidad de varianzas mediante el test estadístico de Levene y Kolmogorov.

Una vez comprobada la homogeneidad del total de la muestra, se observan los datos descriptivos a partir de las puntuaciones obtenidas en las diferentes pruebas con las que se han evaluado a los 155 alumnos de la muestra, cuya edad es de 6 y 7 años. Y, posteriormente, se utiliza: 1) la técnica estadística de correlación (Rho de Spearman) y 2) la comparación múltiple de medias mediante ANOVA de un factor (con post-hoc: HSD Tukey y Scheffe).

En primer lugar, para el análisis de correlación se analizan los valores de las diferentes variables, todas ellas cuantitativas y de carácter no paramétrico, mediante el coeficiente de Rho de Spearman. En los resultados se señala la correlación significativa cuando la Sig. Bilateral es inferior al valor 0,05 (nivel 1\*) y mayor (nivel 2\*\*) cuando el valor es inferior a 0,01. La correlación puede ser positiva (+0,1), lo que significa que las variables van en el mismo sentido, o negativa (-0,1), lo que implica que el crecimiento de una provoca el decrecimiento de la otra. Una vez el valor de significancia es significativo, se observan tres niveles de correlación dependiendo de cuanto se aleja el coeficiente del 0,00: Correlación Baja (el valor del coeficiente de correlación se encuentra entre +/- 0,00 y 0,399); Correlación Moderada (el valor del coeficiente de correlación se encuentra entre +/- 0,400 y 0,699); y Correlación Alta (el valor del coeficiente de correlación es mayor que +/- 0,700).

En segundo lugar, para el análisis de comparación de medias se clasifican a los alumnos que forman la muestra en grupos en función de la cantidad (horas a la semana) de ejercicio físico que realizan: Baja AF; Moderada AF y Alta AF.

A partir de estas clasificaciones, se analizan posibles diferencias (significativas o no) entre ellos, mediante la comparación múltiple de medias con la prueba estadística de ANOVA de un factor.

En resumen, para presentar los datos y los análisis estadísticos se utilizaron los siguientes parámetros:

- Estadística descriptiva
  - i. Media, máximos/mínimos y desviación del total de la muestra y por grupos.
- Estadística inferencial de pruebas no paramétricas
  - i. De relación: correlación mediante Rho de Spearman.
  - ii. De diferencia: ANOVA de un factor con el post-hoc de HSD Tukey y Scheffe.

## Resultados

De acuerdo con la hipótesis de partida: “Existe diferencia significativa entre la frecuencia en horas/semana que los grupos practican Actividad Física y las medias obtenidas en las pruebas que evalúan la atención, la memoria y el cálculo”, se llevan a cabo varios análisis y mediciones estadísticas.

### Resumen

A continuación, se anticipa una tabla resumen de los principales resultados de este estudio. No obstante, después del mismo, se explican uno a uno los diferentes análisis y mediciones estadísticas del estudio.

**Tabla 2.** Principales resultados del primer objetivo de estudio

RESULTADOS OBJETIVO 1	COMPARACIÓN DE MEDIAS – ANOVA			
	Unidireccional Grupos AF (n=155)			
Batería de pruebas	AF < 4h	AF = entre 4 y 6h	AF > 6h	Sig (p<0,05*;0,01**)
KBIT. Vocabulario	113,67	112,81	112,00	0,837
KBIT. Matrices	113,17	117,23	114,53	0,565
KBIT. CI Compuesto	113,00	114,88	112,90	0,596
VP. Claves	100,00	117,31	116,55	0,048*
VP. Búsqueda Símbolos	100,00	104,56	101,47	0,277
TOMAL. Recuerdo de palabras	111,67	105,38	106,21	0,385
WISC-IV. Dígitos	105,00	109,67	110,17	0,729
Cálculo Mental	65,00	86,70	88,71	0,000**
Velocidad 100m/l	00:26,8	00:25,1	00:23,9	0,055

**Nota.** AF=Actividad Física. VP = Velocidad de Procesamiento. 100m/l = 100 metros lisos.

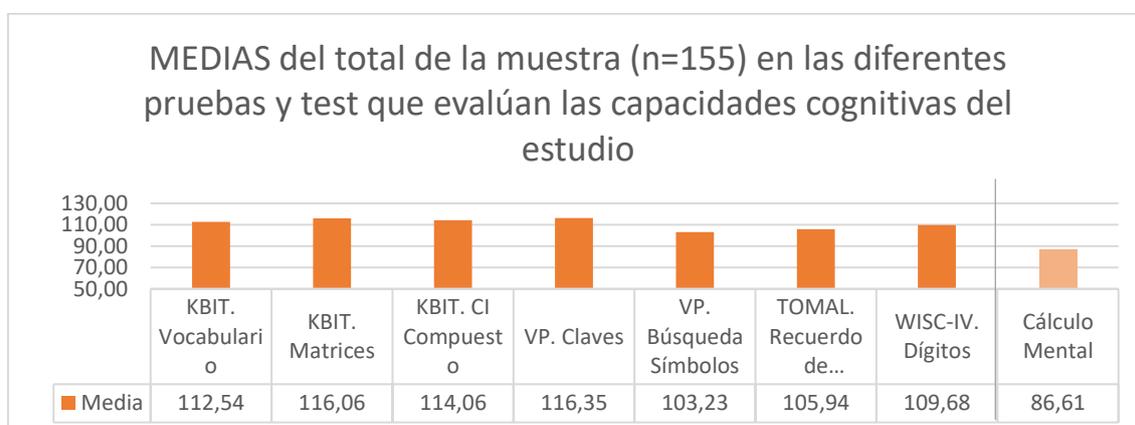
En resumen, se observa un crecimiento exponencial (categorías de menos a más horas de AF/semana) en las subpruebas: Dígitos (Memoria); Cálculo mental y Velocidad-100m (Aptitud física). Las medias de puntuación de los grupos de Moderada AF y Alta AF mejoran en comparación a la del grupo Baja AF, pero no mejora entre Moderada y Alta AF en las suprabas: KBIT-Matrices (Inteligencia por estímulos no verbales); KBIT-CI compuesto (Inteligencia general); VP-Claves (atención); y VP-Búsqueda de símbolos (atención). Se comparan grupos con un tamaño de muestra poco homogéneo, por lo que, dichos resultados, no pueden ser concluyentes, sino que deben interpretarse con prudencia.

### **Estadística Descriptiva**

El objetivo principal de este estudio es estudiar la relación entre la práctica de ejercicio físico y determinadas capacidades y funciones cognitivas (atención, memoria y cálculo) en alumnos de 6 y 7 años. En primer lugar, se quiso conocer el nivel del total de la muestra en cuanto a las capacidades que se evalúan. Para ello se obtuvieron las medias generales de la población de estudio, sin ninguna clasificación y se midió el nivel de correlación que había entre estas capacidades cognitivas. Después, en segundo lugar, a fin de resolver la hipótesis, se decidió agrupar a los alumnos en tres grupos dependiendo de la frecuencia con la que estos realizan AF intensas fuera del horario lectivo: Alumnos de baja frecuencia de AF; Alumnos de frecuencia moderada de AF; y alumnos de alta frecuencia de AF. El estudio no diferenció ni seleccionó a los participantes antes de su inicio dependiendo de la AF que realizan, de manera que se obtienen grupos heterogéneos. Las diferencias entre grupos son especialmente importantes entre el grupo que únicamente tiene 6 sujetos y con los otros dos, que tienen 58 y 91 sujetos.

### **Muestra no agrupada**

Las variables de estudio permiten evaluar las capacidades de atención, memoria, cálculo, inteligencia general y velocidad de carrera, de los alumnos que forman la muestra. Una vez analizadas las pruebas, el primer aspecto a resaltar es que, si tratamos al total de la muestra como un único grupo de 155 sujetos, observamos unos valores que se sitúan en la franja de resultados altos (PT=105;115) en las medias de todas las pruebas y capacidades; e incluso, para dos de ellas (KBIT-Matrices y WISC-IV. VP-Claves) se obtienen medias que superan la franja de muy alto (PT>115) del baremo de las puntuaciones típicas (PT) de los test neuropsicológicos.



**Gráfico 3.** Promedio de la prueba del KBIT.

Todas las medias se sitúan por encima de la Puntuación Típica de la franja muy alta, inclusive la media de cálculo mental que, aunque atiende a un baremo diferente, se sitúa en un 86,61% de aciertos (sobre el 100% posible). Estos resultados muestran una gran capacidad cognitiva general de la muestra, es decir, de los 155 alumnos participantes.

También es importante destacar que el promedio (no agrupado) de la muestra, presenta un alto nivel de práctica de AF. Concretamente de 6,25 horas de práctica de AF a la semana.

A continuación, se muestra un gráfico descriptivo de los 155 participantes que forman la muestra, indicando en el eje vertical el número de sujeto (del 1 al 155) y en el eje horizontal las horas de AF/semana que realiza cada uno de ellos/as (resultado de las horas de educación física y las de actividad física o deporte extraescolar).

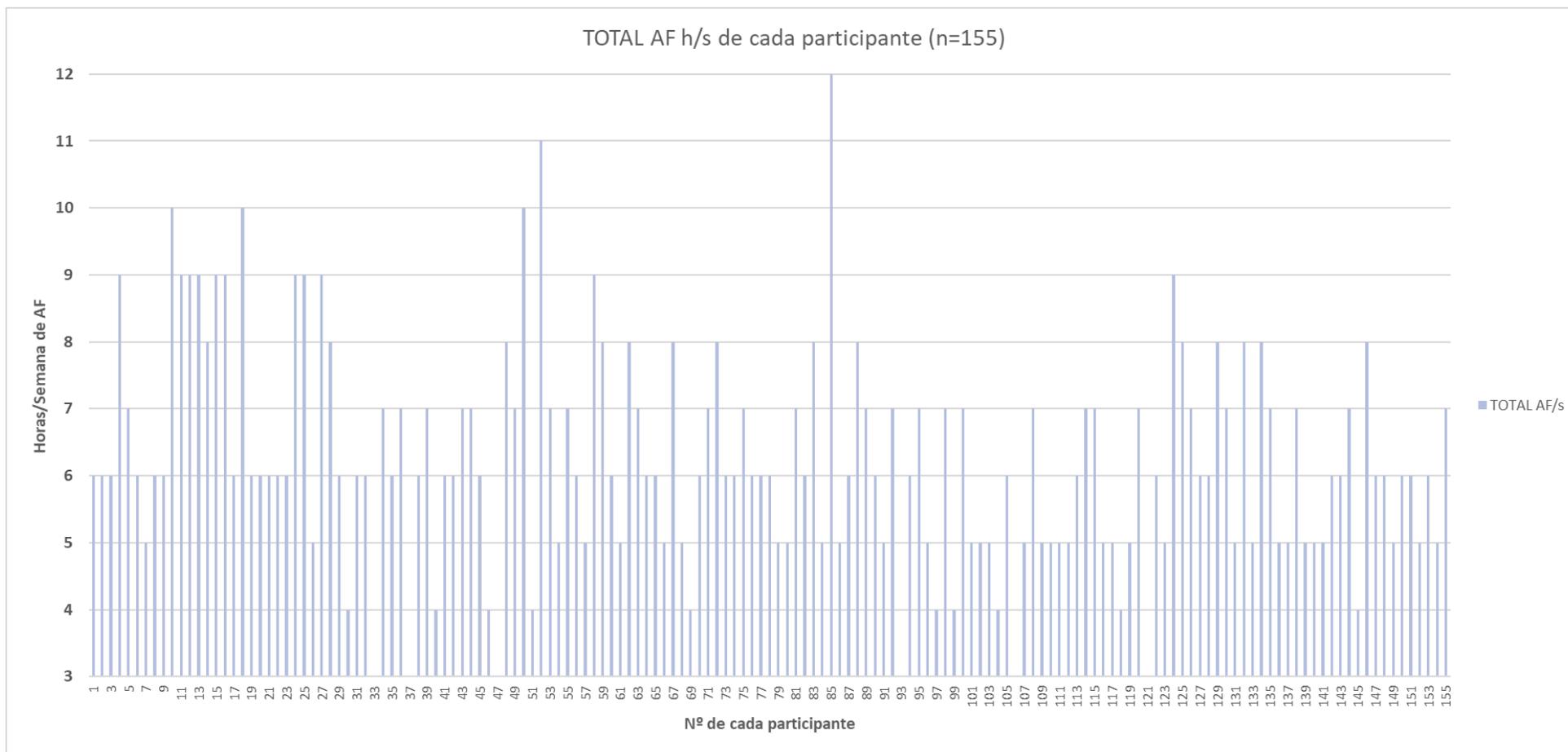
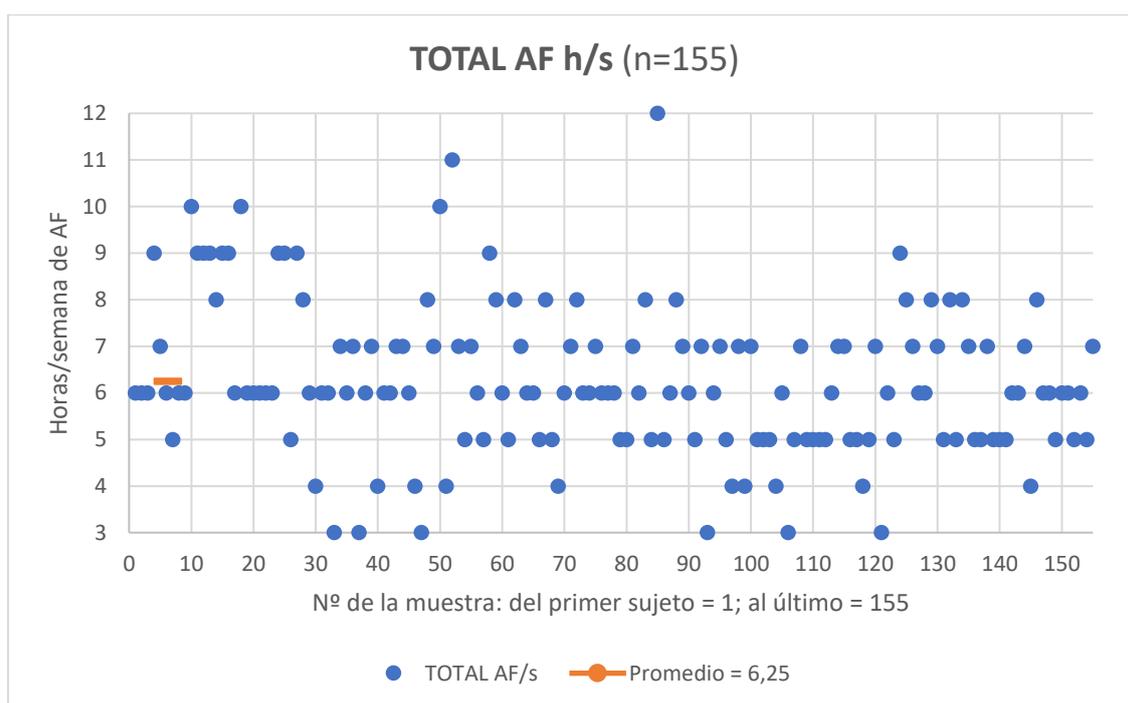


Gráfico 4. Concreción de las horas de AF a la semana de cada participante.

Los datos del gráfico anterior muestran que la mayor parte de los valores (horas de AF a la semana) están sobre la línea del 6, hecho que muestra la realidad de una muestra realmente muy activa y que se sitúa prácticamente en el estándar idílico presentado en la introducción de la hora de AF diaria (7 días a la semana) por la OMS y otras instituciones.

En el siguiente gráfico se puede observar como el promedio es de, concretamente, 6,25 horas de AF a la semana.



**Gráfico 5.** Promedio de las horas de AF a la semana del total de la muestra.

De hecho, únicamente 6 participantes realizan 3 horas de AF a la semana. Estas 3 horas son el mínimo porque son las que realizan en las escuelas que participan en el estudio, por lo que la muestra no puede estar por debajo de estas 3 h/s.

Otro aspecto interesante para analizar son aquellos participantes que se sitúan por encima de la recomendación de la OMS de 7 h/s y que alcanzan los valores de 10, 11 y 12 horas de AF a la semana. Son en total 5 participantes, de los cuales 3 son niños y 2 son niñas.

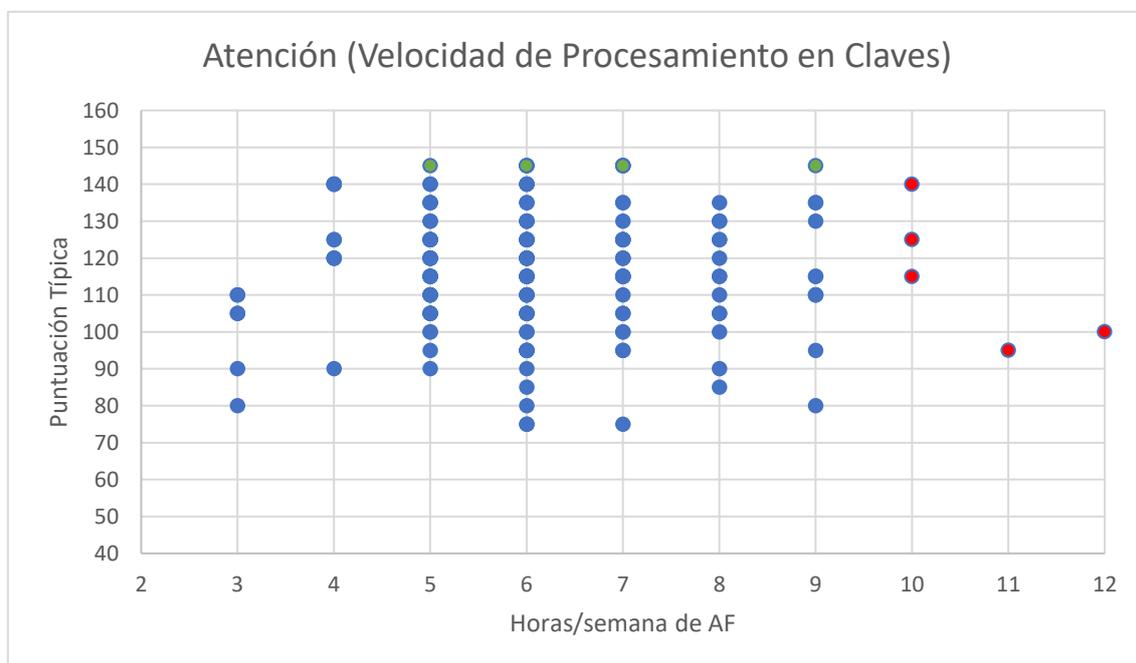
**Tabla 3.** Identificación de los sujetos que practican más horas de Actividad física a la semana.

N/m.T	TOTAL AF/s	S.m
85	12	1
52	11	2
10	10	1
18	10	1
50	10	2

**Nota.** N/m.t = número de muestra total. TOTAL AF/s = Actividad física a la semana. S.m = sexo de la muestra.

A continuación, se muestra mediante un gráfico de dispersión, la posición que ocupan estos 5 participantes en base al valor (puntuación) obtenido en las dos subpruebas sobre las cuales mayor impacto parece haber tenido (en el presente estudio) la práctica de AF.

- Para la subprueba “Claves”, que mide la velocidad de procesamiento óculo manual propia de la capacidad de atención, los participantes que se sitúan en frecuencias máximas de práctica de AF a la semana, no son los que obtiene mejores puntuaciones, sino los que se sitúan entre 5 y 9 horas de AF semanal.



**Gráfico 6.** Promedio de la evaluación cognitiva (atención)

Para la prueba de cálculo mental, el porcentaje de aciertos de los participantes que realizan 10, 11 y 12 horas es superior al 80% e incluso del 100% para el participante que realiza 12 horas de AF a la semana; de igual forma que también lo es para algunos participantes que van desde la frecuencia de 5h/s hasta 9h/s de AF; únicamente para uno de 4h/s y para ninguno de 3h/S.

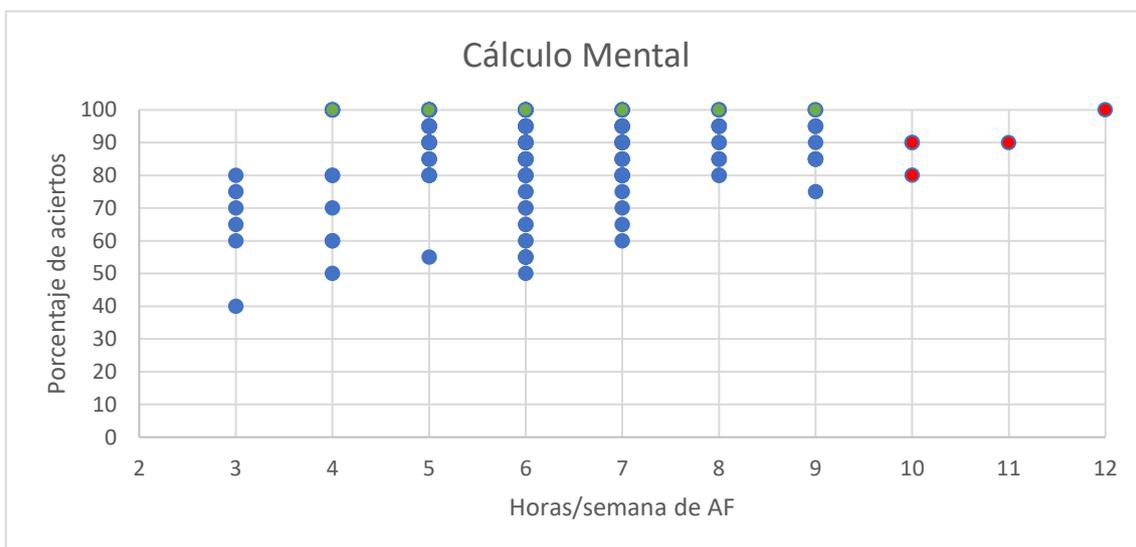


Gráfico 7. Promedio de la evaluación cognitiva (cálculo)

### **Muestra agrupada**

Cuando clasificamos a la muestra en grupos dependiendo de la frecuencia de AF que realizan en horas a la semana, también observamos que las medias de cada grupo se sitúan todas por encima de la PT del 100, resultados que indican que a pesar de que pueda haber o no diferencias significativas que permitan aceptar o no la hipótesis, los resultados que todos los grupos obtienen (en promedio) son mayoritariamente altos (>105) o muy altos (>115). Estos pueden observarse en la siguiente tabla extraída (sin modificar) de la hoja de resultados del programa estadístico SPSS.

**Tabla 4.** Datos estadísticos de los grupos de estudio.

<i>Batería de pruebas</i>	<i>Grupos AF</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desv. Desviación</i>	<i>95% del intervalo de confianza para la media</i>		<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
					<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>		
KBIT.V. PT	Menos de 4h	6	113,67	7,202	106,11	121,22	101	121
	Entre 4 y 6h	91	112,81	9,807	110,77	114,86	58	134
	Más de 6h	58	112,00	8,820	109,68	114,32	90	129
	Total	155	112,54	9,321	111,06	114,02	58	134
KBIT.M	Menos de 4h	6	113,17	12,090	100,48	125,85	94	131
	Entre 4 y 6h	91	117,23	17,170	113,65	120,81	87	160
	Más de 6h	58	114,53	15,557	110,44	118,62	68	160
	Total	155	116,06	16,390	113,46	118,67	68	160
KBIT.CI c.	Menos de 4h	6	113,00	8,764	103,80	122,20	101	127
	Entre 4 y 6h	91	114,88	12,255	112,33	117,43	89	143
	Más de 6h	58	112,90	11,505	109,87	115,92	77	145
	Total	155	114,06	11,841	112,19	115,94	77	145
VP.CL	Menos de 4h	6	100,00	12,247	87,15	112,85	80	110
	Entre 4 y 6h	91	117,31	16,504	113,87	120,74	75	145
	Más de 6h	58	116,55	16,786	112,14	120,97	75	145
	Total	155	116,35	16,713	113,70	119,01	75	145
VP.BS	Menos de 4h	6	100,00	17,029	82,13	117,87	75	120
	Entre 4 y 6h	91	104,56	12,262	102,01	107,11	80	140
	Más de 6h	58	101,47	12,390	98,21	104,72	80	145
	Total	155	103,23	12,519	101,24	105,21	75	145
TOMAL. PT	Menos de 4h	6	111,67	9,309	101,90	121,44	95	120

Influencia de la actividad física en la atención, la memoria y el cálculo

	Entre 4 y 6h	91	105,38	11,359	103,02	107,75	75	130
	Más de 6h	58	106,21	10,316	103,49	108,92	80	125
	Total	155	105,94	10,913	104,20	107,67	75	130
Dígits. PT	Menos de 4h	6	105,00	14,832	89,43	120,57	90	130
	Entre 4 y 6h	91	109,67	15,052	106,54	112,81	75	135
	Más de 6h	58	110,17	15,303	106,15	114,20	80	130
Cálculo Mental	Total	155	109,68	15,072	107,29	112,07	75	135
	Menos de 4h	6	65,00	14,142	50,16	79,84	40	80
	Entre 4 y 6h	91	86,70	14,048	83,78	89,63	50	100
Velocidad 100m/l	Más de 6h	58	88,71	9,203	86,29	91,13	60	100
	Total	155	86,61	13,154	84,53	88,70	40	100
	Menos de 4h	6	0:00:26,78	0:00:02,445	0:00:24,22	0:00:29,35	0:00:23,60	0:00:29,10
Velocidad 100m/l	Entre 4 y 6h	90	0:00:25,06	0:00:03,808	0:00:24,26	0:00:25,86	0:00:19,00	0:00:37,00
	Más de 6h	58	0:00:23,86	0:00:03,453	0:00:22,95	0:00:24,77	0:00:18,20	0:00:34,40
	Total	154	0:00:24,68	0:00:03,686	0:00:24,09	0:00:25,26	0:00:18,20	0:00:37,00

**Nota.** AF=Actividad Física. PT = Puntuación Típica. KBIT.M = KBIT Matrices. KBIT.V = KBIT Vocabulario. KBIT.CI c = KBIT Coeficiente Intelectual compuesto. VP.CL = Velocidad de Procesamiento Claves. VP.BS = Velocidad de Procesamiento Búsqueda de Símbolos.

A continuación, los descriptivos obtenidos a partir de ANOVA de cada una de las capacidades que son variables del estudio, sin buscar relación entre ellas.

Para la variable de Inteligencia general (tabla 5).

**Tabla 5.** Descriptivos de ANOVA - Inteligencia general

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
0.In.KBIT.V. PT	Entre grupos	31,32	2	15,66	0,178	0,837
	Dentro de grupos	13349,158	152	87,823		
	Total	13380,477	154			
0.In.KBIT.M. PT	Entre grupos	309,937	2	154,968	0,574	0,565
	Dentro de grupos	41057,418	152	270,115		
	Total	41367,355	154			
0.In.KBIT.CI c. PT	Entre grupos	146,305	2	73,153	0,518	0,596
	Dentro de grupos	21447,05	152	141,099		
	Total	21593,355	154			

**Nota.** GI = grados de libertad. F = factor de coeficiente de varianza estadística. Sig = Significancia estadística. In = Inteligencia. V = Vocabulario. M = Matrices.

Para la variable de Atención (tabla 6).

**Tabla 6.** Descriptivos de ANOVA - Atención

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1.At.VP.CL. PT	Entre grupos	1689,754	2	844,877	3,108	<b>0,048</b>
	Dentro de grupos	41325,729	152	271,88		
	Total	43015,484	154			
1.At.VP.BS. PT	Entre grupos	404,248	2	202,124	1,295	0,277
	Dentro de grupos	23732,849	152	156,137		
	Total	24137,097	154			

**Nota.** GI = grados de libertad. F = factor de coeficiente de varianza estadística. Sig = Significancia estadística. At = Atención. VP = Velocidad de Procesamiento. CL = Claves. BS = Búsqueda de Símbolos. PT = Puntuación Típica.

Para la variable de Memoria (tabla 7).

**Tabla 7.** Descriptivos de ANOVA - Memoria

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1.Me. TO-MAL. PT	Entre grupos	228,966	2	114,483	0,961	0,385
	Dentro de grupos	18110,389	152	119,147		
	Total	18339,355	154			
1.Me. Dígitos. PT	Entre grupos	145,485	2	72,743	0,317	0,729
	Dentro de grupos	34838,386	152	229,2		
	Total	34983,871	154			

**Nota.** GI = grados de libertad. F = factor de coeficiente de varianza estadística. Sig = Significancia estadística. Me = Memoria. PT = Puntuación Típica.

Para la variable de Cálculo (tabla 8).

**Tabla 8.** Descriptivos de ANOVA - Cálculo

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1.Ca %	Entre grupos	3057,768	2	1528,884	9,852	0
	Dentro de grupos	23589,006	152	155,191		
	Total	26646,774	154			

**Nota.** GI = grados de libertad. F = factor de coeficiente de varianza estadística. Sig = Significancia estadística. Ca % = Cálculo %. PT = Puntuación Típica.

Para la variable de la Velocidad (como aptitud física) (tabla 9).

**Tabla 9.** Descriptivos de ANOVA - Velocidad

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Velocidad	Entre grupos	78,549	2	39,275	2,965	0,055
	Dentro de grupos	2000,108	151	13,246		
	Total	2078,658	153			

**Nota.** GI = grados de libertad. F = factor de coeficiente de varianza estadística. Sig = Significancia estadística.

## ***Estadística Inferencial***

### ***Relación entre las capacidades (variables del estudio)***

El objetivo correlacional de este estudio es comprobar si existe relación entre las variables que miden las capacidades cognitivas del estudio: atención, memoria y cálculo mental; y las variables de actividad física. Para ello, por tratarse todas ellas de variables cuantitativas y no paramétricas, se aplicaron los coeficientes de Rho de Spearman en función de las variables estudiadas.

El estudio presenta un total de ocho variables de carácter cognitivo y dos de carácter físico-motriz y aeróbico (capacidad de velocidad en carrera de 100m/l; y horas semanales de práctica de AF). Por lo tanto, se comparan y se busca relación entre las 10 variables, de manera que, si cada variable busca relación con las otras nueve, la suma es de  $10 \times 9 = 90$ , de las cuales se obtienen la mitad de los valores repetidos debido a que el análisis de relación las duplica, por lo que finalmente se obtienen  $90/2 = 45$  comparaciones.

El análisis de los resultados obtenidos de la correlación de las capacidades cognitivas, tanto entre las subpruebas que miden la misma capacidad, como entre las pruebas de que miden las diferentes capacidades, permite explicar que existe correlación en 22 de 45 comparaciones. Se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 10.** Correlaciones de todas las variables.

Correlaciones No Paramétricas - Rho de Spearman											
Subpruebas (variables)		AF h/s	KBIT. Vocabulario	KBIT. Matrices	KBIT. CI Compuesto	VP. Claves	VP. Búsqueda Símbolos	TOMAL. Recuerdo de palabras	WISC-IV. Dígitos	Cálculo Mental	Velocidad 100m
AF	Coefficiente de correlación	1,000	-0,053	-0,052	-0,061	-0,020	-,164*	0,026	0,022	0,060	-,229**
h/semana	Sig. (bilateral)		0,510	0,522	0,448	0,802	0,041	0,744	0,789	0,461	0,004
KBIT. Vocabulario	Coefficiente de correlación	-0,053	1,000	,238**	,644**	-0,051	,181*	,267**	,219**	0,120	0,050
	Sig. (bilateral)	0,510		0,003	0,000	0,525	0,024	0,001	0,006	0,137	0,537
KBIT. Matrices	Coefficiente de correlación	-0,052	,238**	1,000	,859**	-0,073	,378**	0,043	,238**	,219**	,167*
	Sig. (bilateral)	0,522	0,003		0,000	0,365	0,000	0,591	0,003	0,006	0,039
KBIT. CI Compuesto	Coefficiente de correlación	-0,061	,644**	,859**	1,000	-0,095	,361**	0,119	,251**	,190*	,166*
	Sig. (bilateral)	0,448	0,000	0,000		0,240	0,000	0,140	0,002	0,018	0,039
VP. Claves	Coefficiente de correlación	-0,020	-0,051	-0,073	-0,095	1,000	,239**	-0,024	0,098	0,080	-0,110
	Sig. (bilateral)	0,802	0,525	0,365	0,240		0,003	0,764	0,226	0,321	0,173
VP. Búsqueda Símbolos	Coefficiente de correlación	-,164*	,181*	,378**	,361**	,239**	1,000	0,007	,332**	,173*	,302**
	Sig. (bilateral)	0,041	0,024	0,000	0,000	0,003		0,934	0,000	0,031	0,000
TOMAL. Recuerdo de palabras	Coefficiente de correlación	0,026	,267**	0,043	0,119	-0,024	0,007	1,000	,202*	0,095	-0,128
	Sig. (bilateral)	0,744	0,001	0,591	0,140	0,764	0,934		0,012	0,239	0,113
WISC-IV. Dígitos	Coefficiente de correlación	0,022	,219**	,238**	,251**	0,098	,332**	,202*	1,000	,227**	0,099
	Sig. (bilateral)	0,789	0,006	0,003	0,002	0,226	0,000	0,012		0,005	0,224
Cálculo Mental	Coefficiente de correlación	0,060	0,120	,219**	,190*	0,080	,173*	0,095	,227**	1,000	-0,018
	Sig. (bilateral)	0,461	0,137	0,006	0,018	0,321	0,031	0,239	0,005		0,820
Velocidad	Coefficiente de correlación	-,229**	0,050	,167*	,166*	-0,110	,302**	-0,128	0,099	-0,018	1,000
	Sig. (bilateral)	0,004	0,537	0,039	0,039	0,173	0,000	0,113	0,224	0,820	

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).  
\* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

**Nota.** AF=Actividad Física. PT = Puntuación Típica. KBIT.M = KBIT Matrices. KBIT.V = KBIT Vocabulario. KBIT.CI c = KBIT Coeficiente Intelectual compuesto. VP.CL = Velocidad de Procesamiento Claves. VP.BS = Velocidad de Procesamiento Búsqueda de Símbolos.

Del total de correlaciones (90); se obvian las duplicadas (45) y se obtienen 45 entre variables diferentes. Para 22 de estas 45 se obtiene correlación y para 23 no. De las 22 se obtienen 15 con un nivel de correlación = \*\* (0,01) y 7 con un nivel = \* (0,05).

De las 22 correlaciones significativas, dado que 15 son con una Sig. Bilateral en el nivel 2\*\* (0,01), la correlación es fuerte. Este hecho, no es del todo importante al tratarse de una correlación (no una relación), pero permite establecer dicha relación entre subpruebas que miden la misma capacidad:

- Entre las subpruebas de KBIT: vocabulario, matrices y CI compuesto, que miden el nivel de inteligencia general.
- Entre las subpruebas de WISC-IV de Velocidad de procesamiento: Claves y Búsqueda de símbolos, que miden la capacidad atencional.

- Entre las subpruebas: TOMAL y Dígitos, que miden la memoria.

Sobre el análisis de correlación entre las subpruebas que miden las diferentes variables:

A) Variables de carácter cognitivo y académico, sí existe correlación significativa entre:

- Capacidad atencional en la subprueba de búsqueda de símbolos y la capacidad de memoria en la subprueba de dígitos, con un valor de Sig. ( $p=0,00$ ) y un coeficiente de correlación de  $0,332^{**}$ .
- Capacidad atencional en la subprueba de búsqueda de símbolos y la capacidad de cálculo mental, con un valor de Sig. ( $p=0,03$ ) y un coeficiente de correlación de  $0,173^*$ .
- Capacidad de memoria en la subprueba de dígitos y la capacidad de cálculo mental, con un valor de Sig. ( $p=0,00$ ) y un coeficiente de correlación de  $0,227^*$ .

B) Variables de carácter físico-motriz y aeróbico, sí existe correlación significativa entre:

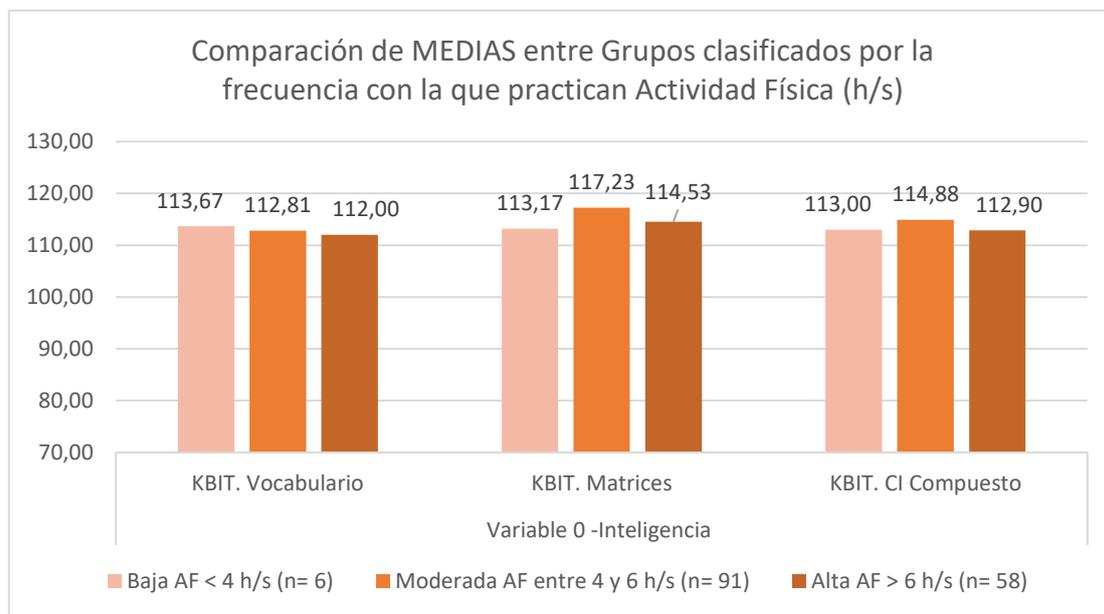
- Capacidad de velocidad (100m/l) y horas/semana de práctica de AF, existe una relación inversamente proporcional, ya que, existe una relación estadísticamente significativa ( $p=0,00$ ) entre practicar más horas de AF a la semana y realizar la prueba de velocidad con menor tiempo (correlación de  $-,229^{**}$ ).

Con estos resultados es posible explicar que entre las tres variables de estudio se han obtenido correlaciones significativas, siempre por debajo de Sig. (bilateral de  $0,05$ ), que determinan la relación entre las capacidades cognitivas de la atención, la memoria y el cálculo.

### ***Comparación de medias de los grupos de estudio***

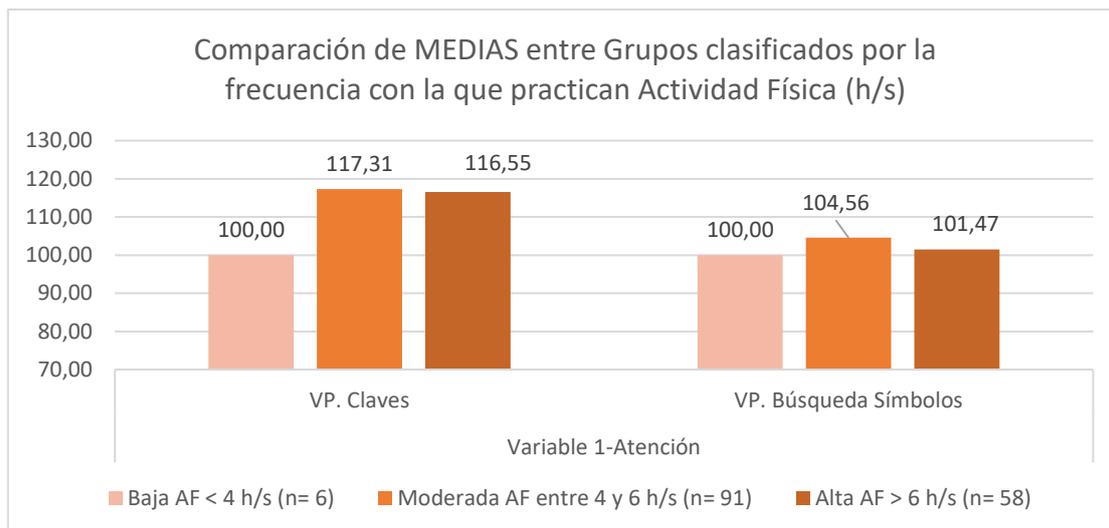
En cuanto a los resultados (medias de puntuación) de cada grupo, en los que se clasifica la muestra dependiendo de la frecuencia (h/s) con la que realizan AF, a continuación, se presentan los gráficos (comparación de medias) de cada una de las variables de estudio: atención, memoria, cálculo y capacidad física (velocidad), y también se añade la evaluación de la inteligencia general como variable 0.

Para la variable 0 (Inteligencia general) la media de las puntuaciones obtenidas en el test KBIT mejoran en los grupos de Moderada (117,23) y Alta AF (114,53) respecto al grupo de Baja AF (113,17) en la subprueba de Matrices, pero únicamente mejora entre el Moderada AF (114,88) y el Baja AF (113,00) en subprueba de CI-Compuesto; y empeora de manera gradual entre Alta (112), Moderada (112,81) y Baja AF (113,67) en la subprueba de Vocabulario.



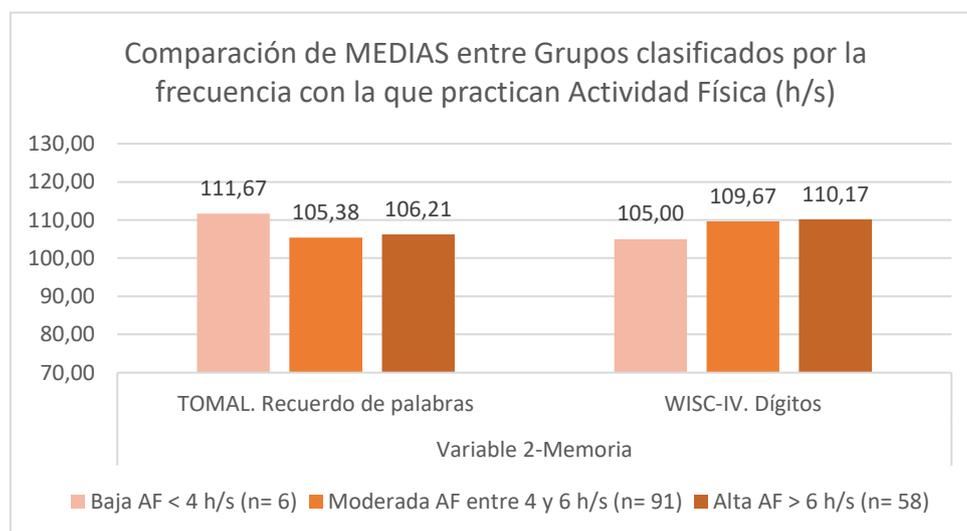
**Gráfico 8.** Comparación de medias entre grupos (Inteligencia general).

Para la variable 1 (Atención) la media de las puntuaciones obtenidas en el test WISC-IV, Velocidad de Procesamiento, mejoran de forma significativa en los grupos de Moderada (117,31) y Alta AF (116,55) respecto al grupo de Baja AF (100) en la subprueba de Claves, y también mejoran los grupos de Moderada (104,56) y Alta AF (101,47) respecto al grupo de Baja AF (100) en la subprueba de Búsqueda de símbolos.



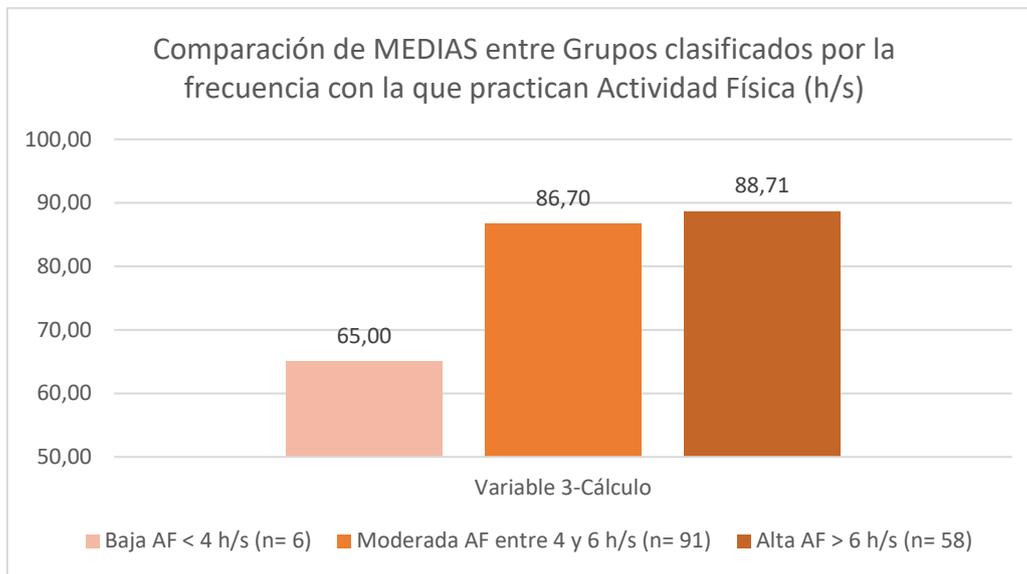
**Gráfico 9.** Comparación de medias entre grupos (Atención).

Para la variable 2 (Memoria) la media de las puntuaciones obtenidas en las pruebas de Memoria de trabajo, mejoran de forma gradual en los grupos de Moderada (109,67) y Alta AF (110,17) respecto al grupo de Baja AF (105) en el Test de WISC-IV, subprueba de Dígitos, y empeora entre Moderada (105,38) Alta (106,21), y Baja AF (111,67) en el test de TOMAL, subprueba de Recuerdo de palabras.



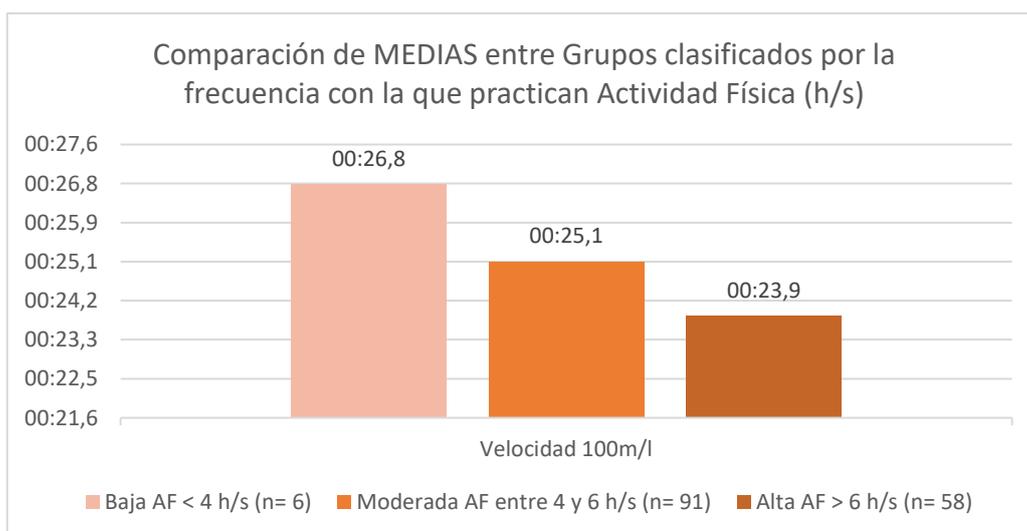
**Gráfico 10.** Comparación de medias entre grupos (Memoria).

Para la variable 3 (Cálculo) la media de las puntuaciones obtenidas (porcentaje de aciertos) en la prueba de Cálculo mental, mejoran de forma gradual entre los grupos: Baja AF (65%), Moderada (86,70%) y Alta AF (88,71%), además es significativa ( $p=0,000$ ) entre el grupo de Baja AF y los grupos de Moderada y Alta AF.



**Gráfico 11.** Comparación de medias entre grupos (Cálculo).

Para la variable 4 (Actividad física) la media de las puntuaciones obtenidas (tiempo en mm:ss,ms;) en la prueba de Velocidad (carrera de 100 metros lisos), mejoran de forma gradual entre los grupos: Baja AF (00:26,8), Moderada (00:25,1) y Alta AF (00:23,9).



**Gráfico 12.** Comparación de medias entre grupos (Velocidad de carrera).

El tiempo de realización de la prueba determina la velocidad mediante una relación inversamente proporcional.

### **Post-hoc mediante ANOVA de un factor**

A continuación, se muestra la tabla general exportada del programa estadístico SPSS.25 que muestra la relación de comparación múltiple mediante el post-hoc de HSD Tukey y de Scheffe de ANOVA de cada una de las variables del estudio y en comparación con el nivel de frecuencia (horas/semana) de práctica de AF (menos de 4h; entre 4 y 6; más de 6h).

**Tabla 11.** Resultados estadísticos Post-hoc de ANOVA de todas las variables

<b>Pruebas post hoc de ANOVA</b>								
<b>Comparaciones múltiples</b>								
Variable dependiente				Diferencia de medias (I-J)	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
0.In.KBIT.V. PT	HSD Tukey	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	0,853	0,975	-8,50	10,20	
			Más de 6h	1,667	0,910	-7,85	11,18	
		Entre 4 y 6h	Menos de 4h	-0,853	0,975	-10,20	8,50	
			Más de 6h	0,813	0,863	-2,91	4,54	
		Más de 6h	Menos de 4h	-1,667	0,910	-11,18	7,85	
			Entre 4 y 6h	-0,813	0,863	-4,54	2,91	
	Scheffe	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	0,853	0,977	-8,91	10,62	
			Más de 6h	1,667	0,918	-8,27	11,60	
		Entre 4 y 6h	Menos de 4h	-0,853	0,977	-10,62	8,91	
			Más de 6h	0,813	0,875	-3,08	4,71	
		Más de 6h	Menos de 4h	-1,667	0,918	-11,60	8,27	
			Entre 4 y 6h	-0,813	0,875	-4,71	3,08	
	0.In.KBIT.M. PT	HSD Tukey	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	-4,064	0,827	-20,46	12,33
				Más de 6h	-1,368	0,979	-18,05	15,31
Entre 4 y 6h			Menos de 4h	4,064	0,827	-12,33	20,46	
			Más de 6h	2,696	0,593	-3,84	9,23	
Más de 6h			Menos de 4h	1,368	0,979	-15,31	18,05	
			Entre 4 y 6h	-2,696	0,593	-9,23	3,84	
Scheffe		Menos de 4h	Entre 4 y 6h	-4,064	0,842	-21,19	13,06	
			Más de 6h	-1,368	0,981	-18,79	16,06	
		Entre 4 y 6h	Menos de 4h	4,064	0,842	-13,06	21,19	
			Más de 6h	2,696	0,622	-4,13	9,52	

Influencia de la actividad física en la atención, la memoria y el cálculo

		Más de 6h	Menos de 4h	1,368	0,981	-16,06	18,79
			Entre 4 y 6h	-2,696	0,622	-9,52	4,13
0.In.KBIT.CI c. PT	HSD Tukey	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	-1,879	0,925	-13,73	9,97
			Más de 6h	0,103	1,000	-11,95	12,16
		Entre 4 y 6h	Menos de 4h	1,879	0,925	-9,97	13,73
			Más de 6h	1,983	0,582	-2,74	6,71
		Más de 6h	Menos de 4h	-0,103	1,000	-12,16	11,95
			Entre 4 y 6h	-1,983	0,582	-6,71	2,74
	Scheffe	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	-1,879	0,932	-14,26	10,50
			Más de 6h	0,103	1,000	-12,49	12,70
		Entre 4 y 6h	Menos de 4h	1,879	0,932	-10,50	14,26
			Más de 6h	1,983	0,612	-2,95	6,92
		Más de 6h	Menos de 4h	-0,103	1,000	-12,70	12,49
			Entre 4 y 6h	-1,983	0,612	-6,92	2,95
1.At.VP.CL. PT	HSD Tukey	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	-17,308*	0,037	-33,76	-0,86
			Más de 6h	-16,552	0,053	-33,29	0,18
		Entre 4 y 6h	Menos de 4h	17,308*	0,037	0,86	33,76
			Más de 6h	0,756	0,960	-5,80	7,31
		Más de 6h	Menos de 4h	16,552	0,053	-0,18	33,29
			Entre 4 y 6h	-0,756	0,960	-7,31	5,80
	Scheffe	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	-17,308*	0,048	-34,49	-0,13
			Más de 6h	-16,552	0,068	-34,03	0,93
		Entre 4 y 6h	Menos de 4h	17,308*	0,048	0,13	34,49
			Más de 6h	0,756	0,963	-6,09	7,60
		Más de 6h	Menos de 4h	16,552	0,068	-0,93	34,03
			Entre 4 y 6h	-0,756	0,963	-7,60	6,09
1.At.VP.BS. PT	HSD Tukey	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	-4,560	0,663	-17,03	7,91
			Más de 6h	-1,466	0,960	-14,15	11,22
		Entre 4 y 6h	Menos de 4h	4,560	0,663	-7,91	17,03
			Más de 6h	3,095	0,306	-1,87	8,06
		Más de 6h	Menos de 4h	1,466	0,960	-11,22	14,15
			Entre 4 y 6h	-3,095	0,306	-8,06	1,87
	Scheffe	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	-4,560	0,688	-17,58	8,46
			Más de 6h	-1,466	0,963	-14,71	11,78
		Entre 4 y 6h	Menos de 4h	4,560	0,688	-8,46	17,58
			Más de 6h	3,095	0,340	-2,10	8,28
		Más de 6h	Menos de 4h	1,466	0,963	-11,78	14,71
			Entre 4 y 6h	-3,095	0,340	-8,28	2,10
			Entre 4 y 6h	6,282	0,362	-4,61	17,17

Influencia de la actividad física en la atención, la memoria y el cálculo

1.Me. TO- MAL. PT	HSD Tukey	Menos de 4h	Más de 6h	5,460	0,475	-5,62	16,54
			Menos de 4h	-6,282	0,362	-17,17	4,61
		Entre 4 y 6h	Más de 6h	-0,822	0,895	-5,16	3,52
			Menos de 4h	-5,460	0,475	-16,54	5,62
		Más de 6h	Entre 4 y 6h	0,822	0,895	-3,52	5,16
			Menos de 4h	6,282	0,396	-5,09	17,66
	Scheffe	Menos de 4h	Más de 6h	5,460	0,508	-6,11	17,03
			Entre 4 y 6h	-6,282	0,396	-17,66	5,09
		Entre 4 y 6h	Más de 6h	-0,822	0,904	-5,36	3,71
			Menos de 4h	-5,460	0,508	-17,03	6,11
		Más de 6h	Entre 4 y 6h	0,822	0,904	-3,71	5,36
			Menos de 4h	Entre 4 y 6h	-4,670	0,745	-19,77
1.Me. Dí- gits. PT	HSD Tukey	Menos de 4h	Más de 6h	-5,172	0,706	-20,54	10,19
			Menos de 4h	4,670	0,745	-10,43	19,77
		Entre 4 y 6h	Más de 6h	-0,502	0,979	-6,52	5,52
			Menos de 4h	5,172	0,706	-10,19	20,54
		Más de 6h	Entre 4 y 6h	0,502	0,979	-5,52	6,52
			Menos de 4h	-4,670	0,765	-20,44	11,10
	Scheffe	Menos de 4h	Más de 6h	-5,172	0,729	-21,22	10,88
			Entre 4 y 6h	4,670	0,765	-11,10	20,44
		Entre 4 y 6h	Más de 6h	-0,502	0,981	-6,79	5,79
			Menos de 4h	5,172	0,729	-10,88	21,22
		Más de 6h	Entre 4 y 6h	0,502	0,981	-5,79	6,79
			Menos de 4h	Entre 4 y 6h	-21,703*	0,000	-34,13
1.Ca %e	HSD Tukey	Menos de 4h	Más de 6h	-23,707*	0,000	-36,35	-11,06
			Menos de 4h	21,703*	0,000	9,28	34,13
		Entre 4 y 6h	Más de 6h	-2,004	0,605	-6,96	2,95
			Menos de 4h	23,707*	0,000	11,06	36,35
		Más de 6h	Entre 4 y 6h	2,004	0,605	-2,95	6,96
			Menos de 4h	-21,703*	0,000	-34,68	-8,72
	Scheffe	Menos de 4h	Más de 6h	-23,707*	0,000	-36,91	-10,50
			Entre 4 y 6h	21,703*	0,000	8,72	34,68
		Entre 4 y 6h	Más de 6h	-2,004	0,633	-7,18	3,17
			Menos de 4h	23,707*	0,000	10,50	36,91
		Más de 6h	Entre 4 y 6h	2,004	0,633	-3,17	7,18
			Menos de 4h	Entre 4 y 6h	0:00:01,723	0,502	-0:00:01,91
Velocidad	HSD Tukey	Menos de 4h	Más de 6h	0:00:02,923	0,150	-0:00:00,77	0:00:06,62
			Menos de 4h	-0:00:01,72	0,502	-0:00:05,35	0:00:01,91
		Entre 4 y 6h	Más de 6h	0:00:01,200	0,126	-0:00:00,25	0:00:02,65
			Menos de 4h				

	Scheffe	Más de 6h	Menos de 4h	-0:00:02,92	0,150	-0:00:06,62	0:00:00,77		
			Entre 4 y 6h	-0:00:01,20	0,126	-0:00:02,65	0:00:00,25		
		Menos de 4h	Entre 4 y 6h	0:00:01,723	0,534	-0:00:02,07	0:00:05,52		
			Más de 6h	0:00:02,923	0,177	-0:00:00,94	0:00:06,78		
		Entre 4 y 6h	Menos de 4h	-0:00:01,72	0,534	-0:00:05,52	0:00:02,07		
			Más de 6h	0:00:01,200	0,150	-0:00:00,31	0:00:02,72		
		Más de 6h	Menos de 4h	-0:00:02,92	0,177	-0:00:06,78	0:00:00,94		
			Entre 4 y 6h	-0:00:01,20	0,150	-0:00:02,72	0:00:00,31		
		FC Mínima	HSD Tukey	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	12,544	0,153	-3,39	28,48
					Más de 6h	14,057	0,103	-2,15	30,26
				Entre 4 y 6h	Menos de 4h	-12,544	0,153	-28,48	3,39
					Más de 6h	1,513	0,840	-4,85	7,88
Más de 6h	Menos de 4h			-14,057	0,103	-30,26	2,15		
	Entre 4 y 6h			-1,513	0,840	-7,88	4,85		
Scheffe	Menos de 4h		Entre 4 y 6h	12,544	0,180	-4,10	29,19		
			Más de 6h	14,057	0,125	-2,87	30,98		
	Entre 4 y 6h		Menos de 4h	-12,544	0,180	-29,19	4,10		
			Más de 6h	1,513	0,854	-5,13	8,16		
	Más de 6h		Menos de 4h	-14,057	0,125	-30,98	2,87		
			Entre 4 y 6h	-1,513	0,854	-8,16	5,13		
FC Máxima	HSD Tukey	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	-0,156	1,000	-13,49	13,18		
			Más de 6h	-0,730	0,991	-14,29	12,83		
		Entre 4 y 6h	Menos de 4h	0,156	1,000	-13,18	13,49		
			Más de 6h	-0,574	0,965	-5,90	4,75		
		Más de 6h	Menos de 4h	0,730	0,991	-12,83	14,29		
			Entre 4 y 6h	0,574	0,965	-4,75	5,90		
	Scheffe	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	-0,156	1,000	-14,08	13,77		
			Más de 6h	-0,730	0,992	-14,90	13,44		
		Entre 4 y 6h	Menos de 4h	0,156	1,000	-13,77	14,08		
			Más de 6h	-0,574	0,968	-6,14	4,99		
		Más de 6h	Menos de 4h	0,730	0,992	-13,44	14,90		
			Entre 4 y 6h	0,574	0,968	-4,99	6,14		

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

**Nota.** AF=Actividad Física. PT = Puntuación Típica. KBIT.M = KBIT Matrices. KBIT.V = KBIT Vocabulario. KBIT.CI c = KBIT Coeficiente Intelectual compuesto. VP.CL = Velocidad de Procesamiento Claves. VP.BS = Velocidad de Procesamiento Búsqueda de Símbolos. FC = Frecuencia Cardíaca. Sig = Significancia estadística. HSD Tukey = Honestly-significant-difference de Tukey.

Teniendo la AF como variable independiente se comprueba si existe diferencia significativa entre los resultados de las medias obtenidas de cada grupo, mediante la prueba post-hoc de HSD Tukey y de Scheffe. Aun teniendo en cuenta que se trata de una comparación entre grupos poco homogéneos, se obtiene Sig. Bilateral  $<0,05$  en las siguientes comparaciones:

- Capacidad de Atención (VP-Claves) entre la categoría de Baja AF y Moderada AF ( $p=0,037$ ).

**Tabla 12.** Comparaciones múltiples de los grupos de estudio (Atención).

Comparaciones múltiples: Pruebas post hoc						
Variable dependiente: WISC-IV (VP-Claves)			Diferencia de medias (I-J)	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	-17,308*	<b>0,037</b>	-33,76	-0,86
		Más de 6h	-16,552	0,053	-33,29	0,18
	Entre 4 y 6h	Menos de 4h	17,308*	0,037	0,86	33,76
		Más de 6h	0,756	0,960	-5,80	7,31
Scheffe	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	-17,308*	<b>0,048</b>	-34,49	-0,13
		Más de 6h	-16,552	0,068	-34,03	0,93
	Entre 4 y 6h	Menos de 4h	17,308*	0,048	0,13	34,49
		Más de 6h	0,756	0,963	-6,09	7,60

**Nota.** VP.CL = Velocidad de Procesamiento Claves. HSD Tukey = Honestly-significant-difference de Tukey.

- Capacidad Cálculo (mental) entre la categoría de Baja AF y Moderada AF ( $p=0,00$ ), y entre Baja AF y Alta AF ( $p=0,00$ ).

**Tabla 13.** Comparaciones múltiples (Cálculo)

Comparaciones múltiples: Pruebas post hoc						
Variable dependiente: Cálculo Mental			Diferencia de medias	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	-21,703*	<b>0,000</b>	-34,13	-9,28
		Más de 6h	-23,707*	<b>0,000</b>	-36,35	-11,06
	Entre 4 y 6h	Menos de 4h	21,703*	0,000	9,28	34,13
		Más de 6h	-2,004	0,605	-6,96	2,95
Scheffe	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	-21,703*	0,000	-34,68	-8,72
		Más de 6h	-23,707*	<b>0,000</b>	-36,91	-10,50
	Entre 4 y 6h	Menos de 4h	21,703*	<b>0,000</b>	8,72	34,68
		Más de 6h	-2,004	0,633	-7,18	3,17

**Nota.** Sig. = Significance statistical. HSD Tukey = Honestly-significant-difference de Tukey.

Los resultados demuestran una relación significativa en la influencia de la AF en la velocidad de procesamiento visual (atención) y en el cálculo. El asterisco al final del valor de la diferencia de medias muestra tanto la fiabilidad de la estadística (Sig. Bilateral <0,05) como la fuerza de la comparación mediante la ANOVA de un factor. Estos resultados permiten hacer inferencias y deducir que la AF tiene influencia en dos de las tres variables de estudio.

Siguiendo el mismo tipo de análisis estadística, también mediante la prueba post-hoc de HSD Tukey y de Scheffe, se comprueba que no tiene influencia en la tercera variable de estudio, la memoria.

- No se obtiene Sig. Bilateral <0,05 en las siguientes comparaciones entre grupos de AF y la capacidad de memoria, tanto para el test TOMAL como el Dígitos:

**Tabla 14.** Comparaciones múltiples (Memoria I).

<b>Comparaciones múltiples: Pruebas post hoc</b>						
Variable dependiente: Memoria (test TOMAL)			Diferencia de medias	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	6,282	0,362	-4,61	17,17
		Más de 6h	5,460	0,475	-5,62	16,54
	Entre 4 y 6h	Menos de 4h	-6,282	0,362	-17,17	4,61
		Más de 6h	-0,822	0,895	-5,16	3,52
Scheffe	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	6,282	0,396	-5,09	17,66
		Más de 6h	5,460	0,508	-6,11	17,03
	Entre 4 y 6h	Menos de 4h	-6,282	0,396	-17,66	5,09
		Más de 6h	-0,822	0,904	-5,36	3,71

**Nota.** Sig. = Significance statistical. HSD Tukey = Honestly-significant-difference de Tukey.

Y para el test de Dígitos (tabla 15):

**Tabla 15.** Comparaciones múltiples (Memoria II).

<b>Comparaciones múltiples: Pruebas post hoc</b>						
Variable dependiente: Memoria (test Dígitos)			Diferencia de medias	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Menos de 4h	Entre 4 y 6h	-4,670	0,745	-19,77	10,43
		Más de 6h	-5,172	0,706	-20,54	10,19
	Entre 4 y 6h	Menos de 4h	4,670	0,745	-10,43	19,77
		Más de 6h	-0,502	0,979	-6,52	5,52
Scheffe		Entre 4 y 6h	-4,670	0,765	-20,44	11,10

	Menos de 4h	Más de 6h	-5,172	0,729	-21,22	10,88
	Entre 4 y 6h	Menos de 4h	4,670	0,765	-11,10	20,44
		Más de 6h	-0,502	0,981	-6,79	5,79

**Nota.** Sig. = Significance statistical. HSD Tukey = Honestly-significant-difference de Tukey.

Finalmente, también mediante la prueba post-hoc de HSD Tukey y de Scheffe, se comprueba que la diferencia entre grupos y el tiempo (inversamente proporcional) de los sujetos de cada grupo en realizar una prueba de 100m lisos. Es decir, comprobar si existe una relación entre pertenecer a un grupo u otro de horas de AF/semana (Bajo, Moderado o Alto) y la velocidad que en promedio obtienen.

- Velocidad: se obtiene Sig. Bilateral = a 0,055 en la comparación entre grupos.

Este resultado de  $p=0,055$ , no puede considerarse estadísticamente significativo, pero es cierto que el valor de  $p$  se aproxima mucho al esperado.

## Discusión del estudio 1

### A modo resumen:

- Es preciso destacar la limitación metodológica del estudio, pues el tamaño de los grupos que forman la muestra no es homogéneo: especialmente para el grupo de Baja AF (n=6) y en comparación con el de Moderada AF (n= 91) y Alta AF (n= 58).
- Si consideraremos que los tres grupos tienen un tamaño comparable, podríamos sugerir que la práctica de AF (h/s) se relaciona con una mayor capacidad en cálculo matemático y en velocidad de procesamiento atencional y también, aunque no significativa, en: inteligencia no verbal; atención (velocidad de procesamiento visual; en memoria; y en la velocidad (prueba de carrera a máxima velocidad de 100m/l).
- Los resultados de este pequeño estudio no pueden ser en ningún caso concluyentes debido a las limitaciones metodológicas, pero, aun así, pueden servir de base para reforzar la importancia de la práctica de AF dentro y fuera del horario lectivo.

En este estudio se muestra que, de acuerdo con la hipótesis de partida, *“Existe relación entre la puntuación obtenida en las pruebas neuropsicológicas que miden la atención, la memoria y el cálculo, con la frecuencia que las muestras practican ejercicio físico”*, el estudio transversal obtiene resultados de interés científico que van en la línea y refuerzan algunas de las recientes investigaciones que se plantean en el marco teórico general del trabajo y del presente estudio (estudio) en particular.

El primer aspecto de discusión es la puntuación que el total de la muestra, en conjunto y por lo tanto no clasificada, obtiene de las diferentes pruebas y, en consecuencia, de las diferentes variables del estudio: atención, memoria, cálculo y práctica de AF y ejercicio físico.

Promedios altos y muy altos en las pruebas que miden la capacidad de “atención” explican que los alumnos que forman la muestra (n=155) tienen un nivel alto (103,23) en el test de velocidad de procesamiento de búsqueda de símbolos; y muy alto (116,35) en el test de velocidad de procesamiento de claves.

En lo que respecta a la variable “memoria”, tanto para el subapartado de la batería de test de Tomal, “recuerdo a pares”, como para la de recuerdo de “dígitos” de WISC-IV, los promedios se sitúan en la franja de puntuación “alto”, que van de 105 a 115 puntos, siendo de 105,94 el primero y de 109,68 en el segundo. Estos resultados muestran una gran capacidad de memoria, quedándose a poco de alcanzar un promedio muy alto, en el promedio de toda la muestra.

El cálculo mental, prueba de elaboración propia, ha permitido conocer el nivel medio de los alumnos en la realización de operaciones básicas (sumas y restas). Según los baremos expuestos en la presentación de la variable, los valores que estarían dentro de la normalidad del porcentaje de aciertos son los que van desde el 50% hasta el 80%, siendo el primero el que marca el límite hacia una desviación negativa y el último hacia la puntuación más positiva. El promedio obtenido por los participantes es de  $V= 86,61\%$ , por lo que ya se incluye en la desviación positiva y podría considerarse como alto.

También para las pruebas de la evaluación del KBIT, que miden la inteligencia general y son explicadas como variable 0 del estudio, el promedio del total de la muestra se sitúa en la franja de “alto”, en las subpruebas de Vocabulario (112,54) y CI Compuesto (114,06); y “muy alto” en la subprueba de Matrices (116,06).

Finalmente, en cuanto al ejercicio físico, mediante los resultados de los cuestionarios se puede determinar que se trata de un grupo poco sedentario, que realiza alguna actividad física con frecuencia y que, además, a diferencia de otros alumnos, cursan en unas escuelas tan comprometida con el ejercicio que en estos tiempos que corren, en vez de restar horas, las suman. Dentro del horario del centro realizan tres horas (dos de educación física y una de piscina), cuando la realidad académica del momento está en una hora y media a la semana en muchas escuelas.

Únicamente 6 participantes de 155 realizan menos de 4h de AF a la semana. Esta realidad es, desde un punto de vista estadístico y científico una gran limitación de diseño metodológico y que no permite, en ningún caso, que los resultados (algunos con valores de significatividad) dispongan de rigor científico. Sobre esta limitación se discute más adelante. No obstante, dicha limitación es, desde un punto de vista social, una posibilidad para visualizar y destacar las escuelas que ya apuestan desde el programa educativo de centro, en una jornada escolar activa y no sedentaria.

En consecuencia, el promedio que muestran los resultados del cuestionario es alto. Concretamente, el promedio de práctica de AF en horas/semana de la muestra es de **6,25 horas**, una frecuencia que se aproxima a la recomendada por la OMS (1h de AF

al día) e incluida en algunas revisiones sistemáticas como la realizada por Poitras et al. (2016).

Además, que el promedio de práctica de AF semanal de los participantes del presente estudio sea superior a 6 horas, permite determinar que, en promedio, la muestra de estudio no solo supera el grupo de Baja AF (3h); sino que también supera el de Moderada AF (más de 3 horas y menos de 6 horas) de frecuencia de ejercicio físico, por lo que, la muestra, en promedio, se sitúa como punto de partida en el promedio de Alta AF. Además, 5 participantes (3 niños y 2 niñas), aportan una frecuencia de práctica realmente alta al situarse en valores máximos de 10, 11 y hasta 12 horas de AF.

Una posible explicación es la que se sugiere en la introducción de este estudio 1, en la cual los investigadores sostienen de la importancia de alcanzar la hora de AF diaria, por lo que ya situaría a los sujetos en el promedio de entre +/- 7 horas de AF a la semana, que correspondería a situarse en los grupos de Moderada o Alta AF planteados para este estudio. No obstante, los estudios citados anteriormente no aportan evidencia para demostrar que, si la práctica de AF sigue aumentando, es decir, si sobrepasa las 7 horas, la mejora cognitiva y/o de rendimiento matemático continúa aumentando; de hecho, algunos estudios indican que un exceso de AF podría tener los efectos contrarios en el rendimiento cognitivo a causa de la fatiga que puede ocasionar en el cerebro por el consumo excesivo de energía (Cian et al., 2001), por lo que no sería recomendable el exceso de práctica de AF, pues, este, podría inducir a reducir los efectos positivos que la AF puede tener en las funciones cognitivas (Gomez-Pinilla y Hillman, 2013). Estas evidencias podrían explicar, o no, por qué los 5 participantes del presente estudio no son los que obtienen las mejores puntuaciones en las evaluaciones cognitivas.

En definitiva, la muestra del estudio corresponde a un alumnado de escuelas que creen en la importancia y el papel de la actividad física y que, en general, no realiza únicamente la AF que propone la escuela, sino que, en 149 ocasiones (96% de la muestra), la aumenta entre 1 hora (para los sujetos que practican 4 horas de AF a la semana) y 9 horas (para el/la sujeto que practica 12 horas de AF a la semana). Por este motivo se considera relevante destacar, tanto la limitación del reducido grupo de Baja AF (n=6), como la viabilidad de realizar una práctica de AF diaria (o superior) en edad escolar.

### ***La frecuencia (h/s) de AF y la resolución de operaciones de cálculo mental básico***

El resultado más destacado es la relación estadísticamente significativa entre realizar más horas de AF a la semana y obtener mejores puntuaciones (en escala ascendente) en la prueba que evalúa la capacidad del cálculo mental (mediante operaciones básicas de sumas y restas). A partir de la prueba de ANOVA unidireccional se obtiene que la comparación entre medias es significativa de Nivel 2, con valor de  $p=0,000$ . La diferencia es especialmente interesante entre la media del grupo que menos horas de AF realiza a la semana y los otros dos grupos.

Los resultados muestran que, en promedio, los alumnos que realizan menos de 4 horas de AF, obtienen una puntuación de acierto del 65% en la prueba de cálculo mental básico, correspondería a una cualificación de 6,5 sobre 10; en cambio, los alumnos que se sitúan entre las 4 horas y las 6h de práctica de AF a la semana, obtienen un promedio de acierto significativamente superior, concretamente de 86,70%, que corresponde a una puntuación de 8,6 sobre 10; y aun mejor es observar que la puntuación sigue ascendiendo cuando los alumnos sobrepasan las 6 horas de AF a la semana, pues obtienen un porcentaje de aciertos de 88,71%, es decir, un 8,8 sobre 10.

Pocas o ninguna AF adicional a la que desempeñan en la escuela (educación física), se relaciona con una menor puntuación obtenida a través de la evaluación de la capacidad de cálculo mental básico (sumas y restas), en comparación con realizar varias o muchas horas de AF adicional. Para Donnelly et al. (2009) y Ericsson (2008), la diferencia, en cuanto a frecuencia (horas/semanas) de práctica de AF está en realizar al menos 3 horas más de las que el programa escolar propone, es decir, sitúan la mejora en el rendimiento en matemáticas (variable sobre la que obtienen una mejora significativa), cuando la muestra realiza entre 5 y 6 horas de AF a la semana.

Los resultados coinciden con otros estudios y revisiones de referencia que relacionan la mejora en la capacidad de cálculo y operaciones matemáticas con el aumento (o mayor frecuencia en horas) de práctica de AF (Hillman et al., 2008, 2014, 2018; Fedewa et al., 2015; Chaddock-Heyman et al., 2013; Singh et al., 2019; Esteban-Cornejo et al., 2019; Stillman, et al., 2020).

No obstante, el grupo de Baja AF es el que tiene un tamaño de muestra muy reducido ( $n=6$ ), motivo por el cual los resultados deben interpretarse con cautela.

Para ampliar estos resultados, es oportuno añadir que algunos estudios experimentales (mediante magnetoencefalografía) confirman que durante las tareas de cálculo se

activan las áreas temporal posterior, inferior y media de cada hemisferio y la zona temporal superior izquierda (Iijima, 2016), por lo que cuando se realizan estos procesos cognitivos (de operaciones de cálculo) se incide también en los aprendizajes en general (Guzman, 2006). De manera que, el resultado obtenido que determina la relación estadísticamente significativa entre la práctica (en horas/semana) de ejercicio físico y la capacidad de cálculo mental, podría también tener incidencia en mejorar, de manera colateral, otras capacidades cognitivas que se desempeñan en las mismas regiones del cerebro.

### ***La frecuencia (h/s) de AF y la capacidad de velocidad óculo-manual***

Aun siendo prudentes debido al reducido tamaño de la muestra, el segundo logro más destacado del presente estudio es la relación estadísticamente significativa entre realizar más de 4 horas a la semana de AF y la mejora en la capacidad de velocidad de procesamiento óculo-manual, evaluado a través de un subtest de identificación de claves de WISC-IV. Los resultados muestran que los alumnos (n=6) que dedican menos de 4 h/s a la práctica de AF, obtienen una PT de 100,00 (baremo = normal) y los alumnos que realizan más de 4 h/s (n=58) obtienen una PT de 117,31 (baremo = muy alto). La comparación entre medias de estos resultados demuestra que existe una diferencia significativa de Nivel 2 (0,048) entre el grupo de Baja AF y el de Moderada AF. La capacidad de velocidad de procesamiento también aumenta en el subtest de búsqueda de símbolos para el grupo que realiza más de 4 h/s, en contra del que realiza menos de 4 h/s.

Estos resultados permiten discutir con algunos autores de referencia como Hillman, Kramer et al. (2018), Tomporowsky y Pesce et al. (2015), y Chaddock-Heyman et al. (2014), entre otros, que sugieren que la mayor dedicación a la práctica de AF podría tener incidencia en la mejora de índices neuronales de los infantes (medidos por potenciales cerebrales), que harían mejorar algunos aspectos del control ejecutivo y atencional, favoreciendo un menor tiempo de respuesta y un mayor control de la conducta, aspectos que explican la mejora de la velocidad de procesamiento óculo manual y de velocidad visual. También la reciente evidencia científica destaca la incidencia que la mayor exposición a la práctica de AF tiene sobre la flexibilidad cognitiva (Schmidt et al., 2015; Hillman et al. 2014; van der Niet et al. 2016) y sobre la atención selectiva (Gallota et al. 2015). Un mecanismo que explica la mejora que la AF tiene sobre la velocidad de procesamiento, la flexibilidad cognitiva y la atención selectiva, es el aumento (mayor volumen) que la AF produce en la materia gris y blanca en distintas regiones corticales (corteza frontal y temporal, principalmente); hecho que se relaciona

con la mejora en capacidades de control atencional (Erickson, 2011; Chaddock-Heyman et al., 2014; Herting et al., 2016).

### ***La frecuencia (h/s) de AF y la memoria auditiva a corto plazo***

Para comprender si la práctica de AF puede incidir en la mejora de la memoria, el estudio evalúa la memoria auditiva inmediata, a corto plazo o memoria de trabajo, a través del subtest de Dígitos, de la batería de WISC-IV (que corresponde a elementos gráficos y numéricos) y a través de la prueba TOMAL, en el subtest de Recuerdo de palabras (que corresponde a elementos de carácter lingüístico y semántico).

Para el test de Dígitos, que mide la capacidad de seguir una secuencia y, por lo tanto, la flexibilidad cognitiva, la atención y la concentración ante una tarea de memoria operativa, se obtiene una mayor puntuación ascendente entre los grupos que realizan más AF. Se analiza a través de ANOVA y se corrige con post-hoc de Tukey y, aun no alcanzar el valor de significatividad estadística, la puntuación crece de 105,00 PT para el grupo de Baja AF, a 109,67 PT para el grupo de Moderada AF y de 110,17 PT para el grupo de Alta AF. Estos resultados coinciden con la evidencia presentada por Kmijo et al. (2011), que evalúa la relación entre dosis de AF y memoria de trabajo en sujetos de entre 7 y 9 años de edad, sobre la que obtiene una mejora en el control cognitivo y en la precisión de la respuesta, aunque tampoco obtiene una mejora estadísticamente significativa después de corregir los resultados de ANOVA con el post-hoc de Bonferroni. La falta de fiabilidad estadística se puede atribuir, según Kamijo et al. (2011), a que los sujetos menores de 12 años podrían necesitar aun de tiempo para la maduración de algunas regiones cerebrales, como la corteza prefrontal dorsolateral derecha y la parietal superior, que les permitirían tener mayor control cognitivo durante la realización de una prueba de esta exigencia (Gogtay y Thompson, et al. 2004; Crone, et al., 2006).

También es preciso añadir que, concretamente para la prueba del recuerdo de dígitos (WISC IV), sobre la que se requiere cierta agilidad mental y especialmente memoria de trabajo, se obtiene una mejora que, aun no ser significativa, sí que coincide con evidencias destacadas por otros investigadores (Schmidt et al., 2015; Crova et al. 2014; Dalziell et al. 2015; Kamijo et al. 2011; Koutsandreu et al. 2016; van der Niet et al. 2016). Además, la memoria de trabajo y la agilidad mental se relaciona con la flexibilidad cognitiva (Schmidt et al., 2015; Hillman et al. 2014; van der Niet et al. 2016), que es propia del proceso y la capacidad atencional, presentada en el apartado anterior (velocidad de procesamiento visual en la búsqueda de símbolos y de claves). Esto

permite pensar que la práctica de AF puede incidir tanto en procesos atencionales como de memoria de trabajo, siempre y cuando ambos, son presentados de manera visual, mediante símbolos, y auditiva (no lingüística).

Contrariamente a estos resultados, son los que la presente investigación obtiene sobre las pruebas que miden la atención y la memoria desde un conocimiento o razonamiento más verbal y lingüístico que abstracto y/o numérico.

### ***La frecuencia (h/s) de AF y las capacidades de razonamiento verbal y memorístico***

De igual manera que explicamos que realizar actividades deportivas y de AF fuera del horario escolar podrían incidir y tener una relación con la mejora en capacidades de cálculo, de velocidad de procesamiento visual e identificación y recuerdo de dígitos o símbolos; tenemos que explicar que la exposición a más horas de AF, podría sugerir el efecto contrario, especialmente en las pruebas que miden la capacidad del razonamiento y la memoria verbal (de palabras). Podría ser que los alumnos que menos horas dedican a la AF las aprovechen para realizar actividades lingüísticas y de mecanización (memorización) de los aprendizajes.

Es complicado hacer una afirmación a partir de los resultados obtenidos, pues es posible que otras variables no consideradas puedan haber influido, pero que la AF “llana” (sin modificarse cognitivamente) no produce mejoras en las capacidades de carácter verbal/lingüístico también es explicado y discutido por investigaciones que, pese a contabilizar las horas de mayor exposición a la práctica de AF y de, incluso, la participación en programas de AF (deporte y ejercicio no enriquecido cognitivamente), no obtienen ninguna mejora en dichas capacidades cognitivas (Ahamed et al. 2007; Crova et al. 2014; Fisher et al. 2011; Krafft et al. 2014a, 2014b).

### ***La frecuencia (h/s) de AF y la velocidad de carrera (100m/l)***

Para la variable capacidad física también se desarrolla una prueba que consiste en realizar una carrera estándar de 100 metros lisos a máxima velocidad. No es posible determinar la aptitud física únicamente con esta prueba, pero otras investigaciones también la usan como referencia o predicción de un estado físico óptimo (Niederer, et al., 2011; Kao, et al., 2017; Domínguez-González, et al., 2018; Guillamón et al., 2021).

A partir de esto, una mayor aptitud aeróbica se asocia con una capacidad de cálculo superior (Riley, et al. 2016); con una mayor función cognitiva general en niños (Hillman, et al. 2014); de mayor función atencional (Schmidt, 2016; Chaddock et al., 2011, 2020),

concretamente en tareas de búsqueda visual (Kamijo, 2016; Bullock & Giesbrecht 2014); de control de interferencia que la aptitud aeróbica más baja (Buck, Hillman & Castellí, 2008; Huang et al., 2015); de memoria de trabajo espacial (Niederer, et al. 2011);

Coincidiendo con estas evidencias, en el presente estudio, aquellos escolares que forman el grupo de Alta AF fueron los que obtuvieron un menor tiempo de realización de la prueba de velocidad (tabla de resultados); y tal como ya se ha mencionado, los grupos de Moderada y Alta AF registraron mayores niveles de puntuación en cálculo mental, en memoria de trabajo y en velocidad de procesamiento visual, en comparación con el grupo Baja AF/semana y que realiza la prueba de la carrera de 100m/l a menor velocidad (tardan más tiempo).

La bibliografía científica presenta varias explicaciones para la relación aptitud física (velocidad, resistencia y fuerza) y la función cognitiva general, atencional, de memoria y de cálculo.

La que más peso tiene es la que demuestra que los niños con mayor aptitud aeróbica tienen volúmenes más grandes en el cuerpo estriado dorsal de los ganglios basales (Chaddock et al., 2010); en segundo lugar, es determinante demostrar que la aptitud física se relaciona también con la materia gris en las regiones corticales y subcorticales en niños (Chaddock et al., 2010; Esteban-Cornejo et al., 2019). Esto se explica porque la materia gris podría actuar como mecanismo neuronal facilitador de una mayor y más eficiente transmisión de la información, especialmente sobre las funciones ejecutivas, que podría facilitar el proceso de aprendizaje y, por lo tanto, mejorar el rendimiento académico (Mabbott et al., 2006).

En particular, un estudio previo en niños de 7 a 9 años sugirió que el aumento de la materia gris estaba relacionado con mejores habilidades matemáticas (van Eimeren et al., 2008); y Li et al. (2013) mostraron, además, que la mayor activación del fronto-occipital estaba relacionada con mejores puntuaciones aritméticas.

***Incidencia indirecta de la práctica de AF: correlación entre variables (atención, memoria y cálculo).***

Que exista correlación entre variables cognitivas permite extrapolar que, si la AF incide significativamente en la mejora directa de, por ejemplo, el cálculo y la velocidad de procesamiento visual (capacidad atencional), también puede incidir de manera indirecta en la mejora de las otras que se correlacionen con estas.

Que exista correlación entre subpruebas que evalúan la misma capacidad cognitiva es del todo normal, en todo caso sería extraño o alarmante que no lo fuera, pues podría sugerir algún fallo humano para pasar las pruebas, evaluarlas o añadirlas al programa estadístico, no obstante, el análisis realmente importante es la correlación entre las subpruebas que miden las diferentes variables (Narbona y Soprano, 2007).

Los resultados del presente estudio muestran niveles de correlación significativos entre una subprueba que evalúa la capacidad de atención (búsqueda de símbolos) y: la subprueba (dígitos de WISC-IV) de la capacidad de memoria (0,332\*\*;  $p=0,00$ ); y la subprueba de cálculo mental (0,173\*;  $p=0,03$ ). También entre la prueba de cálculo y la de dígitos (0,227;  $p=0,00$ ). Por lo que, mediante esta correlación, las tres variables cognitivas del estudio (atención, memoria y cálculo) podrían estar estadísticamente relacionadas.

Narbona y Soprano (2007), insisten en que aumentar/mejorar una capacidad cognitiva puede incidir de manera directa, aunque como causa indirecta, en la mejora de otras capacidades cuyo funcionamiento cognitivo es similar; por ejemplo, entre la capacidad de atención y la capacidad del cálculo mental existe una correlación estadísticamente significativa que se explica porque la capacidad atencional y la mejora de las funciones ejecutivas y de pensamiento superior, son necesarias para la elaboración del pensamiento matemático, que es elemental para el aprendizaje de la resolución de operaciones matemáticas mentales, como la suma y la resta. Esto permite confirmar que aquellos alumnos que practican más ejercicio físico (medido en horas a la semana) consiguen unas mejores cualificaciones en el cálculo mental (Mullender-Wijnsma *et al.*, 2016).

Para Mora (2017), la capacidad atencional es imprescindible para atender a cualquier estímulo (información externa) y poder aprender y consolidar en base al contenido (experiencia) que plantea dicho estímulo. Por lo que, mejorar los procesos atencionales es esencial para mejorar los aprendizajes. Si la práctica de AF es una de las actividades que permite producir esta mejora, es elemental que debería darse con mayor frecuencia.

Además, el cerebro encuentra estimulación cuando hablamos y soñamos con metas positivas, pues está receptivo para atender a estímulos que le son interesantes y gratos (Davidson, 2012). En este estado, positivo para el aprendizaje, es posible aprender y mejorar en otras capacidades cognitivas como el cálculo (ya validado por su relación con el ejercicio físico) y la memoria. Sobre esta segunda capacidad, a pesar de no haberse encontrado una relación significativa, sí que se muestra una correlación entre

atención y memoria. Si como precursora de ambas situamos la variable del ejercicio físico, podemos verificar la investigación de Roig et al. (2012), en la que relacionaron el ejercicio cardiovascular intenso (a corto y largo plazo) con la memoria (a corto y a largo plazo).

Esto coincide con la idea propuesta por Huang, et al. (2013), para quienes el ejercicio físico es responsable de la mejora de la actividad sináptica y la comunicación neuronal (conectividad cerebral), y, como consecuencia determinante para las funciones intelectuales.

De esta manera, demostrar que la práctica de AF incide en la mejora de algunas de las tres capacidades cognitivas (o en alguna de las subpruebas que las evalúan), permite explicar que aumentar la práctica de AF podría mejorar de manera directa la capacidad de cálculo y de velocidad de procesamiento visual (no verbal), pero también predecir que, podría hacer mejorar de manera indirecta, la capacidad de memoria auditiva, de trabajo y de procesamiento visual verbal.

## ***Estudio 2: Implementación del programa de Aprendizaje Físicamente Activo, “moverse y pensar”, para incidir sobre las capacidades cognitivas y mejorar el rendimiento académico.***

### ***Introducción***

El sedentarismo y la obesidad infantil forman parte de una de las problemáticas sociales de la actualidad que más afectan a los países desarrollados. Es relevante destacar que menos del 24% de los niños de 5 a 17 años realizan los 60 minutos diarios de actividad física (AF) recomendados tanto por la OMS (2019) como por el NPAPA (2018). Porcentaje que explica los niveles tan elevados de sobrepeso y de obesidad infantil facilitados por algunos estudios, como el realizado en España (ALADINO, 2019), que señala que de una población de 16.665 niños/as de entre 6 y 9 años, un 40,06% tienen exceso de peso. Algunos de los datos de interés que presenta el estudio y nos sirven para introducir el tema que desde la presente investigación queremos abordar, son los siguientes: una vez finalizada la jornada escolar, la mayoría de los alumnos realizan actividades sedentarias, dedicando únicamente un 27,8% de las horas extraescolares para realizar actividades deportivas, porcentaje que señala que la frecuencia con la que practican AF los participantes es de 2h/semana. Las familias pueden tener varios motivos para no inscribir a sus hijos en actividades extraescolares deportivas o aeróbicas: desde atribuirle poca importancia a la AF, que habitualmente va en paralelo a un exceso de importancia para las actividades de repaso escolar con un fin puramente académico, hasta tener que renunciar a pagar una cuota mensual debido a una baja situación económica. En cualquier caso, cuando las horas del día que se sitúan entre el final de la jornada escolar (aproximadamente a las 5 pm) y el momento de la cena (aproximadamente a las 8 pm), no se dedican a realizar una actividad aeróbica, se convierten para un 73,4% de los niños en tres horas diarias de exposición a pantallas: televisión, consola, juegos de ordenador, entre un largo etcétera de dinámicas que no fomentan un estilo de vida activo, sino que contribuyen a la tendencia de una sociedad sedentaria (ALADINO, 2019).

Estos resultados revelan que por diversos motivos no es posible confiar en que la AF sea proporcionada desde el contexto familiar. Además, advierten de la generación de unos malos hábitos que se alejan progresivamente de la recomendación mínima de una hora de AF diaria.

En medio de este paradigma social y de impacto mundial queremos situar el papel de la educación, de la escuela y de los maestros. Sabemos que el horario escolar representa para todos los niños el tiempo lectivo y funcional más importante del día; así como que la permanencia en el centro es para todos de un mínimo de seis horas diarias durante cinco días a la semana. Por ello, para autores como Bueno (2016), Gómez-Pinilla & Hillman (2013) o Chaddock (2020) entre otros, el contexto escolar se convierte en el máximo facilitador de oportunidades para la realización de actividades que sugieren todo tipo de aprendizajes, y, en exclusiva, en el lugar idóneo para realizar las actividades de ejercicio físico que no pueden garantizarse fuera del horario lectivo. No obstante, la dificultad que los propios referentes mencionan es la incoherencia que, en ocasiones, existe entre la evidencia científica y los programas estatales de estudio. La ley de educación actual en Cataluña (2009), establece únicamente como obligatorias dos horas a la semana de educación física, por lo que la mayoría de los centros dedican el resto de las horas a las otras asignaturas y entornos de aprendizaje. Si bien es cierto que puede haber centros que apuesten por sumar más horas de AF y quitar de otras áreas de conocimiento, asumiendo el riesgo y en ocasiones la presión social y familiar que comporta decidir restar horas de lengua o matemáticas a favor de la educación física, en ningún caso se trata de una decisión unánime, reglada y aplicada por todos, por lo que, hoy en día, el contexto escolar tampoco parece estar siendo la solución al problema presentado.

En este segundo estudio se pretende dar una respuesta a la situación expuesta y, para que esta, pueda tener una solución posible de aplicarse en las escuelas. Una solución que, aun siendo aproximada, permita mejorar parcialmente la situación sin necesidad de esperar a que la ley estatal cambie y se consiga instaurar una hora de educación física diaria, que sería el ideal que sostienen los avances neurocientíficos. Un utópico que consistiría en realizar una sesión de educación física cada día al llegar a la escuela porque la propia acción motriz permitiría mejorar la capacidad de atención (Chaddock et al. 2014), los procesos de memoria (Roig et al. 2012), y la consolidación de los aprendizajes durante la jornada escolar (Singh et al., 2019; Fritz, et al., 2020; Hillman, et al., 2020). Cada vez aparecen más iniciativas y proyectos de entidades privadas que pretenden hacer eco de estas evidencias y conseguir que la comunidad educativa se implique y se aplique, a garantizar que los niños y niñas realicen la AF diaria en el contexto escolar. Uno de los proyectos de referencia que pretende la “*Integrating Physical Activity into the Complete School Day*” es el impulsado desde el National Association for Sport and Physical Education (2018).

En nuestro país, aunque parece que estamos lejos de poder alcanzar este idílico, debemos insistir en explicar el relevante papel que la AF tiene en los procesos cognitivos. En revelar que, cuando nos movemos dentro del cerebro se dan diversos procesos, ya explicados, que aumentan la activación neuronal y mejoran algunas capacidades cognitivas. Se trata de hacer conocedores a los miembros de la comunidad educativa (maestros y familias), de los beneficios de realizar más dinámicas de AF durante la jornada escolar. Autores como Riley et al., (2014) exponen que debemos hacer que los alumnos se levanten de sus sillas, y se refiere precisamente a la necesidad de incorporar más dinámicas aeróbicas en el contexto escolar. Para ello no es necesario discutir sobre realizar más horas de educación física o menos de matemáticas, sino hacer que los alumnos se muevan más. Una propuesta sería llevar a cabo a través del ejercicio físico algunas de las lecciones académicas que habitualmente se dan dentro del aula y con los alumnos sentados.

En base a estos argumentos se plantea la siguiente idea: ¿Y si siendo conocedores tanto de la necesidad de un estilo de vida activo, como de los hallazgos que demuestran que el ejercicio físico permite activar áreas y funciones del cerebro que producen mejoras significativas en el aprendizaje, consiguiéramos que los contenidos académicos se presentaran mediante el movimiento?

Sabemos que la mayor parte de deportes y tareas motrices incorporan retos cognitivos de forma implícita que permiten activar, conectar y mejorar los procesos atencionales, de acción y de inhibición de respuestas, de resolución de situaciones cambiantes y de incertidumbres, entre otros requerimientos que la persona que realiza la actividad desarrolla de manera prácticamente inconsciente (Pesce, 2012). No obstante, algunos investigadores han sugerido que es posible incidir directamente en la mejora de algunas capacidades cognitivas, como por ejemplo sobre las funciones ejecutivas (Diamond y Ling, 2016), a partir de moldear (modificar y enfocar) una propuesta motriz y hacerla más enriquecida.

Se trata de realizar una actividad física o un juego aeróbico, como podría ser el de robar colas (en el cual se ajusta un pañuelo a la cintura, simulando la cola de un animal), en el que además los jugadores deban atender a un reto cognitivo añadido no propio del juego, por ejemplo, atribuir para cada uno de los diferentes colores de los pañuelos (las colas que deben robarse), un valor numérico diferente. En este ejemplo las colas de color rojo podrían corresponder a 2 unidades; las de color verde a 5 unidades y las azules a 1 decena, de manera que el jugador sumará más o menos puntos en función del número de colas y colores que consiga. El propio juego ejerce como estímulo y

permite que a través del movimiento y la diversión aumente la motivación por realizar la tarea cognitiva y la motriz de manera simultánea.

A la idea de introducir un reto cognitivo a la práctica motriz, es decir, un requerimiento de carácter cognitivo inherente a la intencionalidad del ejercicio físico planteado, se la conoce científicamente como *Cognitively-enhanced physical activity* (Best, 2010); Y, al introducir o tener en cuenta los desafíos cognitivos que, en cierta manera, pueden ser implícitos del ejercicio físico, como es el procesamiento cognitivo durante una tarea de coordinación motriz, se la conoce como *Enriched aerobic exercise* (Pesce, et al., 2016). Otros autores apuestan por involucrar más aun la AF con los aprendizajes académicos, a fin de demostrar que realizar lecciones académicas en movimiento podría inducir a mejorar los resultados de aprendizaje. Se trata de *Physical Activity in Academic Lessons* (PAAL), en el que la AF se incorpora a la instrucción académica, es decir, los niños saltan entre números o palabras para resolver un problema de matemáticas o recordar un vocabulario (Donnelly et al., 2009; Mullender-Wijnsma et al., 2016). El funcionamiento de estos procesos está ampliamente detallado en el metaanálisis científico de Watson et al. (2017) y en el de Singh et al., (2019).

Estos referentes sirven como base teórica para elaborar el proyecto “*moverse y pensar*” que la tesis doctoral propone para el trabajo de campo. Consiste en la aplicación de un programa de AF diaria mediante el cual, el grupo de alumnos que lo realizan (grupo experimental), aprenden a través del movimiento durante los 18 meses de duración. Con ello se pretende demostrar que este grupo de alumnos, además de realizar la AF diaria recomendada tanto por la OMS (2019) como por la NPAPA (2018) dentro del horario escolar, mejoran mediante la AF el rendimiento académico escolar de las áreas y las capacidades cognitivas evaluadas. Por lo tanto, el grupo experimental se somete a un plan de entrenamiento diario mediante sesiones de AF que combinan de manera simultánea uno o varios retos motrices y cognitivos. Un método al cual nos referiremos utilizando el término “Aprendizaje Físicamente Activo<sup>3</sup>” (AFA).

La intervención y el seguimiento es de un curso académico y medio (18 meses) y tiene como objetivo demostrar que puede haber diferencias entre ambos grupos. Se hipotetiza que, si existen mejoras, estas son a causa de los beneficios de realizar una AF diaria y

---

<sup>3</sup> Se utiliza el término “Aprendizaje Físicamente Activo” para describir la tarea cognitiva que se desarrolla a través del movimiento, presentando un reto motriz y cognitivo de manera simultánea.

un aprendizaje físicamente activo, en contra de realizar las sesiones de aprendizaje dentro del aula y sentados en las sillas.

Se trata de apostar por un cambio metodológico, más que necesario, atendiendo tanto a las necesidades de los alumnos como a la forma en que sabemos que el cerebro del niño aprende (Mora, 2017; Bueno, 2017; Ruiz, 2020). En resumen: crear actividades y ejercicios físicos aeróbicos e intensos que hagan a los participantes moverse y pensar simultáneamente, y, mediante la activación total de los esquemas motrices y de las funciones ejecutivas, mejorar las capacidades cognitivas (atención, memoria y cálculo) y el rendimiento académico.

Unos resultados satisfactorios del proyecto podrían ser de interés para futuros estudios del campo de la neurociencia, la AF y el aprendizaje en edad escolar. Además, podrían servir como punto de partida para abrir un debate a favor de la importancia de un plan de actividades aeróbicas dentro de las escuelas, tanto por la necesidad de erradicar con el sedentarismo, como para mejorar el rendimiento escolar de los alumnos a través del movimiento.

## **Objetivos**

Utilizando este marco de referencia, el estudio incorpora un programa de entrenamiento aeróbico diario que combina la actividad física y cognitiva simultáneamente con el objetivo de mejorar la capacidad de atención, memoria y cálculo en niños de 6 años. El análisis del trabajo de campo tiene como objetivo comprobar si a través de la intervención el grupo experimental obtiene mejores resultados, en la evaluación de pruebas cognitivas, en comparación con el grupo que no participa.

### **Objetivo principal del estudio**

**O2:** Determinar si existe relación entre participar en el programa Moverse y Pensar (intervención diaria de 18 meses) y la mejora en la atención, la memoria, el cálculo y el rendimiento académico.

### **Subobjetivos**

- Comprobar la relación entre la aplicación de la intervención sobre el grupo experimental y las capacidades cognitivas analizadas y el rendimiento académico (expediente) en momento pre y post.
  - Evaluar en un momento previo a la intervención la semejanza en resultados de inteligencia general de los dos grupos de estudio.
  - Evaluar en un momento previo a la intervención las capacidades de atención, memoria y cálculo, tanto del grupo experimental como del grupo control.
  - Evaluar en un momento posterior a la intervención las capacidades de atención, memoria y cálculo de los grupos de estudio.
- Comparar los resultados de las baterías de pruebas del grupo experimental y del grupo control (pre y post) para determinar la influencia positiva, negativa o neutra del programa de intervención.

## **Hipótesis**

**H2:** El grupo de la muestra que realiza el programa Moverse y Pensar de actividad física diaria obtiene una mejora significativa en atención, memoria, cálculo y rendimiento académico después de la intervención de 18 meses, en comparación consigo mismo (pre/post) y con el grupo control que no realiza la intervención.

## **Hipótesis específicas o subhipótesis**

### Pre-Intervención:

- H1: No existe diferencia significativa en la inteligencia general entre grupos antes de la intervención.
- H2: No existe diferencia significativa en la capacidad de Atención entre grupos antes de la intervención.
- H3: No existe diferencia significativa en la capacidad de Memoria entre grupos antes de la intervención.
- H4: No existe diferencia significativa en la capacidad de Cálculo entre grupos antes de la intervención.

### Post-Intervención:

- H5: Existe diferencia significativa en la capacidad de Atención entre grupos después de la intervención.
- H6: Existe diferencia significativa en la capacidad de Memoria entre grupos después de la intervención.
- H7: Existe diferencia significativa en la capacidad de Cálculo entre grupos después de la intervención.
- H8: Existe diferencia significativa entre el PRE y el POST intervención (grupo experimental) y la mejora en la capacidad de Atención.
- H9: Existe diferencia significativa entre el PRE y el POST intervención (grupo experimental) y la mejora en la capacidad de Memoria.
- H10: Existe diferencia significativa entre el PRE y el POST intervención (grupo experimental) y la mejora en la capacidad de Cálculo.
- H11: Participar en el programa “moverse y pensar” durante 18 meses produce mejoras en el rendimiento académico en comparación a no participar.

## **Diseño**

En este segundo estudio se aplica un estudio longitudinal de 18 meses de duración mediante el cual se pretende obtener datos descriptivos y de análisis derivados de una evaluación previa y posterior a la intervención que se realiza sobre uno de los grupos de estudio. Estos datos deberían poder señalar una tendencia a partir de una evolución grupal, por lo que se aplica un diseño que Hernández (2014) denomina como experimental, cuantitativo, de comparativa de muestras relacionadas (Prueba T Student) y de correlaciones de muestras emparejadas (entre la evaluación previa y la posterior a la intervención). La comparación de muestras se lleva a cabo mediante la aplicación de un experimento (programa de AF diaria "Moverse y Pensar") que provoca un cambio en la naturaleza de la muestra del grupo experimental (López-Roldán & Fachelli, 2017). No se realiza post-hoc por ser el número de grupos inferior a tres.

El total de las muestras para este estudio es de 51 alumnos/as que forman parte de la misma escuela (GPV) y se clasifican en dos grupos no modificados por la investigación, ya que cada grupo pertenece a cada una de las dos clases de primero de primaria. El director del centro decide, juntamente con las familias, qué clase será la experimental y qué clase actuará como control, de manera que antes de iniciar la intervención, tanto familias, como docentes y alumnos están informados. También se acuerda con el doctorando, quien lleva a cabo la intervención, que en acabar dicha intervención deberá realizar algunas sesiones de Moverse y Pensar para el grupo control, además de impartir seminarios para formar al docente especialista de educación física del centro y que este pueda, si se considera preciso, dar continuidad al proyecto.

El TGM-1 <sup>4</sup>es el experimental (n=27) y el TGM-2<sup>5</sup> el control (n=24). Las variables dependientes (atención, memoria y cálculo) se evalúan mediante pruebas neuropsicológicas antes de iniciar la intervención (pre: Test-1) y se evalúan de nuevo después de la intervención (post: Test-2). El propósito de la investigación es conocer si existe o no una relación entre variables que expliquen la incidencia (causa-efecto) de la investigación, tal como sugiere Creswell (2009).

---

<sup>4</sup> TGM-1: Tipo Grupo Muestra 1 = grupo experimental

<sup>5</sup> TGM-2: Tipo Grupo Muestra 2 = grupo control

Una posible limitación que más adelante se explora es el desconocimiento (no control) de la AF que realizan ambos grupos (y participantes) durante el período de vacaciones; además, durante el primer curso escolar (de enero a junio de 2018) las tutoras son, para el grupo experimental N.G y para el control D.D; y en cambio, durante el segundo curso escolar (de setiembre de 2018 a junio de 2019), las tutoras son M.V y J.L, respectivamente, este cambio también podría haber influido en los resultados.

La persona responsable de aplicar el programa de AF diaria mediante la metodología de Aprendizaje Físicamente Activo es, durante los dos cursos escolares, el doctorando formado y becado para ello y autor de la presente tesis doctoral (Gabriel Díaz).

Las variables, tanto previas a la intervención como posterior a la misma, son evaluadas por el equipo de neuropsicólogas coordinadas por la Dra. López Sala. Éstas, son medidas en una situación y contexto idéntica para todos los participantes y las evaluadoras no conocen de la naturaleza de cada grupo/muestra, es decir, no conocen qué clase es la que pertenece al grupo experimental y/o control.

Se buscan para cada una de ellas la batería de pruebas adecuada a la edad y se realiza, con el equipo de investigación del HSJD (neuropsicología), un análisis de semejanza entre pruebas y puntuaciones para que puedan ser comparadas, en el momento pre y post, aun siendo diferentes.

Atención: es evaluada en un momento previo a la intervención a través del Conners Continuous Performance Test (CPT) y de la batería de test WISC-IV, Velocidad de Procesamiento (VP), en la subprueba de Búsqueda de símbolos (BS); y posterior a la intervención a través del Test de CARAS-R, Percepción de Diferencias.

Memoria: es evaluada en un momento previo a la intervención a través del test de TOMAL, en la subprueba de Recuerdo de Palabras, y de la batería de WISC-IV, el test de Dígitos; y posterior a la intervención a través del Test de Memoria Visual de Rostros (MVR), en la subprueba de MVR a corto plazo y en la MVR a largo plazo.

Cálculo: es evaluado en un momento previo a la intervención a través de la prueba de Cálculo Mental Básico; y posterior a la intervención a través de la Evaluación del Conocimiento Matemático Básico de Lúria (ECMB).

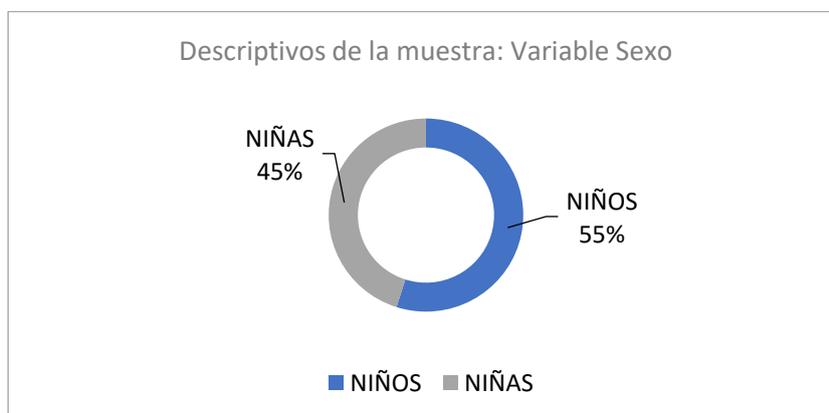
El Programa de AF diaria: intervención experimental de Aprendizaje Físicamente Activo de 18 meses de duración que pretende crear consciencia práctica de la realidad que es aprender mediante el movimiento; a partir de garantizar un plan de actividad física

adecuada para todos/as los participantes mediante dinámicas no competitivas, sino de mejora personal tanto física como cognitiva; que permitan adquirir y mejorar las habilidades motrices y los patrones de movimiento como base para un adecuado desarrollo de la condición física en niños/as de 6 a 7 años; así como aprender ciertos contenidos académicos a través del movimiento y en contra de hacerlo sentados en una silla.

El diseño se ajusta, en gran parte, a aportaciones teóricas y de perspectivas sugeridas por otras investigaciones como la realizada por Hillman et al., (2014) o la de Fritz et al., (2020), que muestran las mejoras que programas de AF pueden tener en ciertas habilidades y capacidades cognitivas de carácter académico; además de otras investigaciones que, dadas las particularidades del tipo de intervención que se propone en el presente estudio, introducen una característica o elemento más a la variable “práctica de AF diaria”, esta es la de aprender conocimientos académicos a la vez que se realiza dicha AF. Algunas de las intervenciones de referencia son las de Donnelly, et al. (2009), Reed et al., (2010), Resaland et al., (2015), o Bartholomew et al. (2018), todas ellas descritas y analizadas por el panel de expertos de la revisión sistemática de Singh et al. (2019).

### ***Muestra del estudio***

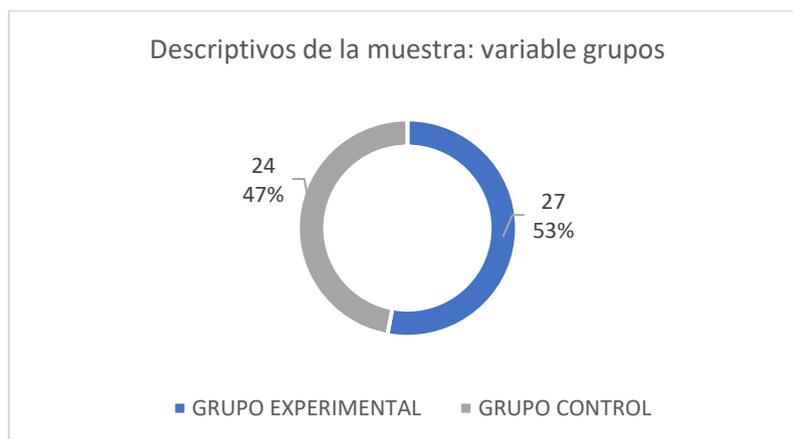
La muestra está compuesta por 51 alumnos/as que realizan el primer curso de primaria (edad biológica entre 6 y 7 años), en el colegio GPV de la ciudad de Esplugues, en la provincia de Barcelona. Del total de los 51 alumnos/as que forman la muestra, 28 son niños (56%) y 23 son niñas (44%) (Gráfico 1).



**Gráfico 13.** Porcentaje del género de los participantes.

A fin de poder definir un grupo como experimental y uno como control, se decide, siguiendo las indicaciones del director del centro, que cada clase pertenezca a un grupo. Por lo tanto, una clase realiza el programa Moverse y Pensar y la otra no.

La clase que actúa como grupo experimental aporta al estudio una  $n=27$  alumnos/as, mientras que la de control aporta  $n=24$ . De los 27 participantes del grupo experimental 15 son niños y 12 son niñas. Del grupo control, de los 24 participantes, 13 son niños y 11 son niñas.



**Gráfico 14.** Porcentaje del número de participantes de cada grupo.

Tres alumnos del grupo control no participaron en el estudio de acuerdo con los criterios de exclusión propuestos por el equipo de investigación: no firmar el consentimiento informado; la expresa voluntad por parte de la familia de retirarse del estudio en cualquier momento a lo largo de su ejecución; desarrollar algún problema médico que contraindique la práctica de actividad física diaria durante el proyecto.

No hay ningún alumno/a repetidor ni que tenga una casuística particular que provoque diferencias en la edad. Todos/as pasan de los 6 años a los 7 años durante los 18 meses de la intervención, puesto que son nacidos en el mismo año.

La escuela GPV fue elegida porque se adecúa a las variables de interés, tanto por la homogeneidad en el nivel socioeconómico de los alumnos, como por ser una escuela de más de una línea y, por la proximidad que tiene al hospital de Sant Joan de Déu de Barcelona (fundación de este equipo de investigación).

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética del Hospital y del consentimiento informado de los padres de los niños participantes y los criterios de aceptación del equipo de investigación del Hospital Sant Joan de Déu de Barcelona. El estudio fue

aprobado por el Comité de Ética del Hospital y del consentimiento informado de los padres de los niños participantes y los criterios de aceptación del equipo de investigación del Hospital San Juan de Dios de Barcelona. Las muestras son presentadas según la declaración de Helsinki del 1964 revisada en 2013.

Antes de las pruebas los padres informaron que sus hijos estaban libres de enfermedades neurológicas y discapacidades físicas, por lo que en el momento de las pruebas ninguno de ellos recibió ayuda o atención individualizada.

### ***Variables medidas e instrumentos aplicados***

La muestra fue evaluada tanto al inicio del estudio (enero del 2018) como 18 meses después, al finalizar la intervención de actividad física diaria (junio del 2019).

Inicialmente se evaluó al total de la muestra mediante la Prueba Breve de Inteligencia de Kaufman (KBIT de Kaufman, 1990), para comprobar que, tanto el punto de partida de la muestra en general, como en comparación entre los dos grupos, era un nivel estándar y no presentaba ninguna dificultad o irregularidad cognitiva. El test mide tanto la inteligencia verbal como la no verbal mediante las subpruebas de Vocabulario, Matrices y del CI compuesto de ambas.

Después de comprobar la normalidad de la variable inteligencia, pero antes de iniciar la intervención, se evaluaron las tres variables de estudio (atención, memoria y cálculo) a través de las siguientes pruebas:

**Conners Continuous Performance Test (CPT):** Es una prueba informatizada que se puede adaptar a la edad del alumno en cuestión, para evaluar el grado de atención que los propios sujetos muestran en referencia a los objetos que van apareciendo y desapareciendo en la pantalla. Los objetos que aparecen son los estímulos que, dependiendo de las normas explicadas antes de iniciar la prueba, indicarán si los alumnos deben o no apretar la tecla que los haga desaparecer voluntariamente. Mediante este proceso se evalúa tanto la atención sostenida como el control inhibitorio y la velocidad de reacción, que determinan, en gran medida, la capacidad de concentración continua que los participantes tienen, ya que se trata de una prueba considerablemente larga (10 minutos respondiendo a estímulos), que provoca que la capacidad pueda ir menguando y perdiendo eficacia.

La prueba valorará el resultado a partir de diferentes subapartados de la capacidad de atención, estos son la detectabilidad (número de veces que el sujeto aprieta

correctamente la tecla), los errores de omisión (número de veces que no aprieta y sí debería haberlo hecho), los de comisión (número de veces que ha apretado cuando en realidad no debería haberlo hecho), la perseverancia (error de impaciencia o espera, el sujeto aprieta antes que la pantalla presente el estímulo), el tiempo de reacción (promedio de tiempo que el sujeto tarda en identificar y apretar la tecla/objeto), de consistencia TR (tiempo de respuesta i acierto), de variabilidad (foco atencional para los diferentes estímulos), de TR cambio de bloque (cuando acaba y empieza el siguiente), y de TR cambio de intervalo estímulo (tiempo de respuesta una vez se modifican los estímulos).

Los valores que entran en los parámetros de “normalidad” son los que se sitúan alrededor del 50, con una desviación típica de +10 y -10, es decir, valores comprendidos entre el 40 y el 60, que pasados al baremo de PT ya presentado en el estudio 1, se sitúan en la normalidad estadística de  $PT = 100 \pm 15$ .

**WISC IV**, en la subprueba de Velocidad de procesamiento se miden las capacidades de la muestra para percibir y reaccionar ante estímulos atencionales. Establece una relación entre la respuesta (acertada o no) y el tiempo de esta, a una demanda cognitiva. Concretamente se realiza la subprueba de Búsqueda de símbolos, focalizada en la atención o inatención desde un criterio de rapidez visual y asociativa de imágenes y símbolos.

Nuevamente el WISC-IV, pero en la subprueba de Dígitos, para evaluar la memoria auditiva inmediata, a corto plazo o memoria de trabajo. Mide la capacidad de seguir una secuencia y, por lo tanto, la flexibilidad cognitiva, la atención y la concentración ante una tarea de memoria operativa.

Las puntuaciones de WISC-IV se bareman y se interpretan a partir de la revisión de Flanagan y Kaufman (2006) y las claves para la evaluación de este test.

**TOMAL:** Test de memoria y aprendizaje que permite valorar la capacidad de memoria a partir de una batería estandarizada adaptada para sujetos entre 5 y 19 años. Consigue adaptarse a las diferentes edades porque presenta 14 test, divididos en escalas verbales y no verbales, que ofrecen una variedad interesante para los objetivos del evaluador.

Esta herramienta de estudio neuropsicológico tiene el objetivo de evaluar la capacidad de memoria y poder determinar si existe o no alguna alteración que manifiesta una dificultad atípica para ser capaz de recordar. En el estudio que ocupa a este trabajo y siguiendo el objetivo de valorar la memoria, el subtest de TOMAL escogido recibe el

nombre de “recuerdo de pares”. Es un subtest verbal mediante el que, el evaluador, presenta una serie de palabras que el evaluado deberá recordar. Se realizan 3 intentos, en los que se anotarán cada una de las palabras recordadas. Se puntuarán dependiendo de si las ha recordado en el primer intento (solo las ha escuchado una vez) o en el segundo (dos veces) o en el tercero (tres veces). Es posible que haya alumnos que no necesiten escuchar y realizar el tercer intento porque ya las han recordado todas entre el primero y el segundo. Es apta para este estudio porque evalúa el tipo de memoria de trabajo y a corto tiempo, así como la atención, que tan importantes son para el aprendizaje escolar. Es una prueba rápida, aproximadamente de 5 minutos más explicación.

**Cálculo Mental:** Es una prueba de cálculo rápido que consiste en evaluar como el alumno realiza cálculos matemáticos utilizando sólo la capacidad mental, sin recursos adicionales como calculadoras o posibilidad de realizar un esbozo a papel de la operación.

El cálculo mental tiene como objetivo que el evaluado intente y logre resolver los diferentes problemas (en forma de sumas y restas) utilizando las propias estrategias mentales (buscar primero el número mayor, agrupar partes, buscar la unidad y la decena, etcétera).

El procedimiento de esta prueba consiste en pasar una ficha a cada alumno en la que deben contestar todas las operaciones matemáticas de cálculo fácil adecuado a su edad (sumas y restas). Se pretende que todos los alumnos realicen todas las operaciones, por ese motivo no se calculará la velocidad, sino el acierto. No obstante, hay que fijar un tiempo máximo: límite de 10 minutos.

Los resultados se valorarán dependiendo del número de operaciones correctas entre un total de 20 operaciones. Para interpretar los resultados entenderemos que cada acierto suma +0.5 puntos, por lo que 10 aciertos suman un total de 5 puntos sobre 10 (apto) y 20 aciertos suma un 10 (sobresaliente). Las operaciones están adaptadas al nivel que se exige de acuerdo con la edad de los participantes, por lo que todos deberían situarse entre el 6 y 7 como normalidad, siendo del 5 al 6 una normalidad baja y del 7 al 8 una normalidad alta. Las puntuaciones entre el 4 y el 5 serán clasificadas como bajas y las inferiores al 4 como muy bajas; entre 8 y 9 se considerarán altas y las superiores al 9 como muy altas. Se pasarán a tanto por ciento.

Una vez finalizada la intervención, en junio de 2019, se llevó a cabo la post evaluación de la muestra a través de los siguientes test y pruebas que miden, nuevamente las tres variables de estudio (atención, memoria y cálculo):

**CARAS-R**, es un test de Percepción de Diferencias de Thurstone & Yela (1985; 2012) tipificado de la versión original de la tipología de test STROOP que se utiliza para la apreciación de las funciones ejecutivas, concretamente para evaluar las capacidades perceptivas y atencionales de los sujetos.

Este test se compone de 60 estímulos o tareas en las que aparecen para cada una de ellas tres caras (dibujadas de manera esquemática), con la boca, las cejas y el pelo. En cada bloque de tres caras, dos son iguales y una es la diferente. Consiste en detectarla y tacharla. El Test de Caras ha sido utilizado en estudios con escolares a partir de los seis años para percibir con la mayor velocidad de procesamiento las semejanzas y diferencias de patrones parcialmente ordenados (Monteoliva, 2017; Rodríguez, 2008).

La fiabilidad mostrada por este instrumento en el diseño original fue del 95%; en el análisis de validez se encontró que la varianza se distribuía sobre todo entre los factores de velocidad de percepción e inteligencia espacial (Thurstone & Yela, 1985). Este test ha sido revisado recientemente dando como resultado nuevos indicadores para la evaluación atencional (Monteoliva, et al., 2017). En este estudio se han propuesto las siguientes variables: Aciertos: figuras iguales al modelo (correctamente señaladas); Errores (errores de comisión): figuras señaladas que difieren del modelo (incorrectamente señaladas); Índice de Control de Impulsividad (ICI) o Control inhibitorio: ratio de la diferencia entre aciertos y errores, dividido entre la suma de aciertos y errores.

En la presente investigación el equipo de neuropsicólogas que contrata el hospital utiliza la 11ª revisión del test (Thurstone y Yela, 2012), que además de contabilizar el número de aciertos y errores, incorpora un ICI de ambos para controlar el grado de impulsividad errónea. Variable descrita como una medida del control de la impulsividad, siendo más efectiva que la medición simple del número de figuras señaladas (Crespo-Eguílaz, Narbona, Peralta & Repáraz, 2006).

El test **Memoria Visual de Rostros (MVR)** es una prueba tanto clínica como escolar adecuada para niños, adolescentes y adultos. Tiene una duración de 15 minutos aproximadamente y mide tanto la memoria a corto plazo, operativa e inmediata como la memoria a largo plazo. Se presentan 16 imágenes de caras de personas reales y diferentes que el evaluado debe recordar. Primero de respuesta inmediata para la

memoria a corto plazo y después, para la memoria a largo plazo, deberá de pasar un tiempo (aplicación de otra prueba totalmente diferente) y se le volverá a preguntar para ver qué imágenes/caras ha sido capaz de recordar pasado el tiempo.

Se obtienen dos resultados en puntuación directa, uno para la memoria a corto plazo y otro para la memoria a largo plazo. Ambos se pasan a puntuación típica para poder ser interpretados de acuerdo con el estándar de baremación de este tipo de test y pruebas neuropsicológicas.

**La Evaluación del Conocimiento Matemático Básico (ECMB)** de Benton y Lúria, revisado de Chadwick & Fuentes (1998). Esta prueba que inicialmente no estaba estandarizada se acabó publicando en la revista de neuropsicología de Chile por una adaptación de Ramírez-Benítez, et al. (2011) como material de apoyo a la docencia. Es un instrumento que utiliza una adaptación del modelo de Benton para evaluar la capacidad de comprensión numérica y de realizar cálculo mental y escrito básico. La prueba está clasificada por niveles que van del Nivel 1 (más básico) al Nivel 6, pensado para el último curso de la educación primaria (entre 11 y 12 años de edad). Para el momento post intervención del estudio se decide pasar la prueba del Nivel 2, adecuada para niños y niñas de 2º curso de educación primaria, de entre 7 y 8 años de edad. La puntuación de la prueba sigue los criterios de valoración propuestos por la revisión de la prueba y después se pasa a tanto por ciento de aciertos para poder ser comparada con la prueba de Cálculo Mental Básico realizada para la evaluación previa a la intervención.

**Baremos de puntuación:** De cada uno de los test de la batería de pruebas neuropsicológicas que miden la capacidad de atención y memoria, se obtienen unos valores que se muestran mediante dos referencias: PD (puntuaciones directas) y PT (puntuaciones típicas: valor de 100 +/- 15, ya baremadas). Para analizar y comparar los resultados el punto o baremo de referencia es el ya utilizado en el estudio 1. Baremos que explican que un valor < de 70 es muy bajo; de 70 a 80 bajo; de 85 a 95 normal bajo; de 95 a 105 normal; de 105 a 115 alto; >115 muy alto.

Nuevamente las puntuaciones típicas se distribuyen en una escala que va aproximadamente de 60-130, la media estadística de cada grupo de edad recibe una puntuación de 100. Todas las puntuaciones además están baremadas de acuerdo a la edad exacta (en meses) de cada sujeto, de manera que el factor condicionante de nacer en enero a favor de en diciembre, se compensa.

En resumen, el total de las pruebas utilizadas para la evaluación de las distintas variables estudiadas en el presente estudio, tanto en el momento previo como en el posterior a la intervención sobre el grupo experimental son las siguientes:

**Tabla 16.** Resumen de las variables del estudio longitudinal.

ESTUDIO LONGITUDINAL EN ALUMNOS DE 6 Y 7 AÑOS			
Evaluación de las capacidades cognitivas	PRE	POST	PUNTUACIÓN
ATENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conners Continuous Performance Test (CPT)</li> <li>• WISC-IV. Velocidad de procesamiento (BS)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CARAS-R. Percepción de Diferencias (Aciertos; Errores; ICI)</li> </ul>	Valor normal = 100. Desviación típica: V = +/- 15 de 100. Baremo estándar: V = 90/110.
MEMORIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TOMAL, Recuerdo de Palabras</li> <li>• WISC-IV, Dígitos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Test de Memoria Visual de Rostros (MVR), Corto plazo; Largo plazo.</li> </ul>	
CÁLCULO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cálculo Mental Básico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación del Conocimiento Matemático Básico de Lúria (ECMB)</li> </ul>	Valor normal = 6/7. Desviación típica: V = +/- 1 de 6/7. Baremo estándar: V = 5/8.

**Nota.** BS = Búsqueda de Símbolos. V = Valor de puntuación.

La elección de las pruebas (baterías y test cognitivos), tanto previas como posteriores a la intervención son escogidas y justificadas por el equipo de investigación, tanto por parte del doctorando como por parte de las especialistas en neuropsicología que se encargan de administrarlas. No obstante, tal como puede observarse en la tabla anterior (tabla 10), las pruebas realizadas para la evaluación cognitiva previa al estudio y las realizadas a posterior de la intervención, no son las mismas para ninguna de las capacidades cognitivas (atención, memoria y cálculo). Realidad que puede ser, sin duda, una limitación del estudio que más adelante se explica.

Este suceso se debe a diversos condicionantes que inciden en la decisión de cada una de las pruebas. Entre ellos, el económico es un condicionante, ya que, en iniciar el proyecto y durante el primer año, el doctorando, juntamente con el equipo de investigación, reciben una beca para financiar el estudio, por ello es posible disponer de algunas pruebas de coste económico en un momento previo a la intervención, como el CPT, el WISC-IV y el TOMAL. En cambio, durante el segundo año del proyecto no es posible prolongar dicha beca y por ello es necesario buscar una similitud entre las pruebas realizadas (de coste económico) y otras sin coste económico, dado que están

a disposición del material propio del equipo de neuropsicología que participa como evaluador del estudio. Estas son el Test CARAS, el de Memoria Visual de Rostros y la Evaluación del conocimiento matemático básico de Lúria. Para cada una de ellas se establece un baremo de puntuación y desviación típica que permite la comparación estadística.

## **Procedimiento**

Juntamente con el equipo de investigación del HSJD se acuerdan una serie de acciones que deberán hacer posible realizar las diferentes fases del estudio y de la comprobación del objetivo y la hipótesis de este segundo estudio.

### **Pasos realizados durante el estudio**



**Ilustración 7.** Fases del estudio

Para esta segunda fase del estudio se pretende aplicar una intervención experimental mediante un programa de Aprendizaje Físicamente Activo de 18 meses de duración, se concretan de nuevo los pasos y acciones a desarrollar, pues, aunque parte de la muestra es la misma que la del estudio 1, el procedimiento y el método de estudio son diferentes:

Se inicia mediante la formulación de preguntas y concreción de los objetivos y las hipótesis de investigación. A partir de estas, se presenta el proyecto a las familias, únicamente las del centro escolar GPV, concretando en que, para esta segunda fase, será necesario diferenciar a dos grupos: Grupo Experimental y Grupo Control.

Dado que la intervención será diaria y durante 18 meses (de enero de 2018 a junio de 2019), la dirección del centro y las familias de los alumnos que forman la muestra, acuerdan que cada clase (participan dos), pertenecerán a un grupo, ya sea el experimental o el control. De esta manera consideran que simplifican la logística del día a día, tanto para el alumnado como para los docentes implicados.

Dicha logística recae especialmente en la tutora del que deciden que será el grupo experimental, la Sra. N.G.

Antes de iniciar la intervención se comprueban que los alumnos de ambos grupos (clases), no tienen un punto de partida (a nivel cognitivo) demasiado diferente: evaluación los dos grupos que forman la muestra en un momento previo a la intervención mediante la batería de test y pruebas neuropsicológicas propuestas por el equipo del HSJD.

A continuación, se inicia la programación de la intervención juntamente con la tutora del grupo experimental para integrar algunos contenidos académicos (de cálculo, de ciencias, de lengua, etc.) en las actividades propuestos por el investigador, a fin de realizar no solo actividad física, sino sesiones de aprendizaje físicamente activo (AFA).

Más adelante, en el subapartado de *Metodología y Actividades*, se concreta tanto el método como la secuencia didáctica (de actividades) de las sesiones del proyecto de AFA, Moverse y Pensar.

Dicha intervención de actividad física es diaria y dentro de la jornada escolar. El equipo directivo, juntamente con la tutora, deciden qué hora de “proyecto transversal” diaria escogen para realizar la intervención, que, por lo tanto, será de 45 minutos reales. Estas sesiones se realizan diariamente, excepto los días de lluvia intensa que no es posible realizarse; los días que hay una excursión (7 días en total) o colonias programadas (2 días en total), días señalados como especiales en el centro (en 2018, el Carnaval; la Pascua; Fiestas de Primavera; la Castañada; Santa Cecilia; Navidad; y de nuevo, en 2019, Carnaval, Pascua y Fiestas de Primavera); y por último, evidentemente, los días festivos que están marcados en el calendario como no festivo (2017-18: Semana Santa, del 24 de marzo al 2 de abril y verano, del 21 de junio al 6 de setiembre; 2018-19: del 6 de setiembre al 21 de diciembre, Semana Santa del 12 de abril al 22, y final de curso el 21 de junio.

Se estima pues que, en total, se realizan alrededor de 85 sesiones (de 97 posibles) de enero de 2018 a junio de 2018; y aproximadamente 115 sesiones de (177 posibles) entre setiembre i junio del curso 2018-2019. La participación por parte del alumnado es registrada mediante la asistencia que el propio centro realiza diariamente, ya que no es una sesión que se realice una vez finalizada la jornada, sino que se realiza dentro del horario escolar y los niños y niñas de 6 y 7 años tienen la obligación de asistir a la escuela. No hubo incidencias de absentismo en ningún alumnado indicadas por parte del centro, por lo que no se consideró necesario preguntar exactamente cuántos días asistieron a la escuela cada uno de los alumnos que forman la muestra.

Antes de finalizar la intervención, es preciso evaluar de nuevo los dos grupos que forman la muestra mediante la batería de test y pruebas neuropsicológicas propuestas por el equipo del HSJD. Se inicia esta post-evaluación en mayo de 2018 y termina en junio de 2018.

Posteriormente se analiza el impacto de la intervención mediante el programa SPSS.25 y las pruebas estadísticas propuestas para el estudio, con el objetivo de comparar las puntuaciones del rendimiento cognitivo de las capacidades evaluadas en el estudio (atención, memoria y cálculo) y también de las medias académicas (evaluación normativa del centro) de los dos grupos para comprobar si la intervención ha influido (en positivo o en negativo), o no (neutro) en el rendimiento académico del grupo que ha dejado de hacer aproximadamente 170 horas de lección o Aprendizaje Tradicional, para hacerlas mediante el Aprendizaje Físicamente Activo.

Finalmente, el último paso que, en procedimiento se planifica en este estudio es el de, si los resultados han sido positivos, presentar la actividad física y el AFA como una herramienta y método educativo innovador y eficiente.

En esta línea, el equipo de investigación de este trabajo, acuerda que podría presentarse y compartirse dicha intervención mediante un manual docente de fácil interpretación para poderse implementar en los centros escolares: *Moverse y pensar, un manual docente para la práctica del aprendizaje físicamente activo*.

### **Metodología**

Crear un programa de entrenamiento diario mediante la AF va más allá de poner en práctica una serie de conocimientos sobre juegos, ejercicios y deportes, pues, en todo momento, deben tenerse en cuenta diversos factores como: una plena consciencia de hacia quien van dirigidas estas sesiones (alumnos de entre 6 y 7 años); que estos alumnos tendrán niveles y preferencias totalmente diferentes en cuanto a la práctica de ejercicios físicos y a la comprensión de los contenidos académicos; que el programa sea integrador, motivador y que genere curiosidad tanto en el grupo-clase en general como en cada alumno en particular. Tal como sugiere Mora (2013a; 2017), debe haber interés del alumno en participar, moverse y aprender, pues una actividad que cree una situación de estrés, frustración y aburrimiento no funcionará. En definitiva, que las emociones negativas imposibilitaran cualquier aprendizaje que se desee enseñar; los alumnos deben de ser además conocedores del propósito, es decir, del qué se espera de ellos.

Está demostrado científicamente que hacerlos partícipes de los objetivos y del proceso de aprendizaje, permite mejorar la participación, la predisposición y, como consecuencia, el rendimiento y los resultados académicos (Ruiz, 2020).

El presente trabajo propone una intervención que tiene una duración de un curso escolar y medio. Por lo tanto, durante 18 meses los alumnos que participan en ella –es decir, el grupo experimental- desarrollan diariamente actividades motrices y cognitivas que les permite moverse y aprender de forma simultánea. Esta metodología es diferente al estándar que se establece en el marco general de las escuelas, para el cual el aprendizaje se da mayoritariamente en el aula y sentados en las sillas (Aprendizaje Tradicional). Desde el inicio de la intervención (enero de 2018) hasta el final (junio de 2019), ambos grupos empezarán caminos diferentes aun compartiendo centro escolar y programa académico, únicamente no se tiene control durante el período de vacaciones escolares.

Cada uno de los días (exceptuando los aproximadamente entre 55 y 75 que se pierden por diferentes motivos) de la intervención, el grupo experimental realiza una sesión de “moverse y pensar”, programada a partir de los objetivos y contenidos académicos a trabajar desde la escuela y las diferentes áreas (articulados a partir del proyecto transversal, al que dedican 12 horas a la semana y de las cuales 5 dedican a aprenderlas a través del movimiento.

Concretamente se escogen los contenidos que deben aprender en horas de proyecto de la competencia matemática, lingüística y científica, por ser sobre las que existe más evidencia publicada (Singh, et al., 2019; Sember et al., 2020). Para la concreción de los objetivos se trabaja juntamente con el centro escolar (dirección, coordinación y tutora del grupo) y se concretan las que, tanto al estudio como al centro interesan, son las siguientes:

- Mejorar habilidades cognitivas específicas de la capacidad de atención como el estado de inhibición y acción/reacción o el estado de concentración sostenido en una tarea concreta sobre aprendizajes de ciencias, vocabulario o aritmética y simultánea al reto motriz.
- Mejorar habilidades cognitivas específicas de la capacidad de memoria como recordar diferentes objetos que corresponden a un contenido curricular (la alimentación; las estaciones del año; los seres vivos) y retener información necesaria para su posterior aplicación en la tarea simultánea con el ejercicio físico.

- Mejorar habilidades cognitivas específicas de la capacidad del cálculo mental mediante la realización de operaciones básicas (suma y resta) y de cambio de unidad – decena - centena, al tiempo que se realizan ejercicios físicos, obligando a sumar y moverse a la vez.

El programa de AFA, “Moverse y Pensar” tiene por lo tanto el objetivo de mejorar la aptitud y la práctica de AF en horario escolar (promover el estilo de vida activo) y también de incidir en la mejora de los aprendizajes a través del movimiento. Se pretende conseguir a partir de la participación de la clase que forma el grupo experimental en actividades físicas aeróbicas de intensidad moderada-alta. La intensidad es registrada durante una sesión (concretamente la sesión del miércoles 12 de junio de 2019 a las 9 horas) por monitores de frecuencia cardíaca (Reloj Polar 90030909 OwnCode (5kHz) y la cinta de cintura que actúa como Sensor de Frecuencia Cardíaca - ANT+ Polar H9 (sobre los datos recogidos de esta variable nos extenderemos en el estudio 3).

Se imparten sesiones dinámicas a través de juegos y retos motrices totalmente integradores y adecuados para el nivel madurativo físico-mental de los alumnos que forman la muestra. No son ejercicios estrictamente competitivos ni de acondicionamiento físico. No se trabajan capacidades como la fuerza, la resistencia o la flexibilidad de una forma directa, sino que se trabaja siempre a partir de las habilidades motrices y de los patrones de movimiento básicos que establece el currículum para niños y niñas de 6 y 7 años de edad y, que ya han sido presentados por estudios de referencia como el *Fitkids* de Hillman, et al., (2014); o la intervención realizada por Castelli et al. (2011), entre otros. Además, se presentan, codifican y consolidan contenidos académicos propios de la competencia matemática, lingüística y científica, pues, durante las sesiones de “Moverse y Pensar”, el alumnado del grupo experimental debe de aprender aquello que estaría aprendiendo sentado en la silla (tal como lo hace el grupo control), pero lo hace a través del movimiento. Por ello, es imprescindible del trabajo en equipo con el profesorado del centro (especialmente con la tutora del grupo experimental), para garantizar que la propuesta de AFA es coherente con los contenidos de matemáticas, lengua y ciencia que, de acuerdo con el compromiso adoptado, el proyecto debe de permitir aprender de igual forma o mejor que si se dieran de la forma tradicional (sentados en una silla).

Las sesiones diarias de “moverse y pensar” se realizan en diferentes momentos intercalados en el horario escolar previamente acordados. La prioridad para escoger las franjas fue por un lado la disponibilidad de la tutora para acompañar al grupo y al investigador (hecho que obligaba a que fuera ocupando una de las horas lectivas de la

tutora con el grupo); y por otro lado la evidencia científica que manifiesta que realizar AF al inicio del día produce mayores beneficios cognitivos para el resto de la jornada. Una vez encajados estos requerimientos, se obtuvo el siguiente horario: lunes, miércoles y jueves de 8:30 a 9:30h; martes y viernes de 14:30 a 15:30h. Aunque sobre el horario eran 60 minutos porque era la duración de la clase que impartía la tutora, tenemos que descontar 15 minutos de cada sesión: tiempo de bajar a la pista deportiva y de explicar la sesión. Nos quedan sesiones diarias de 45 minutos reales de ejercicio físico. Si realizamos una suma rápida obtenemos que el grupo experimental, al participar en la intervención, realiza 225 minutos, cerca de 4 horas de AF a la semana más que el grupo control.

El investigador que lleva a cabo la intervención (planificación y aplicación) es durante los 18 meses el doctorando autor de la presente tesis (Gabriel Díaz), cumpliendo con el contrato de la Beca predoctoral concedida por la Fundación para la Investigación del Hospital Sant Joan de Déu y bajo las directrices y supervisión de la Dra. García-Cazorla como IP del proyecto y de la Dra. López como experta en neuropsicología y evaluación cognitiva en edad escolar, ambas codirectoras de la tesis.

### **Actividades**

Para el programa que realizará el grupo experimental se diseña una planificación de AFA de 45 minutos de duración. En cada sesión los alumnos realizarán actividades motrices a la vez que aprenden, repiten, recuerdan o consolidan un aprendizaje académico y curricular, propio de las matemáticas, las ciencias naturales y la lengua (expresión y comprensión lectora); además de requerimientos implícitos para la ejercitación de las capacidades cognitivas de la memoria y la atención, presentadas en los objetivos.

Por lo tanto, cada sesión y actividad combina dos retos: el motriz a través del juego (encargado de crear el contexto y dar sentido a la práctica de AF) y el cognitivo (insta a que el alumno se concentre en un requerimiento adicional a la práctica de AF), ambos retos deben ser resueltos de manera simultánea. Para ser coherentes con el propósito de realizar una actividad física que permita aprender los contenidos académicos mediante el movimiento (aprendizaje físicamente activo), el primer pilar (básico e imprescindible) es garantizar que la práctica de AF responde a la calidad metodológica necesaria, lo que significa que debe incorporar todos aquellos elementos cualitativos y cuantitativos expuestos en el marco teórico de referencia y ampliamente detallados por Pesce (2012), Best (2010) y Hillman, et al., (2008) entre otros.

Por este motivo, cada una de las actividades que se presentan en la intervención (ver Anexo 4) deben proporcionar experiencias motrices que supongan un reto real para los y las participantes pero adaptadas a la edad y el momento evolutivo, tanto motriz como cognitivo, pues una actividad física o juego demasiado fácil o sin intensidad no permite incidir en las funciones cognitivas, ni tampoco lo hace una actividad extremadamente compleja que, incluso, puede producir un bloqueo y un efecto opuesto al esperado (Singh et al., 2019).

De manera que, especialmente durante la primera infancia, que es la principal etapa de desarrollo, la actividad física debe centrarse en la exploración, preparación y consolidación progresiva de las habilidades motrices básicas, de los factores perceptivo-motores, de las capacidades físicas y las psicosociales que serán elementales para el autoconocimiento y la formación integral y competente (Batalla, 2000; y Batalla et al., 2012). Por todo esto, y siguiendo las orientaciones de aplicación práctica propuestas por Batalla et al. (2012), un recurso de práctica de AF aeróbica muy utilizado durante la intervención es la creación de circuitos de múltiples habilidades motrices (desplazamientos, saltos, giros, equilibrios, etc.) que además incorporan retos memorísticos sobre algunos o varios contenidos académicos específicos de alguna de las tres áreas de conocimiento presentadas (matemáticas, lengua y ciencias naturales). Además, estos circuitos y estaciones de retos motrices se complementan con la creación de otros materiales, como unas tarjetas similares al juego del “memory”, que pueden aparecer y desaparecer dependiendo del objetivo explícito de la tarea.

En el siguiente ejemplo, se utilizan estas tarjetas (que se encuentran escondidas debajo de los conos) para trabajar la asociación entre las imágenes o dibujos que aparecen en ellas (objetos cotidianos de la estación del invierno, como las bufandas, los gorros o los guantes) y la tipología de balones, cuerdas, petos u otros materiales que se presentan para realizar el reto motriz.



**Ilustración 8.** Ejemplo de actividad y circuito de habilidades motrices básicas.

A las características y elementos cualitativos y cuantitativos de la tarea motriz, ya propiamente enriquecida mediante dichos componentes implícitos, es necesario, de acuerdo con los objetivos y el propósito de la investigación, introducir un componente explícito a la tarea motriz y que debe ser aprendido. Es en este momento en el que una actividad física enriquecida pasa a convertirse en un aprendizaje físicamente activo.

Llegado este punto, es elemental conocer qué es aquello que el alumnado debe de aprender, para, de esta manera, poder planificar y crear (inventar) una propuesta (juego) motriz mediante la cual se den, tanto los elementos descritos que debe de tener la AF

para considerarse enriquecida, como también los retos cognitivos que permiten presentar, codificar o consolidar un aprendizaje específico.

Por ejemplo, si en el primer curso de la educación primaria se trabaja el contenido “operaciones con números naturales: adición y sustracción”, propio del área de las matemáticas, y también el contenido “velocidad de reacción” propio del área de la educación física, la propuesta es trabajarlos de manera simultánea mediante juegos de velocidad de reacción con estímulo numérico o juegos de agrupamientos y dispersión. Podría explicarse de la siguiente manera:

*“20 alumnos están distribuidos en 5 filas (4 en cada una de ellas) al principio de una pista de 40 metros. El primer alumno de cada fila tiene en la mano una pelota de tenis y delante de ellos 10 conos separados por 4 metros de distancia (en línea con cada fila). Estos cinco que tienen pelota, deberán escuchar la indicación: “número 5” y correrán para colocar la pelota en el quinto cono y volverán a la fila. Se preparan los siguientes 5 alumnos que deberán escuchar la operación a realizar: “menos 2!” y deberán restar, o “más 4” y deberán sumar y regresar al final de la fila”.*



**Ilustración 9.** Ejemplo de actividad física y de habilidades cognitivas (cálculo).

Todos estos conceptos que se presentan al inicio de la sesión y se van recordando, a modo de feedback, durante el transcurso de esta. Motivo por el cual, nuevamente es importante recalcar el papel de la persona responsable de llevar a cabo dicha actividad, pues no solo debe de planificarla de acuerdo con los requerimientos propuestos, sino que debe de preocuparse de: preparar el material; realizar una explicación clara, breve y concisa; aportar información a medida que avanza la actividad; anticipar los problemas; resolver las dudas; gestionar los conflictos; la participación (intensidad moderada-alta) de los participantes y, lo más importante, garantizar que la sesión, día tras día, es emocionante, despierta curiosidad, entusiasmo, motivación e interés por realizar la siguiente, el próximo día.

La propuesta persigue activar diferentes áreas y regiones cerebrales y que trabajen al unísono, por ello cada actividad contiene retos motrices y cognitivos que deben ejecutarse de manera simultánea, obligando al cerebro a realizar una respuesta rápida y eficiente para ambos retos. En las imágenes mostradas se puede observar el clásico juego de “mar, tierra”, en el que los alumnos trabajan la capacidad de atención y de

reacción. En esta variedad se introducen conceptos y vocabulario propio de la lengua y/o las ciencias naturales y se atribuye a cada una de las dos direcciones en las que pueden correr. Cuando el instructor da la orden, los alumnos deben de pensar y reaccionar en la mayor brevedad de tiempo para atrapar o escaparse, según convenga. También pueden introducirse aspectos del conocimiento matemático como la diferenciación de los números pares e impares; el cambio de la unidad a la decena o bien el cálculo mental básico de sumas y restas.



**Ilustración 10.** Ejemplo de actividad física enriquecida con aprendizaje académico.

Cada sesión está compuesta por la misma estructura: calentamiento, parte principal y reflexión. No obstante, no habrá dos sesiones idénticas que repitan –sin modificaciones– los mismos juegos, retos cognitivos y motrices. La programación de las sesiones debe ser coherente con el método expuesto, en el que tanto el interés como la motivación son piezas esenciales para el aprendizaje. Si repetimos y no creamos nuevas actividades la estimulación no será positiva y estaremos ante alumnos poco motivados para aprender.

Para la planificación de cada sesión se prepara una plantilla que incorpora, siguiendo el modelo propuesto por expertos en programación por competencias (Lleixà, Capllonch & Gonzalez, 2015; Blázquez, 2009; y Blázquez y Sebastiani 2021), los siguientes apartados:

#### Objetivo de la sesión:

- Participar en actividades/ejercicios físicos que provoquen moverse y pensar indistintamente para promover la activación total de las funciones ejecutivas y motrices.

#### Contenidos:

- Dos contenidos académicos específicos y propios (curriculares) de las matemáticas, ciencias y/o lengua.
- Dos contenidos académicos específicos y propios (curriculares) de la educación física.

#### Material:

- Descripción detallada del material necesario para la previa preparación.

#### Duración, Planificación y Feedback:

- La duración y la planificación de las actividades en cuanto al tiempo o momento de aprendizaje de la sesión van de la mano, es decir, la parte de la sesión de calentamiento siempre debe durar aproximadamente 10 minutos; la principal 30'; y la de reflexión/relajación 5'.
- El feedback es elemental y debe ser continuo, no con el objetivo de dirigir toda la acción motriz (pues también es importante que puedan explorar y experimentar de forma libre), sino con el fin de mantener la atención, la curiosidad y la motivación del alumnado. Es básico que entiendan en todo momento qué deben hacer y que nunca se sientan perdidos, con miedo o estresados.

- Encontrar el equilibrio es sumamente complicado cuando el grupo lo forman 27 alumnos de entre 6 y 7 años, pero como se ha comentado anteriormente, la persona responsable de aplicar dicha sesión debe de poder desarrollarse con suficiente eficiencia y eficacia para poder, en la medida de lo posible, anticipar, prever y resolver todos los imprevistos.

Es importante destacar que cada propuesta de AF fue validada por el jefe de departamento de educación física, el Sr. S.B, afín de adecuarse a las propias dinámicas y metodologías pedagógicas del centro.

A continuación, se presentan en la tabla 3, tabla 4 y tabla 5 las tres primeras sesiones de las 30 programadas y aplicadas durante la intervención. Todas las sesiones están recogidas en el Anexo 4 y representan aproximadamente las sesiones que van desde mediados de enero hasta principios de marzo. Durante los siguientes meses se combinan algunas de las sesiones para que no puedan ser repetitivas y, para la mayoría de ellas, se mantiene la actividad física, dinámica o juego propuesto y, únicamente, se modifica, adapta y profundiza en el contenido académico que, a medida que avanza el curso, evoluciona. Por ejemplo, si durante las primeras semanas el propósito es familiarizarse con la suma y la resta (o la unidad y la decena) para la competencia matemáticas y el objetivo de “resolver operaciones matemáticas sencillas”; a medida que el proyecto avanza, también lo hace el conocimiento de los alumnos y el logro de dicha competencia y, por lo tanto, se empiezan a resolver operaciones matemáticas a partir de sumas de números de más de 2 cifras y de equivalencias, proporciones y magnitudes más complejas; para, a partir de enero de 2019 (aproximadamente) empezar a realizar multiplicaciones y divisiones sencillas.

Tabla 17. Sesión Nº 1 – Actividades de la intervención.

PROYECTO “MOVERSE Y PENSAR”		
Escuela GPV	Sesión Nº: 1	Nº alumnos: 27
Ubicación: Pista		
<b>Objetivo:</b> Participar en actividades/ejercicios físicos que provoquen moverse y pensar indistintamente para promover la activación total de las funciones ejecutivas y motrices.		
<b>Contenidos</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suma y resta de números naturales de una cifra.</li> <li>• Vocabulario sobre objetos o características del invierno como estación del año.</li> <li>○ Correr, desplazarse uno mismo y los diferentes objetos y materiales.</li> <li>○ Agilidad, velocidad, reacción, atención.</li> </ul>		
<b>Material:</b> CONOS (9*8=72), AROS (2*8=16). PELOTAS VARIAS (15-20). PELOTA DE TENNIS (8).		
Duración	Planificación	Feedback
10'	<p><i>Calentamiento</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Limpiar el Jardín:</u> Se separa la clase en dos grupos, uno a cada mitad del campo, este además tendrá una zona en la que no se puede entrar (para evitar que chuten demasiado cerca de los otros).</li> </ul> <p>Se esparcirá todo tipo de pelotas que no hagan daño y las tendrán que ir desplazando de un campo al otro con el pie o la mano. Al acabar la cuenta atrás, el equipo que tenga más pelotas a su campo (acumulará más puntos y perderá). Algunas pelotas suman más (ellos lo sabrán) y habrá una que resta (no lo sabrán, el maestro lo dirá al final). *Se harán dos partidas.</p>	<p><i>¡Vigilar no hagáis daño a nadie! ¡Recordar que haremos cuenta atrás! ¡¡¡A partir del 3 nadie puede chutar ninguna pelota!!! Sumamos todos juntos, ¡atención a la pelota que resta!</i></p>
20'	<p><i>Parte principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Relevos de suma:</u> Se divide la clase rápidamente en 8 grupos (lo indica el maestro con números del 1 al 8).</li> </ul> <p>La mitad de cada pequeño grupo se coloca una en cada extremo de la pista (relevos), de forma que queden 16 filas en total y 8 equipos. Delante de cada fila habrá una recta numérica formada por 9 conos (uno para cada unidad) y por dos aros (uno para el 0 y el otro para el 10). Cada fila tendrá una pelota de tenis colocada en el inicio (número 0).</p> <p>Los 8 primeros (uno de cada fila ubicados detrás del punto 0) escucharán la indicación del maestro “+ 7” y deberán coger la pelota y colocarla en la unidad 7 y después correr hasta el final de la pista para chocar la mano al compañero (que está detrás del punto 10) y pasarle el relevo (turno). El maestro irá dando indicaciones y la pelota siempre estará colocada en el resultado de la última indicación, para que el compañero sepa a qué número (posición de la recta numérica) está ubicada la pelota y debe sumar o restar las unidades indicadas.</p>	<p><i>¡¡¡Estad preparados y atentos!!!! ¡Recordad que no es lo mismo sumar que restar! Vigilad cuando cambiáis de fila, ¡¡¡la recta es a la inversa!!!!</i></p>
10'	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>¿invierno o no?:</u> Consiste en descubrir si la palabra que dice el maestro es o no característica del invierno. Se divide el grupo en 2 y se enfrentan espalda contra espalda. Se les dice que tienen que correr hacia un lado cuando la palabra sí es del invierno y hacia el otro cuando no es. Tienen que llegar al final de la pista primeros o intentar tocar la espalda (no empujar) del compañero antes de que llegue. Variante: Añadir pelota: tendrán que cogerla botar y plantarla al final.</li> </ul>	<p><b>Navidad   Fiestas   Enero   Nieve   Esquiar   Guantes   Bufanda   Trineo   Resfriado   Verano   Castañas   Semana Santa   Octubre   Primavera   Florecer   Playa  </b></p>
5'	<p><i>Reflexión y Relajación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Los alumnos se sientan o estiran en el suelo y el maestro les invita a compartir la experiencia con él.</li> </ul>	<p><i>¿Qué os ha parecido? ¿Divertido? ¿Qué hemos aprendido? ¿Podréis recordarlo mañana?</i></p>

Tabla 18. Sesión Nº 2 – Actividades de la intervención

PROYECTO “MOVERSE Y PENSAR”			
Escuela GPV	Sesión Nº: 2	Nº alumnos: 27	Ubicación: Pista
<b>Objetivo:</b> Participar en actividades/ejercicios físicos que provoquen moverse y pensar indistintamente para promover la activación total de las funciones ejecutivas y motrices.			
<b>Contenidos</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para recordar e identificar imágenes y palabras sobre objetos o conceptos característicos de una estación del año, por ejemplo, el invierno.</li> <li>• Capacidad para identificar y recordar diferentes valores numéricos mediante colores y poder sumarlos correctamente.</li> <li>○ Habilidad para desplazarse uno mismo y atrapar o escaparse dependiendo de lo que sea más oportuno en cada situación.</li> <li>○ Consolidación de patrones básicos de movimiento.</li> </ul>			
<b>Material:</b> PETOS (28: de diferentes colores). AROS (6*4=24). CONOS (20*4=80). CUERDAS (2*4=8).			
Duración	Planificación		Feedback
10'	<p><i>Calentamiento</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Atrapacolas sumando:</b> Los alumnos se escaparán por toda la pista, cada cual de ellos con un peto metido como cola. Habrá diferentes colores y asignaremos una puntuación (tan alta cómo queramos trabajar) para cada uno. Cuando el maestro dé la señal de inicio del juego, tendrán que conseguir coger el máximo número de colas posibles a sus compañeros. No será determinante que les quiten la suya, pues el objetivo es conseguir sacar la de los otros y guardarlas en la mano porque después, cada alumno, sumará los puntos que ha “robado”, dependiendo del valor numérico asignado a cada color de peto.</li> </ul>		<p><i>¡Recordad que si me roban mi cola yo sigo jugando!</i></p> <p><i>Cuando cojo una cola no me la pongo yo de cola... ¡la guardo en la mano para después sumar los puntos!</i></p>
25'	<p><i>Parte principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Circuito+Memoria:</b> Los alumnos empiezan haciendo un circuito en el que tienen que hacer zig-zag, gatear, saltar, andar a 4 patas, sprint (patrones básicos de movimiento) y, después, tienen que levantar un cono, y seguidamente otro (si coinciden los dibujos se quedan levantados, si no, se vuelven a poner los conos encima de los dibujos), al acabar, el alumno vuelve al inicio de la cola, donde tendrá que esperar a su turno (estirarse al suelo y respirar). Tendrán que ir haciendo el circuito y el <i>memory</i> hasta que todas las imágenes estén emparejadas y a la vista. * Los 28 alumnos estarán repartidos en cuatro equipos de 7, por lo tanto, habrá 4 circuitos que funcionarán simultáneamente.</li> <li>▪ <b>Juego de las sillas del invierno:</b> juego popular que consiste en conseguir sentarse en la silla cuando la música deja de sonar. Aquí, pero, las sillas serán círculos y los alumnos tendrán que ir corriendo en círculo hasta que el maestro dé una indicación (concepto, frase o idea) característica de la estación del invierno, entonces deberán entrar en un aro. Los que no consiguen entrar tendrán que hacer la siguiente partida (ronda) a la pata coja, hasta que puedan entrar dentro del círculo y recuperen “las dos piernas”. *Si un alumno se equivoca y entra dentro cuando el maestro da una indicación que no es del invierno, también tendrá que salir y desplazarse a la pata coja durante una partida.</li> </ul>		<p><i>Debo estar atento a cuando el maestro indica las salidas.</i></p> <p><i>Si me fijo bien e intento recordar las imágenes seré capaz de crear parejas.</i></p> <p><i>Los ejercicios del circuito deben ser muy importantes, ¡tenemos que hacerlos bien!</i></p>
10'			
5'	<p><i>Reflexión y Relajación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Los alumnos se sientan o estiran en el suelo y el maestro les invita a compartir la experiencia con él.</li> </ul>		<p><i>¿Qué os ha parecido? ¿Os habéis cansado mucho? ¿Es complicado estar atento y moviéndose?</i></p>

Tabla 19. Sesión Nº 3 – Actividades de la intervención.

PROYECTO “MOVERSE Y PENSAR”			
Escuela GPV	Sesión Nº: 3	Nº alumnos: 27	Ubicación: Pista
<b>Objetivo:</b> Participar en actividades/ejercicios físicos que provoquen moverse y pensar indistintamente para promover la activación total de las funciones ejecutivas y motrices.			
<b>Contenidos</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Familiarización con las diferentes monedas (euros) que en la vida real utilizamos para comprar (2€, 1€, 50cent, 20cent, 10cent y 5cent), así como los diferentes alimentos.</li> <li>• Capacidad para elaborar una operación matemática mental a partir de monedas (euros) mientras se está corriendo y se decide qué alimentos mediterráneos “comprar”.</li> <li>○ Ejercitar el cuerpo y mejorar el estado físico con la realización de ejercicios de entrenamiento motriz (patrones de movimiento).</li> <li>○ Agilidad, velocidad, reacción, atención.</li> </ul>			
<b>Material:</b> CONOS (14+9*4=50), AROS (2*9=18). PETOS (28 repartidos en tres colores). MONEDAS (tarjetas plastificadas: 6*9=54).			
Duración	Planificación		Feedback
10'	<p><i>Calentamiento</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Movimientos dirigidos:</u> para introducir las diferentes monedas: 2€, 1€, 50cent, 20cent, 10cent y 5cent (seis en total). Utilizaremos un juego en el que tendrán que recordar el movimiento (acción motriz) que representa cada moneda, de tal manera que cuando el maestro muestre la tarjeta de los 2€, todos los alumnos sepan que tienen que correr hacia adelante, atrás, saltar o gatear, por ejemplo. Hasta que muestre la siguiente moneda (50cent) y tengan que cambiar a la acción motriz correspondiente.</li> </ul> <p>* 5cent = correr adelante; 10cent = correr atrás; 20cent = saltar; 50cent = gatear; 1€ = pie cojo; 2€ = dar tres palmadas.</p>		<p><i>¡Recordad que cada “moneda” representa un movimiento concreto!</i></p> <p><i>¡Cuando vamos hacia atrás debemos ir con precaución!</i></p>
20'	<p><i>Parte principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>¡Corre! Ve a hacer la compra:</u> Esta actividad combinará la incertidumbre del dinero que tenemos, con el ejercicio físico que se tendrá que realizar mientras se suman las monedas y se decide qué alimentos se pueden comprar con aquel dinero. Unos alimentos que estarán al final en forma de tarjeta (cada tipo de alimento estará debajo de un cono y los alumnos tendrán que recordar el valor de cada alimento). Al inicio habrá 9 filas, cuando el maestro toca el silbato sale uno de cada una. Cada cual hará el ejercicio siguiendo su carril y cuando lleguen a medio campo, al círculo central, habrá 14 conos, cada cual levantará 1 y cogerá las 3 monedas que haya. Las tendrán que sumar (1€ + 50 cent + 10 cent = 1.60€) mientras siguen realizando el ejercicio y, cuando lleguen al final, tendrán que decidir qué alimento/s pueden coger con aquel dinero.</li> </ul> <p>*Ejercicios: Saltar la cuerda + gatear (hasta los conos) + correr atrás + 3 saltos + sprint adelante (hasta los alimentos).</p>		<p><i>Debemos hacer bien todos los ejercicios, no hay prisa, no se acabarán las monedas, ¡cada uno a su ritmo!</i></p> <p><i>No hay que ir más rápido de la cuenta, hay que pensar y sumar bien, así podremos elegir y no equivocarnos con los alimentos.</i></p>
10'	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Las gallinas, los zorros y los leones:</u> Primero distribuimos los alumnos en 3 grupos: unos serán gallinas (tendrán que comerse a los leones); unos zorros (comerán gallinas); y los otros leones (comerán zorros). Todos comen y son comidos, así que cada cual tendrá una madriguera (que tendrá una forma geométrica) y tendrá que conseguir llenarla de comida por cuando llegue el invierno... ¡vigilando no ser comido!</li> </ul>		<p><i>¡Cada madriguera tiene una forma geométrica determinada!</i></p> <p><i>Algunos animales guardan los alimentos que cazan.</i></p>
5'	<p><i>Reflexión y Relajación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Los alumnos se sientan o estiran en el suelo y el maestro les invita a compartir la experiencia con él.</li> </ul>		<p><i>¿Cómo os habéis sentido? ¿Es complicado comprar? ¿Creéis que ahora podéis ayudar a los padres?</i></p>

### ***Evaluación del programa de AF diaria***

La finalidad educativa es aprender y educar. Es importante reiterar esta afirmación porque la forma más real de valorar si una acción/intervención ha tenido efecto es determinar si ha sido capaz de enseñar y educar a quienes la han realizado.

No se trata de clasificar a los alumnos en función de su nivel cognitivo o de adecuación a la acción docente o al sistema educativo, sino tratar de sugerir prácticas, dinámicas y metodologías que permitan que cada uno de ellos, de manera individualizada, puedan ir adquiriendo experiencias que los lleven a mejorar sus capacidades, tanto físicas, como cognitivas y espacialmente sociales.

Por ello, son los métodos y las prácticas lo que debemos evaluar y sobre lo que más debemos trabajar los investigadores, las universidades y los docentes. Los alumnos únicamente deben vivir, experimentar y formar parte de un contexto real que el maestro crea y comparte con ellos en forma de aprendizajes significativos.

En esta línea, el programa de AFA –como método de la intervención del estudio- debe ser evaluado. Ha de explicar que los alumnos que han participado en el programa han aprendido lo mismo, tanto o más -de los contenidos y objetivos académicos- que aquellos alumnos que han aprendido dentro del aula y sentados en una silla, es decir, comparativa entre el grupo experimental y el grupo control.

Para establecer esta comparativa se realiza la 2ª batería de pruebas y test neuropsicológicos y se analizan mediante los parámetros estadísticos que se detallan en el siguiente punto. Además, se comparan las notas obtenidas a través del expediente académico que elabora el propio centro de acuerdo con los criterios del Departamento de Educación de Cataluña (2009).

No obstante, también se facilita a la tutora del centro una rúbrica de evaluación por observación, a través de la cual podrá comprobar si aquellos contenidos académicos, cognitivos y motrices propuestos en un inicio, se han o no cumplido. (*Anexo 5: instrumento de evaluación cualitativa y académica de la intervención -para el docente-*).

## **Análisis de datos**

De la misma manera que en el estudio 1, todas las pruebas y test fueron pasados por el equipo de neuropsicología validado por el Hospital Sant Joan de Déu de Barcelona, pero externo al de la investigación. Concretamos nuevamente que se realizó una primera evaluación en enero de 2018 y una segunda en junio de 2019.

El total de variables generadas se introdujeron en una base de datos (Microsoft Acces); se tabularon variables cuantitativas y categóricas y se llevó a cabo una exploración preliminar de los datos, incluyendo: verificación y control de medidas no observadas, realización de pruebas de influencia en muestra, definición de estrategias de imputación de medidas no observadas.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa IBM SPSS (Statistics® versión 25), aplicando básicamente pruebas para estudio de distribución de datos (Kolmogorov-Smirnov), de igualdad de varianzas antes y después de la intervención (Prueba de Levene) de comparación de datos cuantitativos y de muestras independientes y relacionadas (Prueba T apareada y no apareada, de Student; U de Mann-whithney), y de correlación de muestras emparejadas (pruebas de Rho de Spearman). Se aplica un análisis descriptivo, el de comparación de muestras independientes y el de comparación y correlación de muestras emparejadas.

Todos los datos que se obtienen son de carácter cuantitativo y ordinal. Corresponden a números absolutos (n), porcentajes (%), puntos porcentuales (pp), puntuaciones típicas (PT), valor de significancia (p) o medias con intervalos de confianza del 95% (IC del 95%).

Los análisis de este trabajo se han realizado a partir de la interpretación de las puntuaciones obtenidas en las diferentes pruebas con las que se han evaluado a los dos grupos (experimental y control) del estudio longitudinal y que miden las capacidades de atención, memoria y cálculo.

## **Resultados**

De acuerdo con la hipótesis de partida “Existen diferencias significativas en los resultados de la evaluación de las capacidades cognitivas obtenidos del grupo experimental en comparación con el grupo control después de la intervención”, se llevan a cabo varios análisis y pruebas estadísticas.

El objetivo principal de este estudio es comprobar si existe relación entre participar en un programa de actividad física diaria (intervención de 18 meses) y la mejora en las capacidades de atención, memoria y cálculo en alumnos de 6 y 7 años.

### **Resumen**

En primer lugar, se clasificó la muestra en dos grupos, experimental y control, sin añadir ninguna modificación más que la intervención, programa de AF diaria, que el estudio crea para el grupo experimental. Los dos grupos siguen durante los 18 meses el mismo horario lectivo (ninguno de ellos está más horas en la escuela) y siguen la misma programación didáctica, de acuerdo con el proyecto del centro, los objetivos de aprendizaje y los contenidos académicos que establece el currículum. Únicamente se realiza de manera diferente esa hora al día, que, en contra de realizar la sesión didáctica enfocada a aprender las matemáticas, la lengua o las ciencias, dentro del aula, se realiza en la pista deportiva del centro, en las sesiones de “moverse y pensar”.

En segundo lugar, se evaluaron a los dos grupos antes de la intervención para comprobar que no existían diferencias significativas ya antes del inicio. Inmediatamente se inició el programa de AF diaria (enero, 2018) y se recogió una primera información cuantitativa -mediante el informe de evaluación del centro- al final de ese curso escolar (junio, 2018) como medida de seguimiento para detectar posibles incidencias graves en los aprendizajes del grupo experimental; y un año después (junio, 2019) se evaluaron nuevamente a los dos grupos mediante la batería de pruebas y test neuropsicológicos; y también se recogieron nuevamente los informes de evaluación del centro.

A partir de estos momentos y acciones de preevaluación, seguimiento y postevaluación, y, a partir de las pruebas estadísticas explicadas en el apartado anterior, se obtienen los siguientes resultados.

Medición previa a la intervención (enero del 2018)**Tabla 20.** Evaluación neurocognitiva previa a la intervención de AF diaria.

RESULTADOS OBJETIVO 2 (Pre-Intervención)	PRUEBA T - COMPARACIÓN DE MEDIAS ENTRE GRUPOS INDEPENDIENTES Prueba de Levene (confirmar igualdad de varianzas pre- intervención)		
	G-Experimental (n=27)	G-Control (n=24)	Sig (p<0,05)
<b>Batería de pruebas</b>			
KBIT. Vocabulario	108,56	111,79	0,430
KBIT. Matrices	106,52	105,13	0,455
KBIT. CI Compuesto	106,37	107,42	0,550
CPT. Detection	93,67	93,63	0,085
CPT. Omission	89,00	93,94	0,300
CPT. Commission	99,06	96,69	0,307
CPT. Perservation	93,39	93,13	0,591
CPT. Reaction time	95,11	97,69	0,071
Consist. TR. Std. Error	88,67	94,69	0,463
CPT. Variability	91,72	92,70	0,820
CPT. TR. SE. Block	87,33	97,56	0,789
Velocidad Procesamiento. BS	95,19	95,42	0,673
TOMAL. Recuerdo de palabras	102,96	109,38	0,826
WISC-IV. Dígitos	110,37	101,25	0,736
Cálculo Mental	81,30	81,67	0,814

**Nota.** CPT = Conners Continuous Performance Test. BS = Búsqueda de Símbolos. CI = Coeficiente Intelectual.

Medición posterior a la intervención (junio del 2019)**Tabla 21.** Evaluación neurocognitiva posterior a la intervención de AF diaria.

RESULTADOS OBJETIVO 2 (Post-Intervención)	PRUEBA T - COMPARACIÓN DE MEDIAS ENTRE GRUPOS INDEPENDIENTES Prueba de Levene (detectar diferencias de varianzas post- intervención)		
	G-Experimental (n=27)	G-Control (n=24)	Sig (p<0,05)
<b>Batería de pruebas</b>			
CARAS-R. ICI	102,52	89,95	0,028
CARAS-R. Aciertos	106,84	105,93	0,073
CARAS-R. Errores	1,96	5,29	0,048
Memoria Visual-corto plazo	105,80	99,38	0,697
Memoria Visual-largo plazo	114,60	111,67	0,403
ECMB - Cálculo	85,52	85,73	0,774

**Nota.** ICI = Índice de Control de la Impulsividad. ECMB = Evaluación Conocimiento Matemático Básico.

## ***Estadística Descriptiva***

### ***Inicial: previo a la Intervención***

El total de la muestra se clasifica en dos grupos de estudio que coinciden con cada una de las dos clases de la escuela GPV del 1r curso de educación primaria, quienes realizan 3h de AF a la semana dentro de la jornada lectiva.

Para poder determinar el punto de partida de los dos grupos se analiza en un primer momento la Media, máximos/mínimos y desviación de cada una de las pruebas que miden las variables del estudio.

Los dos grupos obtienen resultados muy similares, siendo ligeramente mejores las medias del grupo experimental en 6 de 16 pruebas (destacadas en negrita); y el ligeramente mejores las medias del grupo control en 10 de 16 pruebas.

Tabla 22. Descriptivos de la muestra de estudio (pre).

DESCRIPTIVOS: Estadísticas de grupo					
Tipo Grupo Muestra		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Sexo.muestra	Experimental	27	1,44	0,506	0,097
	Control	24	1,46	0,509	0,104
In.KBIT.V. PT	Experimental	27	108,56	8,182	1,575
	Control	24	111,79	8,934	1,824
In.KBIT.M. PT	Experimental	27	<b>106,52</b>	12,647	2,434
	Control	24	105,13	8,823	1,801
In.KBIT.CI c. PT	Experimental	27	106,37	10,035	1,931
	Control	24	107,42	7,757	1,583
At.CPT. Detection PT	Experimental	27	<b>93,67</b>	10,779	2,074
	Control	24	93,63	14,585	2,977
At.CPT. Omission. PT	Experimental	27	89,00	20,718	3,987
	Control	24	93,94	17,372	3,546
At.CPT. Commission. PT	Experimental	27	<b>99,06</b>	12,572	2,419
	Control	24	96,69	15,695	3,204
At.CPT. Perservation. PT	Experimental	27	<b>93,39</b>	16,946	3,261
	Control	24	93,13	20,709	4,227
At.CPT. Reaction time. PT	Experimental	27	95,11	10,505	2,022
	Control	24	97,69	7,091	1,447
At.CPT. Consist. TR. Std. Error. PT	Experimental	27	88,67	18,016	3,467
	Control	24	94,69	15,788	3,223
At.CPT. Variability. PT	Experimental	27	91,72	18,847	3,627
	Control	23	92,70	20,919	4,362
At.CPT. TR. SE. Block. PT	Experimental	27	87,33	17,155	3,301
	Control	24	97,56	16,714	3,412
At.VP.BS. PT	Experimental	27	95,19	9,249	1,780
	Control	24	95,42	8,587	1,753
At.VP.CL. PT	Experimental	27	<b>119,63</b>	19,361	3,726
	Control	24	119,58	18,528	3,782
Me. TOMAL. PT	Experimental	27	102,96	8,578	1,651
	Control	24	109,38	8,118	1,657
Me. Dígits. PT	Experimental	27	<b>110,37</b>	15,313	2,947
	Control	24	101,25	14,689	2,998
Ca %e	Experimental	27	81,2963	15,54105	2,99088
	Control	24	81,6667	15,08430	3,07907

**Nota.** N = Número total de la muestra. In.KBIT.V.= Inteligencia KBIT Vocabulario. PT = Puntuación Típica. AT = Atención. CPT = Conners Continuous Performance Test. BS = Búsqueda de Símbolos. CI = Coeficiente Intelectual. Me = Memoria. Ca = Cálculo.

No obstante, para ninguna de ellas la diferencia es estadísticamente significativa. Afirmación que se comprueba mediante la Prueba de Levene: permite que se asuman varianzas iguales entre los dos grupos independientes.

**Tabla 23.** Prueba de varianzas (similitud entre grupos).

Prueba T de muestras independientes		Prueba de Levene de igualdad de varianzas	
		F	Sig.
KBIT.V.	Se asumen varianzas iguales	0,634	0,430
KBIT.M.	Se asumen varianzas iguales	0,568	0,455
KBIT.CI c.	Se asumen varianzas iguales	0,362	0,550
At.C . Detection	Se asumen varianzas iguales	3,093	0,085
At.C . Omission.	Se asumen varianzas iguales	1,097	0,300
At.C . Commission.	Se asumen varianzas iguales	1,064	0,307
At.C . Perservation.	Se asumen varianzas iguales	0,293	0,591
At.C . Reaction time.	Se asumen varianzas iguales	3,395	0,071
At.C . Consist. TR. Std. Error.	Se asumen varianzas iguales	0,548	0,463
At.C . Variability.	Se asumen varianzas iguales	0,052	0,820
At.C . TR. SE. Block.	Se asumen varianzas iguales	0,072	0,789
At.VP.BS.	Se asumen varianzas iguales	0,180	0,673
At.VP.CL.	Se asumen varianzas iguales	0,027	0,870
Me. TOMAL.	Se asumen varianzas iguales	0,049	0,826
Me. Dígits.	Se asumen varianzas iguales	0,115	0,736
Ca %e	Se asumen varianzas iguales	0,056	0,814

**Nota.** In.KBIT.V.= Inteligencia KBIT Vocabulario. PT = Puntuación Típica. AT = Atención. CPT = Connors Continuous Performance Test. BS = Búsqueda de Símbolos. CI = Coeficiente Intelectual. Me = Memoria. Ca = Cálculo. F = F-test (razón de varianzas). Sig. = Significancia estadística.

**Final: posterior a la Intervención**

A fin de determinar el efecto de la intervención y comprobar si el aumento de la práctica diaria de AF del grupo experimental, el cual pasa de 3h a la semana a 8h, tiene incidencia en el rendimiento académico y en la mejora de las capacidades evaluadas previamente a la intervención (atención, memoria y cálculo), se realizan, 18 meses después, nuevamente las pruebas estadísticas, en la Media, máximos/mínimos y desviación de cada una de las pruebas que, en este segundo momento, miden las variables del estudio.

Los dos grupos obtienen resultados parecidos, pero no tan similares como antes de iniciar la intervención. Un dato descriptivo relevante es que, si antes el grupo experimental únicamente obtenía mejor puntuación en 6 de 16 pruebas respecto al grupo control, en esta segunda batería el grupo experimental obtiene mejores resultados en 5 de un total de 6 pruebas (destacadas en negrita). Son ligeramente mejores en la subprueba del CARAS-R (aciertos) y en la subprueba de MVR (memoria a largo plazo); son más que ligeramente mejores en la subprueba de MVR (memoria a corto plazo); y son significativamente mejores en las subpruebas del CARAS-R (Errores y Índice de Control de la Impulsividad).

Únicamente es mejor (aunque no significativa) la puntuación del grupo control respecto al experimental en la prueba de la ECMB que mide la capacidad de cálculo. El grupo control obtiene un 85,7% de porcentaje de aciertos y el experimental un 85,5%. La diferencia no es estadísticamente significativa.

**Tabla 24.** Descriptivos de la muestra de estudio (post).

DESCRIPTIVOS: Estadísticas de grupo					
Tipo.Grupo Muestra		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
2.CARAS-PT-A	Experimental	26	<b>106,84</b>	16,375	3,211
	Control	24	105,93	27,962	5,708
2.CARAS. E	Experimental	26	<b>1,9615</b>	2,42455	0,47549
	Control	24	5,2917	6,63639	1,35465
2.CARAS-PT-ICI	Experimental	26	<b>102,52</b>	10,793	2,117
	Control	24	89,95	23,272	4,750
2.Me.Caras. M/C PT	Experimental	25	<b>105,80</b>	16,875	3,375
	Control	24	99,38	16,896	3,449
2.Me.Caras. M/LL PT	Experimental	25	<b>114,60</b>	17,907	3,581
	Control	24	111,67	19,927	4,068

2.Ca.ECMB %	Experimental	26	85,5155	9,55353	1,87360
	Control	24	85,7270	9,50440	1,94008

**Nota.** N = Número total de la muestra. 2 = test 2 (post). PT = Puntuación Típica. A = Aciertos. E = Errores. ICI = Índice Control Impulsividad. Me = Memoria. M/C = Memoria corto plazo. M/LL = Memoria Largo plazo. Ca = Cálculo. ECMB = Evaluación Conocimiento Básico.

Se obtiene que la diferencia es estadísticamente significativa (Prueba de Levene), y que se asumen varianzas diferentes entre los dos grupos independientes en dos de las subpruebas que evalúan la capacidad de atención (Errores y ICI).

**Tabla 25.** Prueba de varianzas (diferencias post intervención entre grupos).

Prueba T de muestras independientes		Prueba de Levene de igualdad de varianzas	
		F	Sig.
2.CARAS-PT-A	Se asumen varianzas iguales	3,354	0,073
2.At.Caras. E	Se asumen varianzas iguales	4,109	0,048*
2.CARAS-PT-ICI	Se asumen varianzas iguales	5,159	0,028*
2.Me.Caras. M/C PT	Se asumen varianzas iguales	0,154	0,697
2.Me.Caras. M/LL PT	Se asumen varianzas iguales	0,712	0,403
2.Ca.ECMB %e	Se asumen varianzas iguales	0,083	0,774

**Nota.** N = Número total de la muestra. 2 = test 2 (post). PT = Puntuación Típica. A = Aciertos. E = Errores. ICI = Índice Control Impulsividad. Me = Memoria. M/C = Memoria corto plazo. M/LL = Memoria Largo plazo. Ca = Cálculo. ECMB = Evaluación Conocimiento Básico.

### ***Práctica de actividad física (horas/semana) de cada participante***

El total de la muestra (n=51) realiza el mínimo de 3 horas de AF a la semana dentro de la jornada lectiva de la escuela porque así lo establece el proyecto educativo del centro. No obstante, el grupo experimental se diferencia porque, además de estas 3 horas, realiza una AF diaria adicional (de lunes a viernes), por lo que pasa de 3 a 8 horas de AF/semana.

A continuación, se muestra una tabla descriptiva que incluye 7 columnas de información: N<sup>o</sup>, para ordenar la muestra y referirse a cada sujeto con un número y no por su nombre; T.GM, para explicar el Tipo de Grupo de Muestra mediante el número 1 (grupo experimental) o el 2 (control); H/s AF Intervención, para contabilizar las 5 horas adicionales que el TGM "1" realiza; H/s AF Escuela, para sumar las 3 que propone el centro más las 5 que se aplican sobre el grupo experimental; AF.Quest (h/s) No escolar,

para añadir las horas de AF que cada sujeto realiza fuera del centro (en horario extraescolar); TOTAL AF/s, para saber después de todas las posibles sumas, cuántas horas de AF a la semana realiza cada sujeto, sea del grupo experimental o del grupo control.

**Tabla 26.** Descriptivos de las Horas/AF/semana de cada participante.

Nº	T.GM	H/s EF	H/s AF. Intervención	Total H/s AF. Escuela	AF. Quest (h/s) No escolar	TOTAL AF/s
1	1	3	5	8	3	11
2	1	3	5	8	3	11
3	1	3	5	8	3	11
4	1	3	5	8	6	14
5	1	3	5	8	4	12
6	1	3	5	8	3	11
7	1	3	5	8	2	10
8	1	3	5	8	3	11
9	1	3	5	8	3	11
10	1	3	5	8	7	15
11	1	3	5	8	6	14
12	1	3	5	8	6	14
13	1	3	5	8	6	14
14	1	3	5	8	5	13
15	1	3	5	8	6	14
16	1	3	5	8	6	14
17	1	3	5	8	3	11
18	1	3	5	8	7	15
19	1	3	5	8	3	11
20	1	3	5	8	3	11
21	1	3	5	8	3	11
22	1	3	5	8	3	11
23	1	3	5	8	3	11
24	1	3	5	8	6	14
25	1	3	5	8	6	14
26	1	3	5	8	2	10
27	1	3	5	8	6	14
28	2	3	0	3	5	8
29	2	3	0	3	3	6
30	2	3	0	3	1	4
31	2	3	0	3	3	6
32	2	3	0	3	3	6
33	2	3	0	3	0	3
34	2	3	0	3	4	7
35	2	3	0	3	3	6
36	2	3	0	3	4	7
37	2	3	0	3	0	3

38	2	3	0	3	3	6
39	2	3	0	3	4	7
40	2	3	0	3	1	4
41	2	3	0	3	3	6
42	2	3	0	3	3	6
43	2	3	0	3	4	7
44	2	3	0	3	4	7
45	2	3	0	3	3	6
46	2	3	0	3	1	4
47	2	3	0	3	0	3
48	2	3	0	3	5	8
49	2	3	0	3	4	7
50	2	3	0	3	7	10
51	2	3	0	3	1	4

**Nota.** N = Número de la muestra. T.GM = Tipo de Grupo de la Muestra (1 = experimental; 2 = control). H/s EF = Horas a la semana de práctica de Educación Física en horario escolar. H/s AF. Intervención = Horas a la semana de Actividad física de la intervención (dentro del horario escolar). Total H/s AF. = Total de horas de actividad física dentro del horario escolar. AF. Quest (h/s) No escolar = Actividad física que realizan fuera del horario escolar (extraescolares deportivos). TOTAL AF/s = Total de actividad física en horas a la semana.

De acuerdo con esta tabla, es preciso destacar que el promedio de AF/semana (sumando las 3 horas de EF de la escuela y la que cada sujeto realiza fuera de la escuela), del total de la muestra (n=51) es, sin contabilizar las horas adicionales de la intervención sobre el grupo experimental, de 6,64 horas/semana de práctica de AF.

Este promedio hace que la muestra de estudio se sitúe de punto de partida directamente en la categoría de Alta Frecuencia de AF (+6h/s) expuesta en el estudio 1.

A esta práctica de AF hay que añadir la intervención propuesta para el grupo experimental. Supone, para dicho grupo, un incremento de 5h a la semana de AF (1h por día). Esto hace que se diferencie del grupo control, pues ya no se sitúa en un promedio de práctica de AF (h/s) de 6,64, sino de 12,33 horas de AF a la semana.

El elevado promedio de la muestra como punto de partida puede ser una limitación para el estudio y por ello es presentada en la discusión.

### ***Rendimiento académico***

La escuela GPV facilita la información cuantitativa que corresponde a la evaluación normativa que todos los centros de la escolarización obligatoria deben presentar al finalizar cada curso académico al Departamento de Educación. De todas las áreas de

conocimiento que se evalúan en el centro, decidimos fijarnos en las matemáticas, la lengua y las ciencias, por ser las tres áreas que, durante los 18 meses de la intervención de este estudio, el grupo experimental realizó de manera diferente, en cuanto al método (aprendizaje físicamente activo) de la forma cómo las realizó el grupo control (aprendizaje escolar estándar).

A continuación, en una tabla resumen mostramos las cualificaciones finales de 1º de educación primaria (Expediente Año 1) y del 2º curso (Expediente Año 2), de cada uno de los alumnos que forman la muestra del grupo experimental (n=27) y en color gris de la muestra que forma el grupo control (n=24). El promedio final de las tres áreas en el año 1 para el grupo experimental es de 7,68 sobre 10 y el promedio del año 2 es de 7,61; para el grupo control el promedio del año 1 es de 7,92 sobre 10 y de 7,20 para el año 2. Estos resultados descriptivos permiten comprobar que el grupo experimental finaliza el primer año (después de 6 meses de intervención) con un promedio inferior (7,68) al del grupo control (7,92); y que, no obstante, finaliza el segundo año (después de 18 meses de intervención) con un promedio superior (7,61) al del grupo control (7,20).

**Tabla 27.** Descriptivos y promedio del rendimiento académico de cada participante (Curso académico Año 1).

<b>Expediente Año 1</b>	<b>Matemáticas</b>	<b>Lenguaje</b>	<b>Ciencias</b>	<b>Expediente Año 2</b>	<b>Matemáticas</b>	<b>Lenguaje</b>	<b>Ciencias</b>
Experimental 1	7,63	6,00	7,38	Experimental 1	6,80	6,90	6,90
Experimental 2	8,10	8,00	7,13	Experimental 2	8,90	8,10	8,10
Experimental 3	7,10	6,00	7,20	Experimental 3	6,30	6,70	6,50
Experimental 4	7,50	8,00	7,43	Experimental 4	8,10	7,60	7,40
Experimental 5	8,85	6,00	6,00	Experimental 5	6,80	6,90	7,00
Experimental 6	6,33	6,00	6,38	Experimental 6	5,60	5,30	6,40
Experimental 7	9,00	8,00	7,50	Experimental 7	9,10	8,50	8,20
Experimental 8	7,00	8,00	7,15	Experimental 8	7,90	7,20	7,60
Experimental 9	8,00	8,00	8,25	Experimental 9			
Experimental 10	6,88	8,00	6,25	Experimental 10	6,50	6,70	6,90
Experimental 11	10,00	9,00	9,23	Experimental 11	9,90	9,00	8,50
Experimental 12	7,13	8,00	7,50	Experimental 12	7,80	7,70	8,00
Experimental 13	9,05	8,00	7,63	Experimental 13	8,40	7,60	8,10
Experimental 14	9,05	8,00	7,00	Experimental 14	8,50	7,80	7,70
Experimental 15	8,13	6,00	7,15	Experimental 15	7,80	6,80	7,30
Experimental 16	9,13	9,00	9,20	Experimental 16	8,80	8,60	8,10
Experimental 17	8,50	8,00	7,50	Experimental 17	8,30	7,50	8,20
Experimental 18	9,13	8,00	9,13	Experimental 18	9,20	8,00	8,00
Experimental 19	7,13	8,00	7,20	Experimental 19	7,50	7,00	7,50
Experimental 20	9,13	9,00	9,13	Experimental 20	9,00	8,10	8,00
Experimental 21	6,25	6,00	6,10	Experimental 21	6,60	6,60	7,60
Experimental 22	8,10	8,00	7,13	Experimental 22	8,00	7,30	7,70
Experimental 23	6,10	6,00	6,35	Experimental 23	7,80	7,20	8,50

Experimental 24	8,93	8,00	7,73	Experimental 24	7,00	6,60	6,80
Experimental 25	9,10	8,00	6,63	Experimental 25	7,00	6,50	7,00
Experimental 26	9,07	8,00	7,38	Experimental 26	9,00	7,60	7,90
Experimental 27	7,73	8,00	6,38	Experimental 27	7,30	7,20	8,60
<b>MEDIA ÁREAS</b>	<b>8,08</b>	<b>7,59</b>	<b>7,37</b>	<b>MEDIA ÁREAS</b>	<b>7,84</b>	<b>7,35</b>	<b>7,63</b>
<b>MEDIA TOTAL</b>	<b>7,68</b>			<b>MEDIA TOTAL</b>		<b>7,61</b>	

Tabla 28. Descriptivos y promedio del rendimiento académico de cada participante (Curso académico Año 2).

Expediente Año 1	Matemáticas	Lengua	Ciencias	Expediente Año 2	Matemáticas	Lengua	Ciencias
Control 1	8,25	7,20	7,50	Control 1	6,80	6,30	6,70
Control 2	8,25	7,80	8,25	Control 2	7,10	7,00	7,00
Control 3	8,75	9,00	9,00	Control 3	8,50	7,60	8,20
Control 4	8,25	8,20	8,25	Control 4	8,60	7,80	8,00
Control 5	8,50	8,00	8,50	Control 5	8,50	7,20	7,80
Control 6	7,00	6,60	8,50	Control 6	6,40	5,90	6,20
Control 7	7,00	5,80	7,00	Control 7	6,00	6,00	6,60
Control 8	8,75	8,20	9,00	Control 8	8,70	8,50	8,50
Control 9	8,25	8,20	8,25	Control 9	8,60	7,10	7,60
Control 10	7,00	7,20	7,00	Control 10	5,80	6,50	6,60
Control 11	8,25	8,80	8,50	Control 11	8,30	8,10	7,80
Control 12	8,75	8,00	8,50	Control 12	7,10	6,70	7,00
Control 13	6,00	6,20	7,00	Control 13	6,00	6,20	6,60
Control 14	8,50	8,00	8,50	Control 14	8,30	8,10	7,40
Control 15	8,50	8,60	8,50	Control 15	7,70	8,00	7,80
Control 16	8,50	7,60	8,25	Control 16	8,10	7,20	7,60
Control 17	8,75	8,20	8,75	Control 17	7,60	8,10	7,60
Control 18	7,50	6,00	7,00	Control 18	5,90	5,90	5,90
Control 19	8,50	8,00	7,50	Control 19	7,30	6,20	6,80
Control 20	7,00	6,60	7,50	Control 20	6,70	5,80	6,40
Control 21	7,50	7,20	8,25	Control 21	5,80	5,80	6,40
Control 22	8,25	6,80	7,50	Control 22	7,20	7,50	7,40
Control 23	8,25	8,00	8,25	Control 23	6,70	6,60	6,60
Control 24	8,75	9,00	9,00	Control 24	8,80	8,60	8,80
<b>MEDIA ÁREAS</b>	<b>8,04</b>	<b>7,63</b>	<b>8,09</b>	<b>MEDIA ÁREAS</b>	<b>7,35</b>	<b>7,03</b>	<b>7,22</b>
<b>MEDIA TOTAL</b>		<b>7,92</b>		<b>MEDIA TOTAL</b>		<b>7,20</b>	

### **Estadística de Prueba T para muestras independientes**

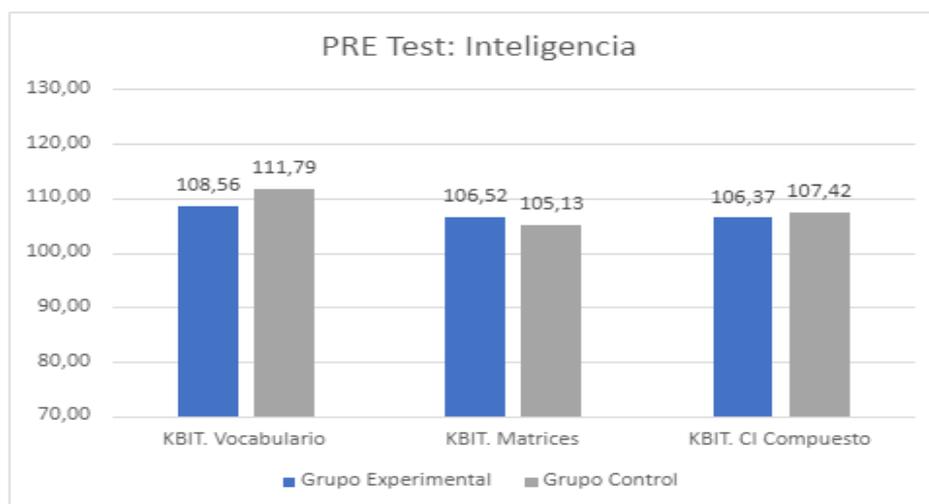
Para el análisis de la comparación entre el momento previo a la intervención y el posterior de cada grupo, se parte de los resultados mostrados en la estadística descriptiva (inicial y final), para comprobar si los grupos muestran diferencias significativas antes de iniciar la intervención. Esta prueba estadística pretende determinar que en un momento previo los grupos son estadísticamente iguales y así poder ratificar las hipótesis nulas (H1, H2, H3, H4).

Los resultados muestran que antes de iniciar la intervención, la capacidad de inteligencia evaluada a partir de la prueba del KBIT (verbal, no verbal y compuesta) es muy similar entre los participantes de cada grupo. Hay que destacar que la media del compuesto (CI compuesto) de ambos es >105 PT, por lo que el punto de partida, en cuanto a inteligencia general de la muestra, se sitúa en la franja “alta” del baremo de puntuación están.

**Tabla 29.** Análisis estadístico pre (Inteligencia)

<b>H1: No existe diferencia significativa en la inteligencia general <u>entre</u> grupos antes de la intervención</b>			
PRE TEST	Variable 0: INTELIGENCIA (K-BIT. Kaufman)		
	<b>KBIT. Vocabulario</b>	<b>KBIT. Matrices</b>	<b>KBIT. CI Compuesto</b>
G-EXPERIMENTAL (n=27)	108,56	106,52	106,37
G-CONTROL (n=24)	111,79	105,13	107,42
Sig (p < 0,05)	0,430	0,455	0,550

**Nota.** CI = Coeficiente Intelectual.



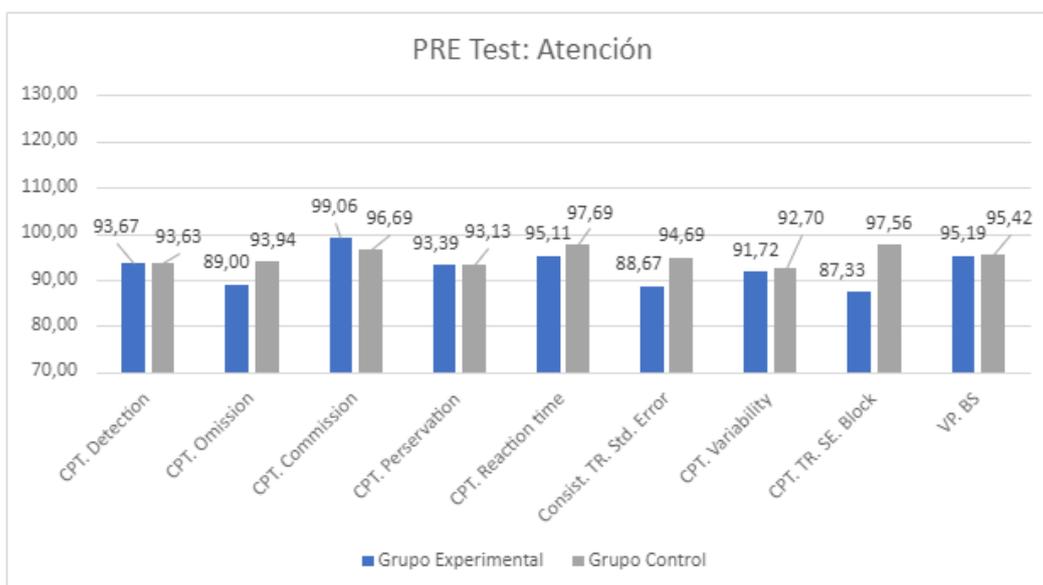
**Gráfico 15.** Análisis estadístico pre (Inteligencia)

Entrando en una de las variables propias del estudio, la capacidad de atención, los resultados estadísticos también muestran grandes semejanzas entre ambos grupos antes de iniciar la intervención. En 6 de 9 subpruebas que miden la capacidad de atención el grupo control obtiene mejor promedio que el experimental, que únicamente es mejor en 3 de 9 subpruebas antes de la intervención. Para ninguna de las 9 subpruebas la diferencia es significativa. El promedio de la capacidad de atención de los dos grupos se sitúa entre PT de 87 y PT de 99, por lo que se sitúan en la franja de normal bajo (85 a 95) y normal (95 a 105), en una evaluación inicial.

**Tabla 30.** Análisis estadístico pre (Atención)

<b>H2: No existe diferencia significativa en la capacidad de Atención <u>entre</u> grupos antes de la intervención</b>			
<b>PRE TEST</b>	Variable 1: ATENCIÓN (CPT; T-WISC-VP)		
	G-EXPERIMENTAL (n=27)	G-CONTROL (n=24)	Sig (p < 0,05)
CPT. Detection	93,67	93,63	0,085
CPT. Omission	89,00	93,94	0,300
CPT. Commission	99,06	96,69	0,307
CPT. Perservation	93,39	93,13	0,591
CPT. Reaction time	95,11	97,69	0,071
Consist. TR. Std. Error	88,67	94,69	0,463
CPT. Variability	91,72	92,70	0,820
CPT. TR. SE. Block	87,33	97,56	0,789
VP. BS	95,19	95,42	0,673

**Nota.** CPT = Conners Continuous Performance Test. VP. BS = Velocidad de Procesamiento Búsqueda de Símbolos.



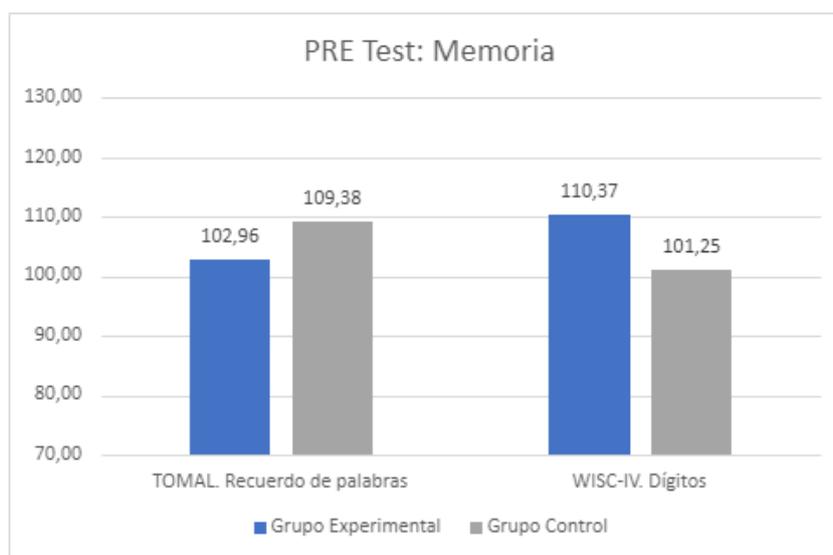
**Gráfico 16.** Análisis estadístico pre (Atención)

La segunda variable de estudio es la capacidad de memoria. Se evalúa en un momento inicial a partir de dos pruebas, el TOMAL (Recuerdo de palabras) y el WISC-IV (Dígitos), para ambas se obtiene una significancia que aprueba la normalidad de varianza de las muestras (Levene), no obstante, las medias son a simple vista diferentes. Por algún motivo previo a la investigación, el grupo experimental obtiene, respecto al grupo control, peor promedio en la subprueba de memoria que trata de recordar palabras y mejor en la subprueba de memoria operativa mediante dígitos y símbolos. El baremo de puntuación se sitúa entre 102 y 110 PT, por lo que ambos grupos se sitúan en la franja normal/alta.

**Tabla 31.** Análisis estadístico pre (Memoria)

<b>H3: No existe diferencia significativa en la capacidad de Memoria <u>entre</u> grupos antes de la intervención</b>			
PRE TEST			
Variable 2: MEMORIA (TOMAL; WISC-IV)			
	TOMAL. Recuerdo de palabras	WISC-IV. Dígitos	
G-EXPERIMENTAL (n=27)	102,96	110,37	
G-CONTROL (n=24)	109,38	101,25	
Sig (p < 0,05)	0,826	0,736	

**Nota.** Sig. = Significancia estadística.



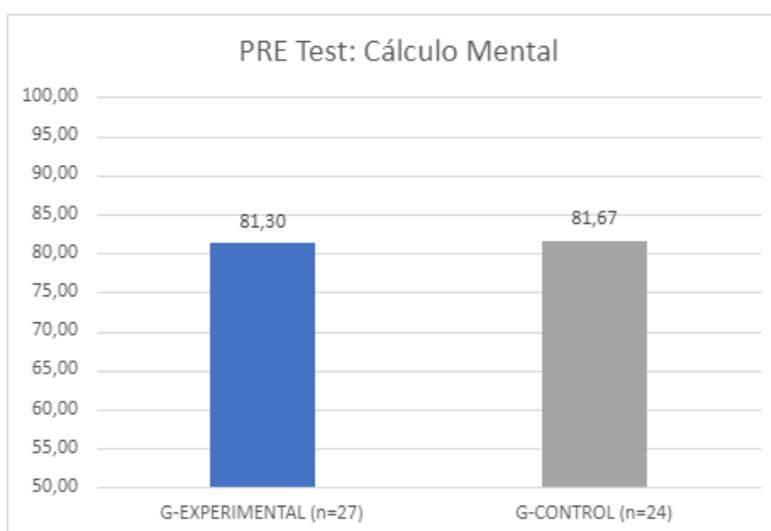
**Gráfico 17.** Análisis estadístico pre (Memoria)

Para la tercera variable del estudio se realiza una comparación inicial entre los promedios obtenidos de cada grupo en una prueba de cálculo mental básico. Los promedios muestran el porcentaje de aciertos: el grupo control obtiene un 81,7% y el

experimental un 81,3%, ambos resultados son muy parecidos y se sitúan en la franja de porcentaje de aciertos alta. No se obtienen diferencias significativas entre grupos.

**Tabla 32.** Análisis estadístico pre (Cálculo)

<b>H4: No existe diferencia significativa en la capacidad de Cálculo <u>entre</u> grupos antes de la intervención</b>	
PRE TEST	Variable 3: CÁLCULO (Operaciones de cálculo mental básico)
	Cálculo Mental (porcentaje de aciertos)
G-EXPERIMENTAL (n=27)	81,30%
G-CONTROL (n=24)	81,67%
Sig (p < 0,05)	0,814



**Gráfico 18.** Análisis estadístico pre (Cálculo)

Los promedios de cada variable evaluada en un momento inicial muestran la viabilidad para poder partir de la hipótesis que la muestra (grupos) tienen una varianza de diferencia dentro de la normalidad estadística que los hace a ambos grupos homogéneos y por lo tanto son comparables.

De acuerdo con el objetivo principal de este estudio (estudio 2), que es poder determinar que sí existe una diferencia significativa entre grupos al finalizar la intervención de 18 meses de AF diaria, se vuelve a realizar una evaluación de las tres variables después del programa de AF diario.

Para la capacidad de atención se realiza el test de CARAS-R en tres subpruebas (Aciertos, Errores y Índice de Control de la Impulsividad). Para todas ellas el grupo experimental obtiene mejores resultados en comparación con el control. Desglosando cada una de ellas se obtienen los siguientes resultados: el promedio de la subprueba “Aciertos” es ligeramente superior (106,84 ; 105,93), pero no es significativo; en cambio,

sí que es significativo ( $p=0,048$ ) en la subprueba “Errores”, en la que el grupo control comete, en promedio, 5,29 errores durante la prueba y el grupo experimental únicamente 1,96; y también es significativa (0,028) la mejora del grupo experimental (102,52) respecto al control (89,95) en la subprueba de “Índice de Control de la Impulsividad”. Para esta última la diferencia permite, además, situar a los grupos en dos franjas diferentes del baremo de puntuación: el grupo control (PT=89,95) en la franja normal bajo (85-95) y el grupo experimental (PT=102,52) en la franja normal (95-105).

Tabla 33. Análisis estadístico post (Atención)

H5: Existe diferencia significativa en la capacidad de Atención entre grupos después de la intervención			
POST TEST	Variable 1: ATENCIÓN (CARAS-R. Percepción de Diferencias)		
	CARAS-R. ICI	CARAS-R. Aciertos	CARAS-R. Errores
G-EXPERIMENTAL (n=27)	102,52	106,84	1,96
G-CONTROL (n=24)	89,95	105,93	5,29
Sig ( $p < 0,05$ )	0,028*	0,073	0,048*

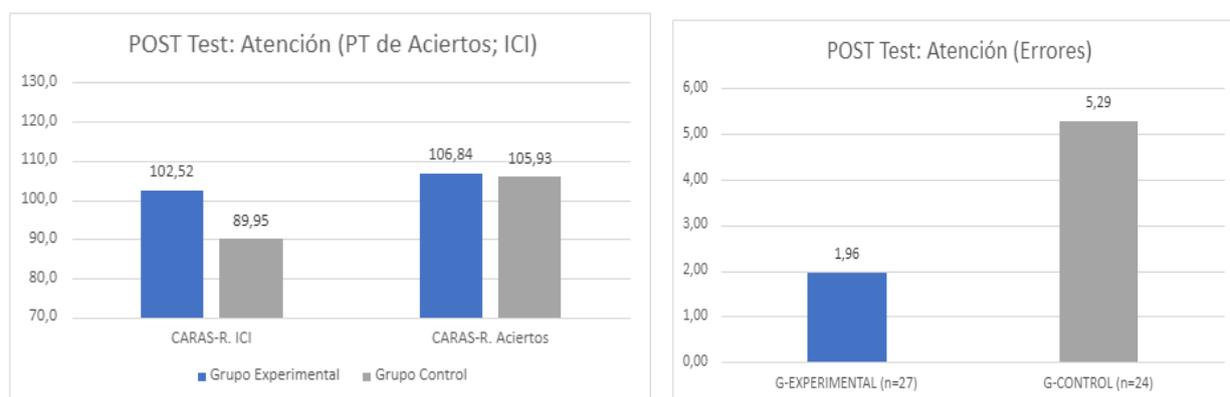


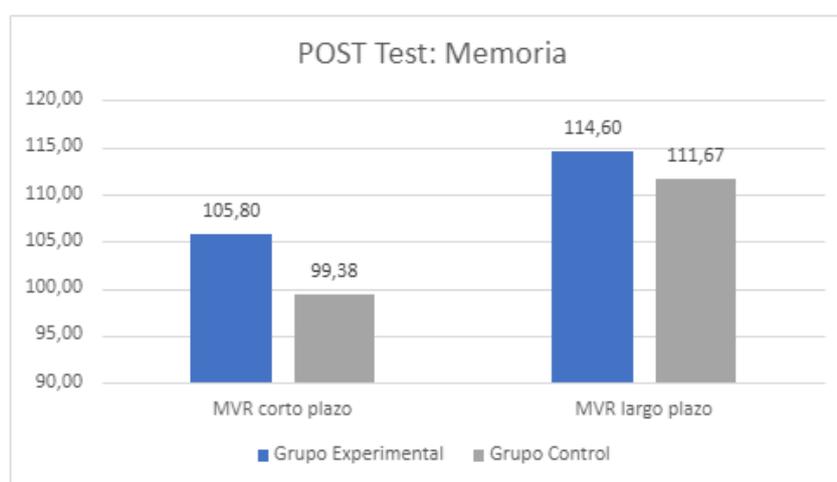
Gráfico 19. Análisis estadístico post (Atención)

La postevaluación de la capacidad de memoria se realiza mediante un test de Memoria Visual de Rostros (MVR) que contempla tanto la habilidad y las estrategias para la memoria operativa o de corto plazo, como la memoria a largo plazo. En ambas, el grupo experimental obtiene mejor promedio de puntuación que el control: en la subprueba de MVR a corto plazo obtiene un promedio de PT de 105,80 (se sitúa en la franja alta) a diferencia del grupo control que obtiene un 99,38 en promedio, que lo sitúa en la franja normal; y en la subprueba de MVR a largo plazo ambos grupos se sitúan en la franja alta, pero el promedio del experimental de 114,60 a diferencia del 111,67 del control, que sitúa al experimental a solo 0,40 de puntuación de situarse en la franja “muy alta (PT >115)” del baremo de puntuación.

**Tabla 34.** Análisis estadístico post (Memoria)

<b>H6: Existe diferencia significativa en la capacidad de Memoria entre grupos después de la intervención</b>		
POST TEST	Variable 2: MEMORIA (Memoria Visual de Rostros (MVR))	
	MVR corto plazo	MVR largo plazo
G-EXPERIMENTAL (n=27)	105,80	114,60
G-CONTROL (n=24)	99,38	111,67
Sig (p < 0,05)	0,697	0,403

**Nota.** MVR = Memoria visual de rostros.



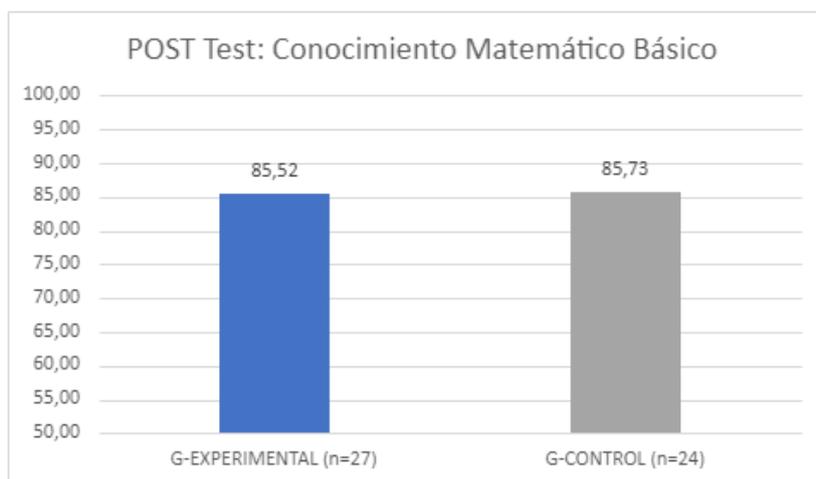
**Gráfico 20.** Análisis estadístico post (Memoria)

Finalmente, para la variable del cálculo se realiza una prueba post mediante la Evaluación del Conocimiento Matemático Básico (ECMB). Ambos grupos obtienen una puntuación que en promedio se sitúa en la franja alta de porcentaje de aciertos: grupo experimental, 85,52% y control un 85,73%. La diferencia en cuanto a las medias de cada grupo no es estadísticamente significativa (tabla 35 y el gráfico 21).

**Tabla 35.** Análisis estadístico post (Cálculo)

<b>H7: Existe diferencia significativa en la capacidad de Cálculo entre grupos después de la intervención</b>	
POST TEST	Variable 3: CÁLCULO (Evaluación del Conocimiento matemático básico de Luria)
G-EXPERIMENTAL (n=27)	85,52
G-CONTROL (n=24)	85,73
Sig (p < 0,05)	0,774

**Nota.** CPT = Conners Continuous Performance Test. VP. BS = Velocidad de Procesamiento Búsqueda de Símbolos.



**Gráfico 21.** Análisis estadístico post (Cálculo)

A partir de estos estadísticos de comparación de muestras independientes en dos momentos de análisis (previo y posterior) de un modelo de estudio longitudinal, únicamente es posible ratificar una hipótesis alternativa de las tres planteadas para el hipotético impacto de la intervención.

A fin de confirmar los resultados que ratifica una de las hipótesis alternativas, concretamente la H5, se realiza la prueba de Levene para la igualdad de varianzas y se obtiene que no se pueden asumir en los resultados de dos subpruebas del test de CARAS-R que evalúa la capacidad de atención, concretamente en los *Errores* ( $p=0,048$ ) que cometen los sujetos de cada grupo y en el *Índice de Control de Impulsividad* ( $p=0,028$ ), por lo que se explica la hipótesis alternativa (H5), pero no la Hipótesis 6 y 7.

Los resultados de este apartado de análisis de comparación de muestras independientes permiten aceptar las tres primeras hipótesis planteadas para el inicio de la intervención (100%), pero, únicamente permiten aceptar una de las tres hipótesis específicas planteadas para después de la intervención (33%); por lo que en total se ratifican 4 de 6 hipótesis (66,67%).

### ***Estadística de Prueba T para muestras emparejadas y relacionadas***

A partir de los resultados descriptivos y de la Prueba T para muestras independientes, el estudio pretende demostrar que el grupo que ha participado en el programa de AF diario mejora en los promedios de puntuación obtenidos de cada una de las pruebas, comparando los resultados del momento previo con el posterior a la intervención.

Para ello se utiliza la prueba estadística T de Student pareada para muestras emparejadas o medidas repetidas para confirmar, en primer lugar, que el rendimiento

cognitivo mejoró desde la pre-intervención hasta la post-intervención en nuestra muestra del grupo experimental, y para probar, en segundo lugar, si la intervención de AF tuvo un mayor efecto sobre el rendimiento cognitivo en comparación con el control. Se trata de una comparación intragrupo que mide si el propio grupo, sea el experimental o el control, obtiene una diferencia significativa entre la evaluación previa y la posterior a la intervención. Pero también nos interesa conocer si la hipotética mejora del grupo experimental es superior a la supuesta también mejora del grupo control.

**Tabla 36.** Estadística comparativa (pre-post del grupo experimental)

<b>RESULTADOS OBJETIVO 2</b>				
<b>G-Experimental (Pre-Post)</b>				
PRUEBA T - COMPARACIÓN DE MEDIAS DE MUESTRAS EMPAREJADAS				
Prueba T (diferencias Intragrupo entre dos momentos de evaluación)				
Variables emparejadas (Test 1 y Test 2)		Evaluación 1 (pre)	Evaluación 2 (post)	Sig ( $p < 0,05$ )
Par 1	T1-CPT. Detection PT	93,13	106,84	0,997
	T2-CARAS-PT-A			
Par 2	T1-CPT.Prom.At.In.PT	92,06	102,52	0,006
	T2-CARAS-PT-ICI			
Par 3	T1-VP.BS. PT	94,81	106,84	0,850
	T2-CARAS-PT-A			
Par 4	T1-CPT.TR.SE.Block. PT	86,44	106,84	0,626
	T2-CARAS-PT-A			
Par 5	T1-TOMAL. PT	102,80	105,80	0,246
	T2-MVR c/p PT			
Par 6	T1-TOMAL. PT	102,80	114,60	0,165
	T2-MVR l/p PT			
Par 7	T1-Dígitos. PT	110,40	105,80	0,859
	T2-MVR c/p PT			
Par 8	T1-Dígitos. PT	110,40	114,60	0,959
	T2-MVR l/p PT			
Par 9	T1-Cálculo	81,73	85,52	0,008
	T2-ECMB			
	Promedio	97,17	105,48	0,010

**Nota.** T1 = Test 1. T2 = Test 2. PT = Puntuación Típica. A = Aciertos. ICI = Índice Control Impulsividad. Prom.At.In = Promedio Atención Inteligencia. CPT = Conners Continuous Performance Test. VP. BS = Velocidad de Procesamiento Búsqueda de Símbolos. MVR = Memoria visual de rostros. C/p = Corto plazo. l/p = largo plazo. ECMB = Evaluación Conocimiento Matemático Básico.

**Tabla 37.** Estadística comparativa (pre-post del grupo control)

RESULTADOS OBJETIVO 2 G-Control (Pre-Post)	PRUEBA T - COMPARACIÓN DE MEDIAS DE MUESTRAS EMPAREJADAS Prueba T (diferencias Intragrupo entre dos momentos de evaluación)			
	Variables emparejadas (Test 1 y Test 2)	Evaluación 1 (pre)	Evaluación 2 (post)	Sig (p<0,05)
Par 1	T1-CPT. Detection PT T2-CARAS-PT-A	93,63	105,93	0,633
Par 2	T1-CPT.Prom.At.In.PT T2-CARAS-PT-ICI	94,74	89,95	0,879
Par 3	T1-VP.BS. PT T2-CARAS-PT-A	95,42	105,93	0,290
Par 4	T1-CPT.TR.SE.Block. PT T2-CARAS-PT-A	97,56	105,93	0,961
Par 5	T1-TOMAL. PT T2-MVR c/p PT	109,38	99,38	0,930
Par 6	T1-TOMAL. PT T2-MVR l/p PT	109,38	111,67	0,133
Par 7	T1-Dígitos. PT T2-MVR c/p PT	101,25	99,38	0,404
Par 8	T1-Dígitos. PT T2-MVR l/p PT	101,25	111,67	0,769
Par 9	T1-Cálculo T2-ECMB	81,67	85,73	0,023
	Promedio	98,25	101,73	0,215

**Nota.** T1 = Test 1. T2 = Test 2. PT = Puntuación Típica. A = Aciertos. ICI = Índice Control Impulsividad. Prom.At.In = Promedio Atención Inteligencia. CPT = Conners Continuous Performance Test. VP. BS = Velocidad de Procesamiento Búsqueda de Símbolos. MVR = Memoria visual de rostros. C/p = Corto plazo. l/p = largo plazo. ECMB = Evaluación Conocimiento Matemático Básico.

Existe mejora entre la Evaluación 1 (pre) y la Evaluación 2 (post) cuando la puntuación de la segunda es superior. El promedio de las 9 parejas (Par 1, 2, 3...) es para ambos grupos inferior en la primera evaluación en comparación a la segunda, por lo que es evidente que existe una mejora. No obstante, el resultado que es interesante conocer, es si la mejora es o no significativa y si ambos grupos han mejorado por igual o alguno más que el otro.

**Tabla 38.** Estadística comparativa de la mejora pre-post de cada grupo

RESULTADOS OBJETIVO 2	COMPARACIÓN DE LA MEJORA (T2-T1) DE CADA GRUPO		
	G-Experimental	G-Control	Diferencia entre grupos
Batería de pruebas			
Par 1	13,71	12,30	1,404
Par 2	10,46	-4,79	15,250

Par 3	12,04	10,51	1,522
Par 4	20,40	8,37	12,034
Par 5	3,00	-10,00	13,000
Par 6	11,80	2,29	9,508
Par 7	-4,60	-1,88	-2,725
Par 8	4,20	10,42	-6,217
Par 9	3,78	4,06	-0,276
Promedio	8,31	3,48	4,833
Sig.	<b>0,010**</b>	0,215	0,097

**Nota.** T1 = Test 1. T2 = Test 2. Par= Pareja de pruebas de la comparación estadística.

Podemos observar como la diferencia entre la puntuación de la Evaluación 1 y la obtenida en la Evaluación 2, es significativa para el G-Experimental ( $p=0,010$ ) y no lo es para el G-Control ( $p=0,215$ ). El promedio de la diferencia entre ambos grupos es de 4,833 puntos. Que el G-Experimental haya obtenido este valor de mejora es un gran logro para la investigación, no obstante, dado que tal valor no alcanza el nivel de significatividad por algunos decimales ( $p=0,097$ ), no podemos determinar que exista una relación significativa entre participar en la intervención experimental y la mejora, en promedio, de las pruebas neuropsicológicas utilizadas para la evaluación de las capacidades de atención, memoria y cálculo.

Para la concreción de estos logros, a continuación, se muestran los resultados desglosados para cada capacidad evaluada (con las respectivas parejas de análisis) y para cada grupo de estudio por separado.

Analizamos la capacidad de atención como primera variable, para la que, ambos grupos, obtienen mejores puntuaciones 18 meses después. No obstante, de acuerdo con la "H8: Existe diferencia significativa entre el PRE y el POST intervención y la mejora en la capacidad de Atención", únicamente podemos confirmar que la hipótesis alternativa es totalmente cierta en una de las variables emparejadas: de las subpruebas del CPT que miden la atención y la inatención, el grupo experimental obtiene un 92,06 y en comparación con la evaluación de la atención/inatención posterior a la intervención, realizada a partir de la subprueba del CARAS-R, ICI, se obtiene un promedio de 102,52, que, además revela una significancia de 0,006 y una correlación de nivel 2 con valor 0,528\*\*. Este resultado es especialmente interesante porque, en cambio, el grupo control empeora sus resultados: obtiene un promedio de la prueba inicial (CPT) de 94,74 y un promedio de la prueba final (CARAS-R, ICI) de 89,95.

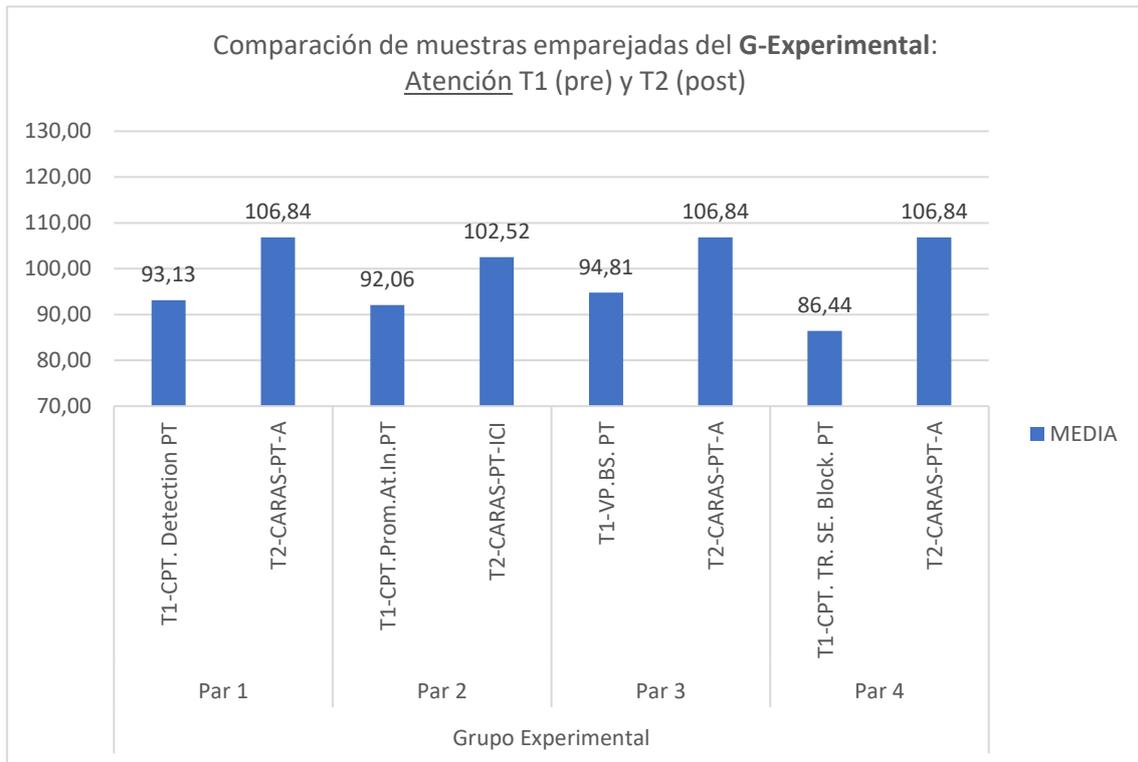
Sobre el resto de las pruebas emparejadas ambos grupos mejoran sus medias, pero no de manera significativa. Para poder observar estos resultados se elabora la siguiente tabla.

**Tabla 39.** Comparación de medias de las variables emparejadas (Atención).

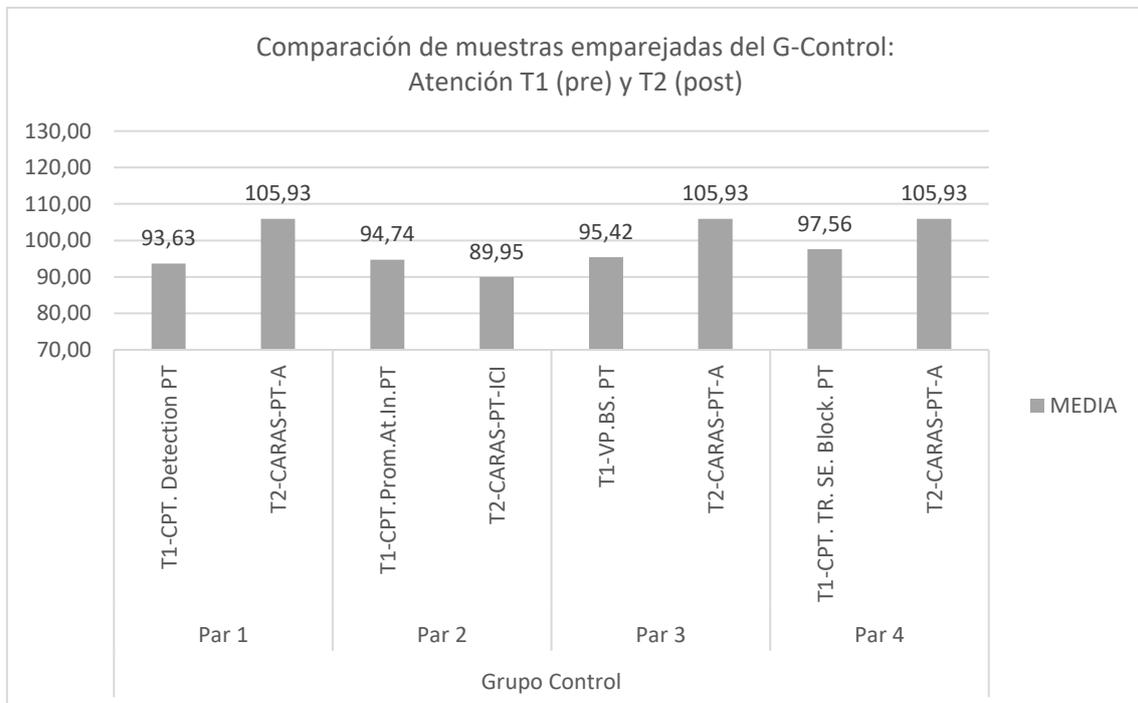
VARIABLE DEPENDIENTE: ATENCIÓN					
<b>H8: Existe diferencia significativa entre el PRE y el POST intervención y la mejora en la capacidad de Atención.</b>					
GRUPOS MUESTRA	VARIABLES EMPAREJADAS	MEDIA	CORRELACIÓN	Sig. (p < 0,05)	
Grupo Experimental	Par 1	T1-CPT. Detection PT	93,13	0,001	0,997
		T2-CARAS-PT-A	106,84		
	Par 2	T1-CPT.Prom.At.In.PT	92,06	0,528**	0,006**
		T2-CARAS-PT-ICI	102,52		
	Par 3	T1-VP.BS. PT	94,81	-0,039	0,850
		T2-CARAS-PT-A	106,84		
	Par 4	T1-CPT. TR. SE. Block. PT	86,44	-0,100	0,626
		T2-CARAS-PT-A	106,84		
Grupo Control	Par 1	T1-CPT. Detection PT	93,63	0,103	0,633
		T2-CARAS-PT-A	105,93		
	Par 2	T1-CPT.Prom.At.In.PT	94,74	0,033	0,879
		T2-CARAS-PT-ICI	89,95		
	Par 3	T1-VP.BS. PT	95,42	0,225	0,290
		T2-CARAS-PT-A	105,93		
	Par 4	T1-CPT. TR. SE. Block. PT	97,56	-0,011	0,961
		T2-CARAS-PT-A	105,93		

**Nota.** T1 = Test 1. T2 = Test 2. PT = Puntuación Típica. A = Aciertos. ICI = Índice Control Impulsividad. Prom.At.In = Promedio Atención Inteligencia. CPT = Conners Continuous Performance Test. VP. BS = Velocidad de Procesamiento Búsqueda de Símbolos.

Y a continuación, en gráficos, las medias de las variables emparejadas de cada grupo por separado.



**Gráfico 23.** Comparación de medias de las variables emparejadas del grupo experimental (Atención).



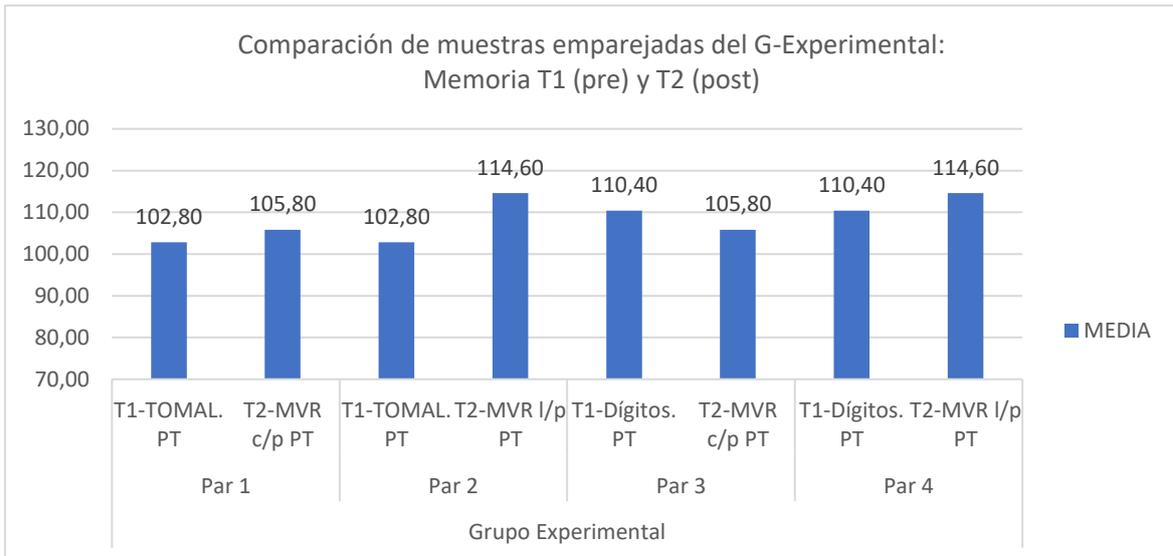
**Gráfico 22.** Comparación de medias de las variables emparejadas del grupo control (Atención).

De la capacidad de memoria se realizan cuatro emparejamientos más. En ellos se comparan por separado las subpruebas de la MVR, a corto y a largo plazo, con cada una de las dos pruebas evaluadas en el momento inicial: el TOMAL (Recuerdo de palabras) y el WISC-IV (Dígitos). En tres de las cuatro comparaciones, el grupo experimental obtiene mejora en el momento posterior a la intervención; en cambio, el grupo control únicamente obtiene mejora en dos de cuatro. El porcentaje de mejora entre evaluación previa y posterior del grupo experimental es de 75% y el del grupo control del 50%. No obstante, ni las mejoras del grupo experimental ni las del grupo control son estadísticamente significativas. A continuación, se muestran los resultados de cada variable emparejada y seguidamente los gráficos de cada grupo.

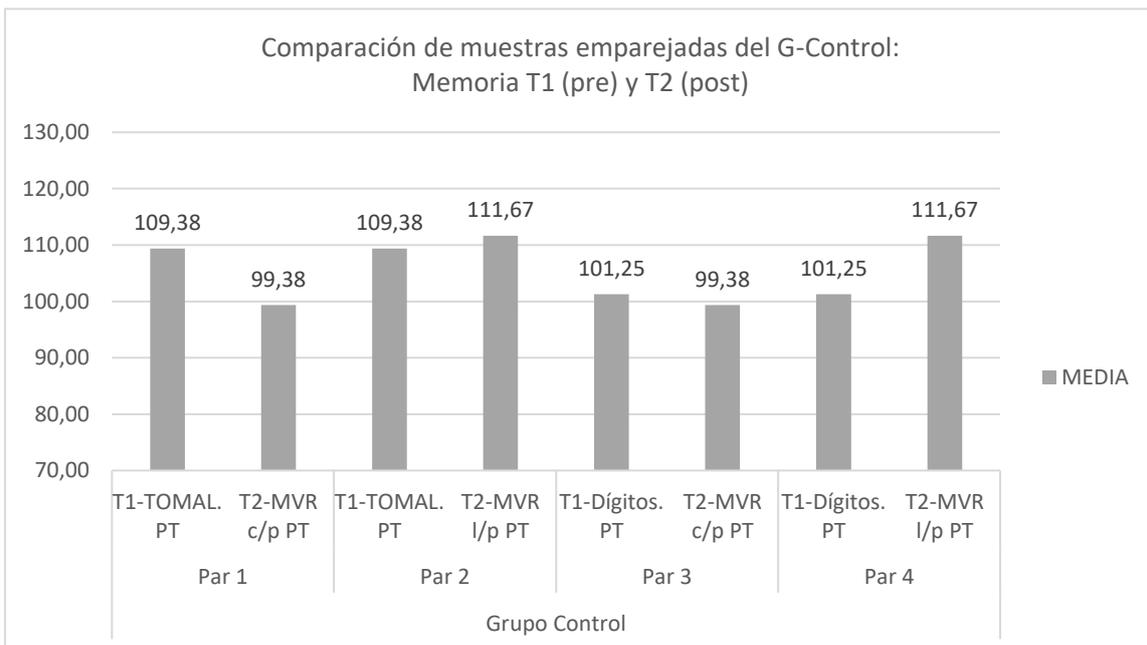
**Tabla 40.** Comparación de medias de las variables emparejadas (Memoria).

VARIABLE DEPENDIENTE: MEMORIA					
H9: Existe diferencia significativa entre el PRE y el POST intervención y la mejora en la capacidad de Memoria.					
GRUPOS MUESTRA		VARIABLES EMPAREJADAS	MEDIA	CORRELACIÓN	Sig. ( $p < 0,05$ )
<b>Grupo Experimental</b>	Par 1	T1-TOMAL. PT	102,80	0,241	0,246
		T2-MVR c/p PT	105,80		
	Par 2	T1-TOMAL. PT	102,80	-0,287	0,165
		T2-MVR l/p PT	114,60		
	Par 3	T1-Dígitos. PT	110,40	-0,038	0,859
		T2-MVR c/p PT	105,80		
	Par 4	T1-Dígitos. PT	110,40	-0,011	0,959
		T2-MVR l/p PT	114,60		
<b>Grupo Control</b>	Par 1	T1-TOMAL. PT	109,38	-0,019	0,930
		T2-MVR c/p PT	99,38		
	Par 2	T1-TOMAL. PT	109,38	-0,316	0,133
		T2-MVR l/p PT	111,67		
	Par 3	T1-Dígitos. PT	101,25	0,178	0,404
		T2-MVR c/p PT	99,38		
	Par 4	T1-Dígitos. PT	101,25	-0,063	0,769
		T2-MVR l/p PT	111,67		

**Nota.** T1 = Test 1. T2 = Test 2. PT = Puntuación Típica. A = Aciertos. ICI = Índice Control Impulsividad. Prom.At.In = Promedio Atención Inteligencia. CPT = Conners Continuous Performance Test. VP. BS = Velocidad de Procesamiento Búsqueda de Símbolos. MVR = Memoria visual de rostros. C/p = Corto plazo. l/p = largo plazo.



**Gráfico 24.** Comparación de medias de las variables emparejadas del grupo experimental (Memoria).



**Gráfico 25.** Comparación de medias de las variables emparejadas del grupo control (Memoria).

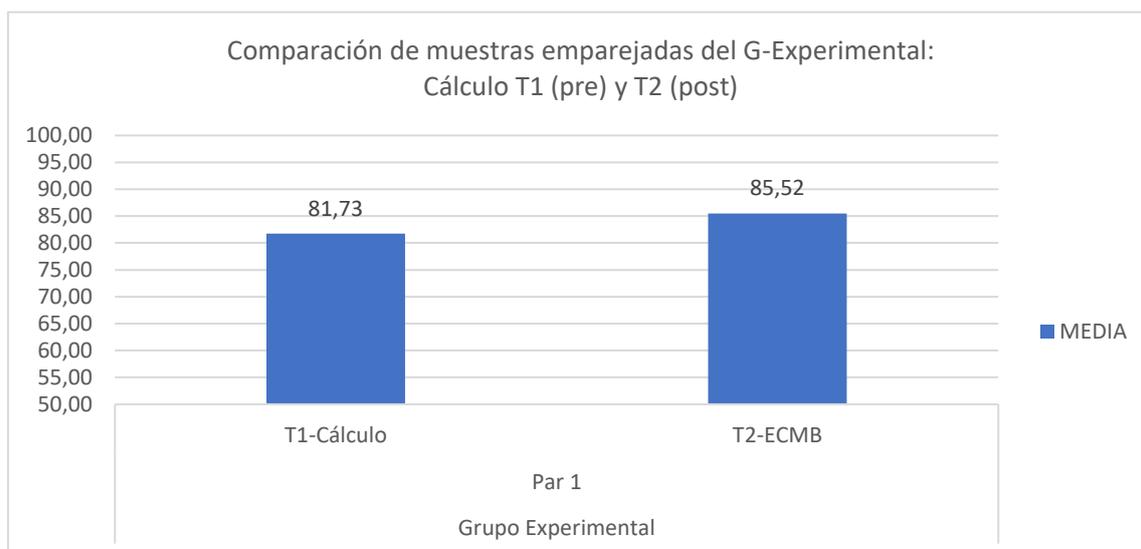
Finalmente, de la capacidad de cálculo, como tercera variable de estudio, también se comprueba si existe diferencia significativa en la mejora entre la evaluación previa a la intervención y la posterior. Se comparan la prueba de cálculo mental básico realizado al inicio del proyecto con la evaluación del conocimiento matemático básico, realizada al final. Ambos grupos mejoran su media de puntuación 18 meses después, con un valor de significancia de 0,023 para el grupo control y de 0,008 para el grupo experimental.

Estos resultados permiten confirmar la hipótesis 10 “existe diferencia significativa entre el PRE y el POST intervención y la mejora en la capacidad del cálculo”. Es interesante, pero a la vez de poca validez para el estudio, comprobar que ambos grupos obtienen una mejora significativa, pues, según los objetivos propuestos por la intervención, únicamente el grupo experimental hubiera logrado una mejora y una diferencia significativa respecto al grupo control. En el apartado de discusión profundizaremos sobre la limitación que estos resultados pueden suponer. No obstante, la hipótesis se valida en 100% y, a continuación, se presentan los estadísticos correspondientes.

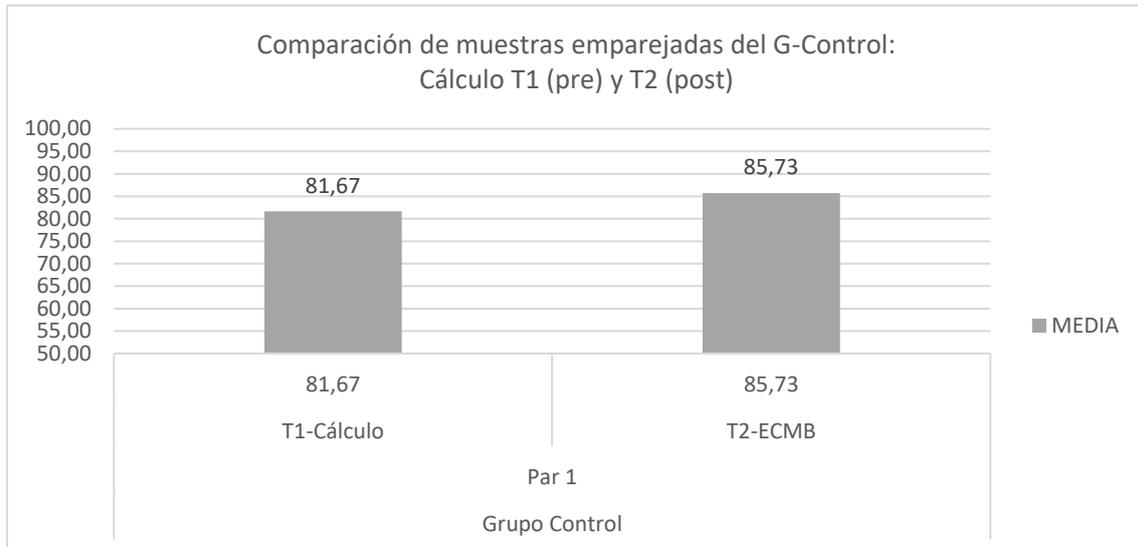
**Tabla 41.** Comparación de medias de las variables emparejadas (Cálculo).

<b>VARIABLE DEPENDIENTE: CÁLCULO</b>					
<b>H10: Existe diferencia significativa entre el PRE y el POST intervención y la mejora en la capacidad de Cálculo.</b>					
GRUPOS MUESTRA	VARIABLES EMPAREJADAS		MEDIA	CORRELACIÓN	Sig. (p < 0,05)
<b>Grupo Experimental</b>	Par 1	T1-Cálculo	81,73	0,506	0,008**
		T2-ECMB	85,52		
<b>Grupo Control</b>	Par 1	T1-Cálculo	81,67	0,464	0,023*
		T2-ECMB	85,73		

**Nota.** T1 = Test 1. T2 = Test 2. ECMB = Evaluación Conocimiento Matemático Básico.



**Gráfico 26.** Comparación de medias de las variables emparejadas del grupo experimental (Cálculo).



**Gráfico 27.** Comparación de medias de las variables emparejadas del grupo control (Cálculo).

### ***Estadística correlacional***

Un coeficiente de correlación entre variables emparejadas es de interés científico para ratificar, en parte, alguna de las hipótesis alternativas. Concretamente la H8, que se refiere a la mejora significativa en la capacidad de atención después de la intervención y la H10, sobre la mejora en la capacidad del cálculo.

Para la primera el coeficiente de correlación es de 0,528\*\*, con un valor de significancia alta porque  $p < 0,01$ . Este valor además únicamente lo obtiene el grupo experimental, pues el control no solo no mejora significativamente, sino que empeora su puntuación. Además es interesante destacar que el punto de partida, es decir de la prueba de atención previa a la intervención que se empareja con la prueba posterior a la intervención, es diferente para ambos grupos, siendo el grupo control el que tenía en un inicio mejor promedio (94,74) en comparación al experimental (92,06), y al finalizar la intervención el grupo experimental mejora hasta alcanzar el 102,52 de promedio y, de manera opuesta, el grupo control reduce su promedio hasta el valor de 89,95.

No sucede esta singularidad con la capacidad de cálculo, pues la correlación que demuestra una mejora significativa aparece tanto para el grupo experimental como para el control. No obstante, la correlación del grupo control (0,023) es significativa de Nivel 1 ( $p < 0,05$ ) con un valor de 0,464, y la correlación del grupo experimental (0,008), es significativa de Nivel 2 ( $p < 0,01$ ) con un valor de 0,506. Estos datos señalan que la relación entre el grupo que realiza la intervención y su mejora en la puntuación en

pruebas de cálculo es más fuerte que la relación, también existente, entre el grupo que no realiza la intervención. Más adelante, en la discusión, comentaremos el cómo es posible que un grupo obtenga peores puntuaciones 18 meses después.

En resumen, de las tres hipótesis planteadas para la comparación de muestras relacionadas, el grupo experimental mejora, después de la intervención, en las tres capacidades.

Obtiene: un 100% de mejora (4 de 4) en las pruebas que miden la capacidad de atención (alcanzando, además, para una de ellas el coeficiente de correlación y de diferencia significativa,  $p=0,006$ ); un 75% de mejora (3 de 4) en las variables emparejadas para la capacidad de memoria, aunque ninguna de ellas alcanza la correlación; y un 100% para la capacidad de cálculo, en la que también se obtiene un alto nivel de correlación y significancia ( $p=0,008$ ). De esta manera, es posible discutir las hipótesis alternativas propuestas: H8, H9 y H10.

### ***Rendimiento académico***

Cada uno de los dos grupos que constituyen la muestra del estudio forman parte de un grupo clase de la escuela ya presentada, GPV, de manera que indiferentemente a la realización de esta investigación, cada grupo fue evaluado con los criterios académicos que establece la Ley del Departamento de Educación de Cataluña (2009), tanto cuando cursaban 1º de educación primaria (2017-2018), como cuando cursaron 2º (2018-2019). Nos interesa conocer las cualificaciones de cada grupo/clase para poder responder a la Hipótesis 11: *Participar en el programa “moverse y pensar” durante 18 meses produce mejoras en el rendimiento académico en comparación a no participar.*

En los resultados descriptivos se puede observar que el grupo experimental finaliza el primer año (después de 6 meses de intervención) con un promedio inferior (7,68) al del grupo control (7,92); y que, no obstante, finaliza el segundo año (después de 18 meses de intervención) con un promedio superior (7,61) al del grupo control (7,20). Esta comparación indica que la intervención no solo no incidió negativamente en el progreso y rendimiento académico de los alumnos que participaron en ella, sino que, en promedio, al finalizar la intervención, superaron al grupo control que no la realizó.

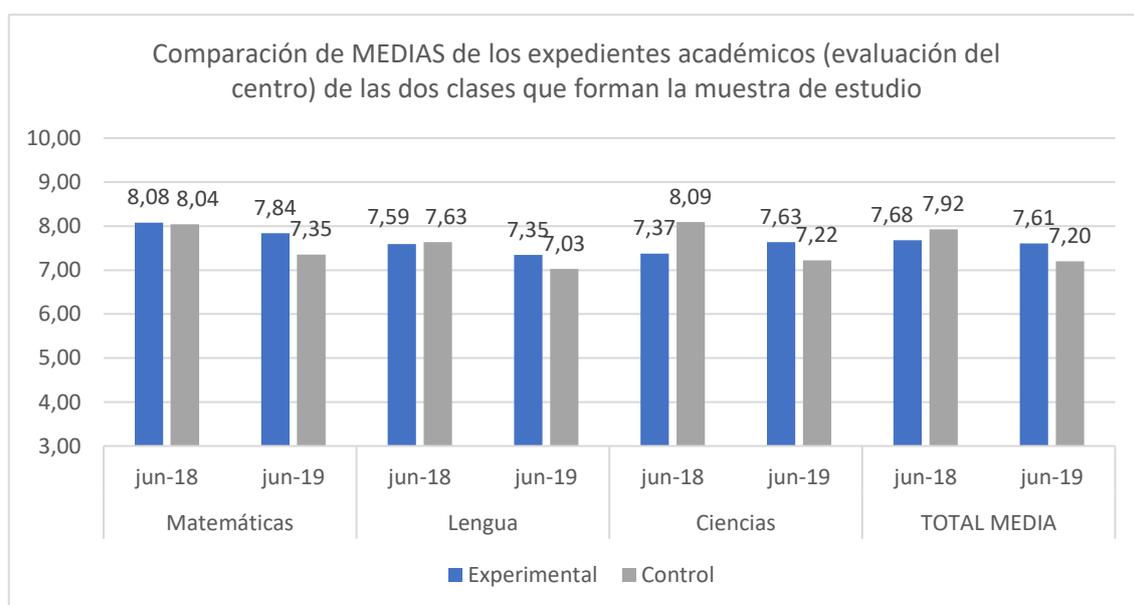
A continuación, se adjunta la tabla resumen para poder observar con más facilidad cada una de las medias de las áreas que el grupo experimental ha aprendido mediante la metodología del “aprendizaje físicamente activo” propuesto por la investigación. Es oportuno fijarnos concretamente en la estabilidad, refiriéndonos a pocas variaciones,

que sugieren las medias del grupo experimental, a diferencia de las observables en el grupo control, que se muestran más inestables y decrecen más durante el expediente 1 y el expediente académico 2.

**Tabla 42.** Media de los expedientes académicos de los grupos de estudio

<b>VARIABLE DEPENDIENTE: Rendimiento académico</b>								
H11: Participar en el programa “moverse y pensar” durante 18 meses produce mejoras en el rendimiento académico en comparación a no participar.								
<b>Medias de los Expedientes académicos de los dos años del estudio</b>								
GRUPOS	Matemáticas		Lengua		Ciencias		TOTAL MEDIA	
	jun-18	jun-19	jun-18	jun-19	jun-18	jun-19	jun-18	jun-19
Experimental	8,08	7,84	7,59	7,35	7,37	7,63	7,68	7,61
Control	8,04	7,35	7,63	7,03	8,09	7,22	7,92	7,20

**Nota.** Jun-18 = Junio del 2018. Jun-19 = Junio del 2019.



**Gráfico 28.** Comparación de los promedios de cada grupo

Para ampliar un poco más el análisis, tanto el propio centro como el investigador principal sugerimos que sería interesante comprobar y comparar, el expediente académico de un tercer grupo, una tercera clase del mismo centro (clase La Rosaleda) que no ha participado en el estudio ni como grupo experimental ni como control. Entendemos que de este grupo no tenemos datos para analizar ninguna prueba o evaluación que permita obtener resultados estadísticos de interés científico para el estudio. No obstante, parece interesante conocer si este grupo que se ha mantenido al

margen ha obtenido – según la evaluación normativa del propio centro – mejores cualificaciones académicas que los grupos, tanto experimental como control, que sí que han participado. Podría ser que participar en una investigación, con todo lo que supone para la práctica educativa (inversión de tiempo en realizar pruebas, cambios y variaciones en el horario, reuniones y coordinaciones entre profesionales, entre otros), provocara cierto despiste, tanto por parte de los alumnos como de los docentes, incidiendo negativamente en el progreso y rendimiento académico típico.

Desmentir esta afirmación puede servir, como mínimo, para poder seguir realizando investigación y aplicarla a las escuelas, de lo contrario, es realmente complejo que como investigadores podamos acercarnos al contexto escolar y convencerlos de invertir recursos logísticos y materiales en proyectos como el nuestro. Al añadir las medias de los informes de evaluación de un tercer grupo que actuó totalmente al margen de la propia investigación, obtuvimos que, en finalizar el primer curso de la educación primaria, el promedio de las tres áreas de estudio fue de 7,85 sobre 10 y de 7,44 al finalizar el segundo año.

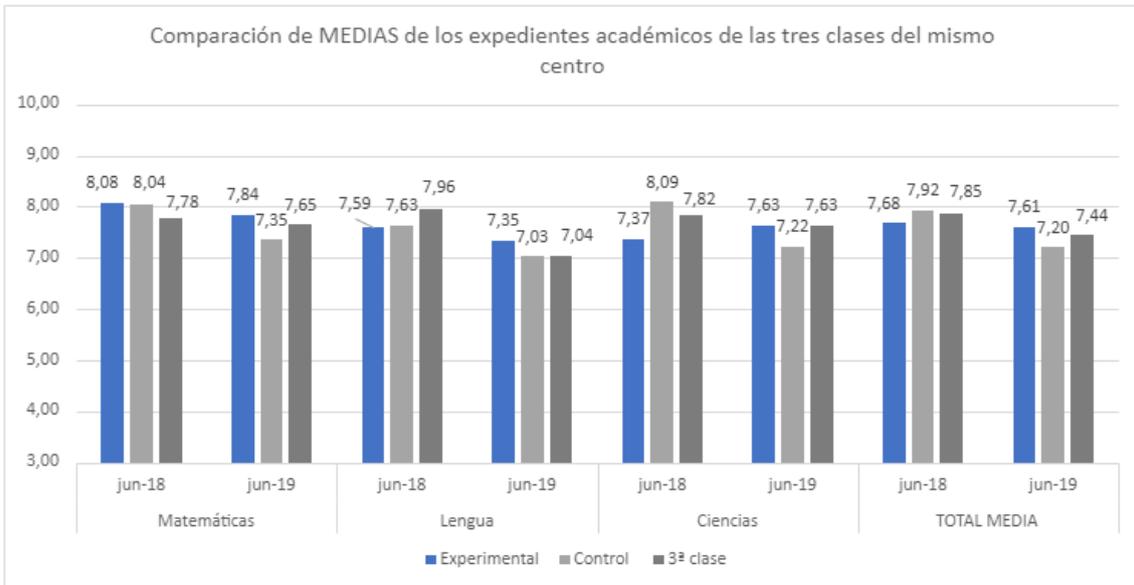
Estas medias sugieren que después de 6 meses de intervención, el tercer grupo también obtuvo mejor cualificación que el grupo experimental, con una diferencia de 0,17; pero, en acabar la intervención, el grupo experimental también supera al grupo “3ª clase”, de la misma forma que supera al grupo control. Es interesante observar que el tercer grupo se sitúa tanto en el expediente del año 1 como en el del año 2, entre los otros dos grupos. Estos datos, aun no tener la fiabilidad estadística ni la validez científica en cuanto a las pruebas, los instrumentos y las variables de medidas, muestran que el rendimiento escolar de los tres grupos es muy similar, por lo que aportan cierta coherencia.

**Tabla 43.** Media de los expedientes académicos de los dos grupos de estudio (más un tercero)

<b>Medias de los Expedientes académicos de los dos años del estudio</b>								
GRUPOS	Matemáticas		Lengua		Ciencias		TOTAL MEDIA	
	jun-18	jun-19	jun-18	jun-19	jun-18	jun-19	jun-18	jun-19
Experimental	8,08	7,84	7,59	7,35	7,37	7,63	7,68	7,61
Control	8,04	7,35	7,63	7,03	8,09	7,22	7,92	7,20
3ª clase	7,78	7,65	7,96	7,04	7,82	7,63	7,85	7,44

**Nota.** Jun-18 = Junio del 2018. Jun-19 = Junio del 2019.

Influencia de la actividad física en la atención, la memoria y el cálculo



**Gráfico 29.** Media de los expedientes académicos de los dos grupos de estudio (más) un tercero

## Discusión del estudio 2

### A modo resumen:

- La práctica diaria de un programa de AF con contenido académico durante un curso escolar y medio, indica una tendencia positiva de mejora para el grupo experimental en las 4 subpruebas que miden la atención (selectiva y de velocidad de procesamiento visual); también mejora el promedio en 3 de las 4 subpruebas que evalúan la memoria (visual, de recuerdo de palabras y de dígitos, tanto a corto como a largo plazo); y en la subprueba de la capacidad de cálculo (resolución de operaciones y de conocimiento matemático).
- La diferencia entre las mejoras (en promedio) de cada subprueba del grupo experimental, en comparación con las diferencias del grupo control, muestran que el grupo que realiza el programa obtiene mayor mejora: el grupo experimental, en promedio mejora 8,31 puntos y el control mejora 3,48, entre ambos existe una diferencia de mejora de 4,83 puntos (un valor que es superior a la mejora del propio grupo control).
- El rendimiento académico escolar a la finalización del programa (junio, 2019) es mayor para el grupo experimental (7,92) que para el grupo control (7,20), por lo que realizar una hora diaria de AF no incide negativamente en las calificaciones finales de los alumnos.
- La posibilidad de aprender mediante el movimiento (Aprendizaje Físicamente Activo) es una herramienta metodológica que podría incorporarse en las escuelas para dar respuesta a dos propósitos: 1) mejorar el rendimiento académico; 2) realizar la actividad física diaria que recomienda la OMS dentro del horario lectivo.

En este estudio se muestra que, de acuerdo con la hipótesis de partida, *“Existen diferencias significativas en los resultados de la evaluación de las capacidades cognitivas obtenidos del grupo experimental en comparación con el grupo control después de la intervención”*, el estudio longitudinal obtiene resultados de interés científico que van en la línea y refuerzan algunas de las recientes investigaciones que se plantean en el marco teórico general del trabajo y del presente estudio en particular.

Principalmente se buscan diferencias y relaciones significativas entre participar o no en un programa de intervención mediante una AF física enriquecida diaria. Esta intervención tiene lugar dentro de la jornada lectiva del centro escolar escogido para el estudio, del cual se extrae una muestra de 51 sujetos pertenecientes a dos grupos (dos clases): uno de ellos será el experimental (n=27) y por lo tanto el que realizará la intervención de AF diaria y la evaluación; y el otro será el control (n=24), quien no realizará ninguna intervención adicional, únicamente la evaluación neurocognitiva. La diferencia entre ellos, en cuanto a la variable de AF, es básicamente que dentro del contexto escolar (donde es posible controlar esta variable), el grupo control únicamente realiza las 3 horas de AF que incorpora el proyecto propio del centro; y en cambio, el grupo experimental, realiza estas 3 horas más 5 sesiones adicionales de AF. Teniendo en cuenta el horario semanal de ambos grupos, los diferencia que el control dedica 3 horas a la AF y el experimental 8 horas.

Es preciso destacar, además, que ambos grupos ya aparecen como parte de la muestra del estudio 1 y que, en los resultados de dicho estudio, entre otros aspectos, es posible determinar que existe una diferencia significativa entre la frecuencia (en horas/semana) que la muestra practica AF (dentro y fuera de la escuela) y el nivel cognitivo que obtienen. Por lo que, aunque la intervención propuesta por el estudio se da exclusivamente dentro de la jornada lectiva del centro, es oportuno, ya se han recogido previamente, conocer las horas de práctica de AF que la muestra realiza también fuera de la escuela, es decir, voluntariamente mediante extraescolares deportivos.

Atendiendo a estos parámetros y sin tener en cuenta aun el aumento de 5h del grupo experimental, el promedio del total de la muestra (n=51) es de **6,64 horas/semana de práctica de AF**. Esto hace que la muestra, de punto de partida, se sitúe en la categoría de Alta Frecuencia de AF (+6h/s) presentada en el estudio 1.

Hecho que provoca que, en el presente estudio, el total de la muestra (n=51) se clasifique mayoritariamente en los grupos de Moderada (entre 4 y 6 h/s) y Alta Frecuencia de AF (+6 h/s). Es un factor no controlado y que puede influir negativamente en los resultados, pero que sin duda refleja que el alumnado de la escuela GPV, que es objeto de estudio, sí que realiza una práctica recomendada de AF a la semana. De hecho, únicamente 3 sujetos de 51 no realizan más de 3 horas de AF a la semana. Esto podría haber incidido en los resultados porque tal como se explica en el estudio 1, el impacto de la AF es significativo cuando se comparan sujetos (o grupos) con una frecuencia de Baja AF (3 horas o menos de AF a la semana); con sujetos (o grupos) con una frecuencia de Moderada AF (entre 4 y 6 h/s) y/o Alta AF (más de 6 h/s).

Esta afirmación está justificada y contrastada por estudios de referencia como el de Hillman et al. (2014), Castelli, et al. (2014) y Álvarez-Bueno, et al. (2017), quienes explican que altos niveles en la práctica de AF (entre 6 y 9 horas a la semana) se relacionan, igual que en el estudio 1 del presente trabajo, con unas puntuaciones mayores en pruebas que miden las capacidades cognitivas (Chaddock, et al., 2011 y Donnelly, et al. 2016, entre otros).

A partir de esta evidencia, que marca el punto de partida del estudio (situación previa de la muestra), se introduce una intervención experimental para ir más allá del estudio transversal (puntual). Se trata de comprobar si, incidiendo en el tipo de AF mediante variables cuantitativas (exposición de 45' diarios adicionales y a una intensidad moderada-alta) y también cualitativas (retos motrices con requerimientos cognitivos de carácter académico), es posible que los valores de puntuación de cada una de las pruebas que evalúan la capacidad de atención, memoria y cálculo, y del promedio de puntuación del grupo experimental, mejoren al finalizar la intervención en comparación al grupo control, asumiendo que una posible limitación entre el año 1 (2018) y el año 2 (2019) es el periodo de vacaciones, en el cual no existe control de la AF; así como el cambio de docentes de ambos grupos.

A partir de esto, el primer aspecto de discusión es comprobar la viabilidad de poder comparar los dos grupos de estudio (experimental y control). Esto es posible debido a que, antes de iniciar la intervención, ambos obtienen unas puntuaciones similares (sin diferencias significativas) en las diferentes subpruebas que evalúan las capacidades cognitivas (atención, memoria y cálculo). De esta pre-evaluación, el promedio de puntuación que obtiene el grupo experimental es de 97,17 puntos y el grupo control de 98,25 puntos. Se trata de dos valores que muestran unos promedios muy similares, además que altos. Y es entonces, cuando se aborda el segundo aspecto de discusión a partir de los datos y las variables obtenidas del promedio de puntuación que obtienen ambos grupos al finalizar la intervención (junio de 2019).

El grupo experimental obtiene un valor de 105,48 y en cambio el grupo control un valor de 101,73. Ambos valores se sitúan nuevamente en una franja de resultado alta, no obstante, es mayor para el grupo que realiza la intervención de AF diaria. Esta intervención supone para la muestra del grupo experimental, un incremento de 5h a la semana de AF (1h por día), por lo que se diferencia del grupo control y ya no se sitúa en un promedio de práctica de AF (h/s) de **6,64**, sino de **12,33** horas de AF a la semana. Un promedio elevado y que sobrepasa, por ejemplo, los niveles de entre 6 y 9 horas de

AF/semana recomendados por investigadores que han realizado estudios parecidos, como Chaddock, et al., (2011) y Donnelly, et al. (2016).

Finalmente, dado que la intervención se realiza en el contexto escolar y tiene lugar dentro de la planificación, el horario y la jornada lectiva del centro, es determinante comprobar si dedicar 5 horas a la semana a la práctica de un programa de AF con requerimientos cognitivos de carácter académicos, durante 18 meses (planificado y aplicado siempre por el doctorando responsable y autor del presente estudio), puede incidir en los resultados académicos (en el expediente escolar) de los y las alumnas que lo realizan.

Es decir, la incidencia – y con esto se hace referencia a la introducción del presente estudio – que puede tener “restar” 1 hora al día de las lecciones tradicionales de matemáticas, lengua y/o ciencias, para “sumar” 1 hora al día en la realización de lecciones de aprendizaje físicamente activo.

Se trata de una metodología de aprendizaje a partir de la AF que tiene un doble propósito: 1) mejorar el aprendizaje y el rendimiento académico, tanto por los propios beneficios que se ha demostrado que aporta el ejercicio físico, como por los beneficios también demostrados de adquisición y consolidación de los aprendizajes mediante el movimiento; y 2) garantizar para todos los alumnos que forman el grupo experimental la práctica diaria de AF, tal como recomienda la OMS.

### ***Aplicación de un programa de AF enriquecida cognitivamente para incidir sobre la cognición y el rendimiento académico de niños y niñas de 6 y 7 años.***

Cuando se considera que la actividad física puede tener incidencia sobre la cognición y sobre los aprendizajes (rendimiento académico), se refiere a que una sola sesión de ejercicio físico permite aumentar la conectividad de redes cerebrales y que esto sucede como consecuencia de la mayor implicación de otros procesos neuronales que son esenciales para el funcionamiento cognitivo (Perini et al., 2016).

Además, si en cambio de una sola sesión de AF, se elabora un programa de intervención (regular y durante varias semanas o meses), se puede obtener, además de una mejora en la aptitud aeróbica, un mayor rendimiento cognitivo (Hillman, et al., 2008). Esta afirmación se confirma ampliamente en metaanálisis de revisión de 58 estudios de intervención realizado por Singh et al. (2019). El trabajo explica que el 75% de los

estudios incluidos en el metaanálisis, muestran resultados estadísticamente significativos en, especialmente la mejora para el rendimiento cognitivo (por ejemplo, inhibición de la atención) y el del rendimiento académico (por ejemplo, matemáticas). Ambos en la misma dirección que había propuesto Hillman et al., (2008), quien también declara tomar como punto de partida la relación entre la exposición regular (chronic exercise) y la mejora cognitiva ya descrita por Etnier et al., (1997). La presente intervención toma forma (diseño y metodología) en base a estas fundamentaciones teóricas que explican, entre otras, los cambios que produce la práctica regular de actividad física (aeróbica) en la angiogénesis (Isaacs, et al. 1992) y en la neurogénesis (Dishman et al. 2006). Estas mejoras dotan de mayores y mejores recursos a las áreas del cerebro que motorizan especialmente los procesos de memoria y de los aprendizajes (Hillman, et al. 2014). Entender los efectos funcionales inducidos por el ejercicio a nivel cerebral permite determinar que si la cognición mejora, también los hacen una serie de procesos mentales que contribuyen a la percepción, la memoria, el pensamiento y la respuesta (Donnelly et al., 2016).

En este estudio, no obstante, se trata de discutir y aportar más argumentos que justifiquen una perspectiva que, en los últimos años, se está investigando con gran ímpetu. Esta es la que argumenta que, para la mejora de la cognición, en lugar de actividad física aeróbica "simple", es decir, actividad física sin requerimiento cognitivo adicional, debe realizarse actividad física enriquecida cognitivamente, es decir, actividad física que incluye otros requerimientos adicionales (Pesce, 2012; Schmidt et al. 2015; Tomporowski, et al. 2015; Vazou, et al. 2017).

Como requerimiento cognitivo se entiende que, durante la realización de la tarea motriz, se deba prestar atención, pensar, recordar y evocar, es decir, se requiera también de un esfuerzo cognitivo (Tomporowski, et al. 2015). Por lo que, las tareas motrices sobre AFA, deben atender tanto a los elementos cualitativos y cuantitativos que la hacen física y mentalmente exigente, descritos por Pesce (2012), como también al desarrollo de habilidades motrices básicas, de los factores perceptivo-motores, de las capacidades físicas y las psicosociales (Batalla, Cabedo & López-Ros, 2012).

Kempermann et al., (2010), Mullander-Wijnsma et al., (2015) y Mavilidi et al., (2017), entre otros, mostraron que una combinación de entrenamiento físico y cognitivo produce mayores mejoras sobre la cognición que cualquier intervención que no combine ambas. Por lo que, dicha combinación provoca que la intervención, o práctica de AF enriquecida, tenga más efecto sobre las funciones cognitivas en comparación con las actividades físicas con una cognición relativamente baja, o sin compromiso/requerimiento cognitivo,

por ejemplo, carreras de larga distancia, que implican movimientos más automatizados (Vazou, et al. 2017).

En esta línea, Perini et al. (2016), apuntan que esta combinación de sesiones de entrenamiento que siguen y garantizan ambas condiciones (físicas y cognitivas) son el método (diseño de AF) más susceptible de éxito. Se considera así porque al combinar la plasticidad inducida por la actividad física con la plasticidad inducida por el entrenamiento cognitivo específico, se produce un aumento en las conexiones entre redes neuronales que son claves para los procesos de plasticidad sináptica.

En el contexto escolar, estos procesos (neuronales y sinápticos) son esenciales para procesar información nueva, codificarla, consolidarla y recuperarla en la memoria (Tompsonski, et al., 2015). De esta manera, determinar que la práctica de AF enriquecida cognitivamente permite que los procesos cognitivos dispongan de recursos (neuronales) más eficaces y eficientes, permite comprender que este tipo de AF juega un papel determinante en los procesos de aprendizaje, que se dan especialmente durante la etapa escolar.

La intervención del presente estudio se planifica, elabora y aplica en base a estos criterios y evidencias ya publicadas. Y, además, siguiendo el modelo propuesto por catedráticos del campo educativo (Lleixà, Capllonch & Gonzalez, 2015; Blázquez y Sebastiani 2021), se prepara una plantilla para cada una de las sesiones que incorpora el programa de AF (Anexo 4).

Otro aspecto clave para tener en cuenta y relevante dentro de esta discusión es el expuesto por Daly-Smith et al. (2018) en el artículo de metaanálisis: el tiempo real de AF durante la realización de estas lecciones académicas físicamente activas. En intervenciones como la de Mullender-Wijnsma, et al. (2015), se registró que el tiempo de aprendizaje “estático” fue de 14 de los 23 minutos que duró la tarea, por lo que, únicamente en 9 de 23 minutos se llevó a cabo una tarea “activa”; también en la intervención de Norris et al. (2015) se obtuvo un incremento muy bajo del aumento de la intensidad a la que el alumnado estuvo expuesta, pues únicamente mostraron valores de Moderada y Vigorosa Actividad Física (MVAF) en un 3,5% de la sesión (los datos se registraron mediante acelerómetros, GT1M).

Por este motivo, en el apartado de *procedimiento* del presente estudio y concretamente dentro de la descripción de las actividades, se puntualiza que, aunque la sesión (dentro del horario) es de 1 hora (motivo por el cual el grupo experimental pasa de realizar 3h a realizar 8h/semana), pero, no obstante, se contemplan 45 minutos reales de AF y de los

cuales, debido a que existen momentos de pausa, de explicación y descanso, se acaban reduciendo a 30 minutos de práctica diaria de AF a moderada y alta intensidad durante 18 meses. Un formato muy similar al propuesto hace poco más de una década por Ericsson (2008) y Reed et al., (2010) y replicado recientemente por Resaland et al. (2015) y Fritz et al. (2020).

Por lo tanto, es necesario insistir una vez más en los aspectos cualitativos y cuantitativos de la tarea motriz propuesta para que esta pueda incidir en las capacidades cognitivas y en el rendimiento académico.

No obstante, Sember et al. (2020) puntualizan que para que se den estas sesiones idóneas de AF enriquecida dentro del contexto escolar, es elemental el grado de experiencia de la persona que lleva a cabo la aplicación e intervención de AF. De manera que la persona responsable de la intervención juega un papel determinante en el cómo se desarrolla ésta en cuanto a intensidad, adecuación y profesionalidad en todas las decisiones.

Es un aspecto para discutir porque generalmente, en las escuelas, toda actividad que requiere o sugiere de una práctica motriz, se delega automáticamente al o la especialista del centro. Estas actividades pueden ir desde la creación de un campeonato multideportivo, de la preparación de unas olimpiadas, de la carrera popular del municipio, de la preparación de un baile para el carnaval o incluso de la necesidad de un/a “speaker” para la fiesta de fin de curso...

La realidad es que la AF dentro del contexto escolar es responsabilidad del o la docente de educación física. Se trata de un/a profesional que generalmente tiene una formación específica en dicha área y que, además, acostumbra también a realizar otras tareas y funciones dentro del aula, pues, en la mayoría de centros es necesario de la colaboración de este/a docente para acabar de ocupar asignaciones y responsabilidades docentes; sucede especialmente en escuelas de una sola línea por nivel (de 1º a 6º) académico y que únicamente realizan una sesión de educación física a la semana (1:30h multiplicado por 6 clases = 7,8 horas a la semana), esto obliga a que también haga “otras cosas”. Dicha realidad no se expone como un aspecto negativo, aunque sí que lo es cuando se da como consecuencia a únicamente realizar 1:30 horas de educación física a la semana, sino como una posibilidad que tiene (tenemos) dichos especialistas para familiarizarse con otros entornos, áreas y contextos didácticos que tienen lugar en la escuela.

Esto aporta al docente de mayor capacidad de adaptación y polivalencia. Además, estas aptitudes, deben complementarse con los conocimientos adquiridos y las experiencias profesionales que aseguran las competencias específicas para planificar y llevar a cabo una intervención educativa mediante el movimiento y la práctica de AF (Pantic, 2011; Darling-Hammond, L., & Berry, B., 2006).

Sember et al. (2020), por todo esto, concluye que, aunque en los centros escolares a menudo se ignoran las competencias específicas del profesorado de educación física, es imprescindible que, para este tipo de intervenciones, sea el o la especialista en educación física la responsable de planificarla y llevarla a cabo en la pista, sobre el contexto motriz.

Siguiendo estas referencias y la lógica sobre el conocimiento de cada una de las personas que se involucran en el presente trabajo, el responsable de planificar y aplicar las sesiones de actividad física enriquecida con conocimientos académicos es el doctorando y autor de la presente tesis doctoral; maestro de educación física; especializado en neuropsicología y educación; y con formación en proyectos de innovación educativa basados en el aprendizaje curricular por competencias (Gabriel Díaz).

### ***Relación entre pre-post intervención***

Para la presente investigación se lleva a cabo el diseño de estudio experimental, es decir, el tipo de estudio que introduce una variable manipulada que permite diferenciar a un grupo de estudio (experimental) de otro que actúa como control. Este tipo de estudio es, para el campo científico, el estándar de oro que permite evaluar la causalidad a través de una variable que se intuye (hipotetiza) como independiente y responsable de los cambios (diferencias) que puedan darse entre grupos.

En este caso, la variable independiente es la AF, concretamente el programa de intervención diario de actividades que combinan (simultáneamente) retos de ejercicio físico y académicos. Esta variable debe de ejercer influencia sobre las variables dependientes de la evaluación cognitiva, concretamente sobre la atención, la memoria y el cálculo.

Esta variable independiente permite que el grupo experimental aumente, en comparación al grupo control, 5 horas de AF a la semana dentro de la escuela, por lo que pasa de realizar 3 (las que realiza el grupo control) a realizar 8 horas/semana en horario lectivo. No obstante, una posible limitación es que, habiendo contabilizado las

horas de práctica de AF que la muestra (experimental y control) realizan fuera de la escuela (en horario extraescolar), se comprueba que la muestra de estudio tiene, antes de iniciar la intervención, ya un promedio de 6,64 horas/semana de práctica de AF; y el grupo experimental pasa a realizar, en promedio, 12,33 horas de AF a la semana, un promedio que para algunos estudios es excesivo y se relaciona con fatiga y bajos resultados académicos.

No obstante, a fin de determinar que la intervención experimental puede ejercer dicha influencia, es preciso en primera instancia poder determinar que no existen diferencias ya significativas entre grupos de estudio antes de empezar. Esta semejanza entre grupos se asume a partir la comparación de: 1) test de KBIT para la evaluación de inteligencia verbal, no verbal y compuesta de los grupos: los resultados muestran que antes de iniciar la intervención, la capacidad de inteligencia es muy similar entre los participantes de cada grupo, es preciso destacar que, por ejemplo, la media (en valor de Puntuación Típica) del compuesto (que tiene en cuenta tanto la puntuación del test verbal como el no verbal), es de 106,37 PT para el grupo experimental y de 107,42 PT para el control, siendo, por lo tanto, para ambos una PT superior a 105 PT, lo que significa que obtienen una Puntuación Típica clasificada en la franja alta de nivel de inteligencia verbal y no verbal; 2) medias de cada una de las supuebas que miden cada una de las capacidades cognitivas del estudio (atención, memoria y cálculo) entre grupos. Se obtienen puntuaciones muy similares y, de hecho, de mayor promedio para el grupo que actúa como control, por lo que, si al finalizar, el grupo experimental obtiene mejor promedio que el control, significa que no solo existe mejora, sino que también existe mayor progreso sobre él mismo que el que pueda hacer el control. Esta comparación de progreso de cada grupo es interesante porque la naturaleza del alumnado puede ser la de mejorar, de acuerdo con una progresiva adquisición de capacidades y habilidades, en especial las que repercuten a los procesos cognitivos de orden superior, como podrían ser las funciones ejecutivas, la atención y la consolidación de las memorias, por lo que, que el grupo experimental obtenga mayor mejora que el control es doblemente positivo para la investigación.

La comparación de medias (previa a la intervención) se valida a partir de la prueba estadística de Levene, que permite confirmar (con rigor científico) que se asumen varianzas iguales entre los dos grupos independientes, obteniendo los valores de 97,17 para el grupo experimental y de 98,25 para el grupo control. Esto permite confirmar las cuatro primeras hipótesis de estudio e iniciar la intervención según previsión.

Al finalizar el programa de intervención, es decir, 18 meses después, se evalúan de nuevo las variables dependientes, es decir, la atención, memoria y cálculo y se comparan las medias obtenidas por cada grupo en cada una de las subpruebas. Aunque la mayoría de los resultados son mejores para el grupo experimental, no son todos estadísticamente significativos; además, se debe recordar que no existe un control de la AF que realizan los grupos que forman la muestra durante el período de vacaciones, un hecho que también podría influir en los resultados post-intervención.

La diferencia que se obtiene mediante la comparación de muestras emparejadas del momento 1 (pre) y del momento 2 (post) es mayor (en positivo) para el grupo experimental que, para el control, pasando, para el primero, del valor de 97,17 a 105,48. La diferencia entre estos valores obtiene un alto nivel de significatividad ( $p=0,01$ ). No sucede igual para el grupo control, que previo a la intervención obtiene una puntuación de 98,25 y 18 meses después obtiene el promedio de 101,71. Aunque existe mejora, esta no es significativa ( $p=0,21$ ).

Además, se realiza de nuevo la prueba estadística de Levene y se detectan diferencias de varianzas post-intervención que muestran una mejora significativa del grupo experimental en comparación al control. Concretamente en la subprueba del test CARAS-ICI, que mide el Índice de Control de la Impulsividad (ICI); y también entre la subprueba del test de CARAS-Errores, que mide el número total de errores del evaluado. Estos resultados permiten confirmar la quinta hipótesis: *Existe diferencia significativa en la capacidad de Atención entre grupos después de la intervención.*

Y aunque sí que existe una mejora para las subpruebas que miden la capacidad de la memoria, no se puede determinar que existe una diferencia significativa porque para ninguna de ellas el valor de  $p$  es inferior a 0,05; tampoco para el cálculo.

Estos resultados, que más adelante se explican con más profundidad, se relacionan con uno de los metaanálisis de referencia presentado en la fundamentación teórica del presente trabajo, el de Daly-Smith et al. (2018), en el cual se revisan dinámicas físicamente activas para la mejora del rendimiento cognitivo y académico en el propio centro escolar. También se posicionan en esta perspectiva de Greeff, et al., (2018), quienes presentan evidencias a favor de programas longitudinales de actividad física enriquecida, en diferencia a realizar únicamente actividad física (no enriquecida), para la mejora del rendimiento cognitivo.

Además, por adecuación y similitud a la intervención aquí presentada, se destaca el estudio de Hill et al., (2010) que obtiene un cambio positivo post-intervención en una

subprueba que mide la atención selectiva; el de Bartolomew y Jowers (2011), quienes observan efectos positivos en el tiempo de respuesta en la tarea (atención); y Ma et al., (2015) quienes determinan que el aprendizaje físicamente activo podría incidir en capacidades atencionales, de concentración y de conducta durante la jornada escolar. No obstante, también es preciso destacar que otros (van den Berg et al., 2016; Howie et al., 2015; Ahamed et al., 2007) no obtienen ningún resultado favorable.

Para - además de esta relación causal entre participar o no en un programa de AF (de aprendizaje físicamente activo) y la mejora de las capacidades cognitivas evaluadas (atención, memoria y cálculo) - establecer también una relación entre participar o no en el programa de intervención y el rendimiento académico (notas escolares), se comparan los expedientes de los dos grupos de estudio, tanto del año 1 (sin impacto posible de la intervención) como del año 2 (con posible impacto, tanto en positivo como en negativo, de la intervención). Concretamente se comparan las notas finales de cada alumno/a (y el promedio del grupo) de las áreas de matemáticas, lengua y ciencias, pues son las que se realizan a través del programa de aprendizaje “en movimiento” y dejan de tener esa “hora lectiva” de aprendizaje tradicional dentro del aula con la tutora. Es por lo tanto sobre las áreas de conocimiento que se aplica la intervención.

Los resultados muestran que el grupo experimental, que realiza las lecciones de aprendizaje físicamente activo, parte, el año 1, con unas cualificaciones (nota sobre 10) ligeramente inferiores al grupo control en ciencias (7,37 vs 8,09), en lengua (7,59 vs 7,63); y ligeramente superiores en matemáticas (8,08 vs 8,04). Al finalizar el programa, el grupo que lo realiza obtiene mejores promedios en las tres áreas en comparación al grupo control. La competencia matemática (7,84 vs 7,35); la lingüística (7,35 vs 7,03); y las ciencias (7,63 vs 7,22).

A partir de estos resultados es posible determinar que el promedio total, al finalizar la intervención (junio del 2019), es mejor para el grupo experimental (7,61) en comparación al del grupo control (7,20). Esto apunta en la misma dirección que otros estudios que analizan los efectos combinados del estímulo de AF dentro del tiempo escolar y que han demostrado claros beneficios para el rendimiento cognitivo (Aadland et al., 2017; Kvalø et al., 2017) y rendimiento académico (Resaland et al., 2015).

### ***Relación entre participar en el programa de AF y la mejora de la atención***

Que puedan asumirse semejanzas entre grupos para la variable de atención antes de iniciar el programa de AF supone que una diferencia, o no semejanza, al finalizar la

intervención entre grupos, apunte hacia una incidencia (positiva o negativa) de la intervención realizada.

Para la presente investigación, después de 18 meses de intervención, la capacidad de atención se evalúa a partir del test de CARAS-R que incluye tres subpruebas: Aciertos, Errores y Índice de Control de la Impulsividad. Para todas ellas el grupo experimental obtiene mejores resultados en comparación con el control: en “Aciertos” es ligeramente superior (106,84 vs 105,93), pero no llega a ser significativa ( $p=0,07$ ); en la subprueba “Errores” el grupo control comete, en promedio, 5,29 errores durante la prueba y el grupo experimental únicamente 1,96, en este caso la diferencia sí que es significativa ( $p=0,04$ ); finalmente, en la subprueba de “Índice de Control de la Impulsividad”, la mejora del grupo experimental (102,52) respecto al control (89,95) también es significativa (0,02). Para esta última, la diferencia además permite situar a los grupos en dos franjas diferentes del baremo de puntuación: el grupo control (PT=89,95) en la franja normal bajo (85-95) y el grupo experimental (PT=102,52) en la franja normal (95-105) y cerca de la franja alta.

Estos resultados coinciden con el estudio de Kamijo, Hillman, et al., (2011) en el cual el grupo experimental, después de 9 meses de intervención, muestra mejor rendimiento cognitivo en las tareas que modulan la inhibición, la memoria de trabajo y las demandas de flexibilidad cognitiva (es decir, de control ejecutivo), en comparación al grupo de control. Especialmente sobre la tarea de inhibición, se obtienen resultados que muestran una mayor capacidad, por parte del grupo experimental, para retener la respuesta y minimizar los errores. Resultado que coincide con la subprueba “Errores” de la presente investigación.

Otras investigaciones que permiten discutir los logros del estudio son las de Schmidt et al (2015), que encontraron que niños de 10 años de edad, después de participar en una intervención de AF y cognitiva exigente, mostraron mayor capacidad de flexibilidad cognitiva en diferencia del grupo que no participaron; también la de Kirk et al. (2014), quienes confirmaron que los niños en edad preescolar que participaron en lecciones académicas “físicamente activas” durante dos días a la semana (período de 6 meses), obtuvieron resultados significativamente mayores en las tareas de identificación/reacción de imágenes, a diferencia del grupo que participó en lecciones académicas no activas.

Tales hallazgos sugieren que participar en un programa de AF con contenido académico, permite mejorar algunas de las funciones del cerebro relacionadas con los

recursos atencional, con el control inhibitorio y con la planificación y ejecución de la respuesta (Chaddock, et al., 2020).

Además de estos resultados que muestran la mayor puntuación que obtiene el grupo experimental respecto al grupo control al finalizar la intervención, es determinante conocer si existe, para el propio grupo experimental, una mejora entre las puntuaciones obtenidas antes y después de la intervención. Concretamente se comparan las medias de las 4 subpruebas que miden la capacidad de atención en un momento previo y posterior a la aplicación del programa de AF. Se obtienen mejoras para todas ellas, aunque únicamente es estadísticamente significativa para una. La subprueba de atención que compara la capacidad de realizar “aciertos” en el menor tiempo posible mejora de 93,13 (pre) a una Puntuación Típica de 106,84 (post); también existe mejora entre el promedio de la evaluación previa (94,81) y la posterior (106,84) de la subprueba de velocidad de procesamiento visual, en la búsqueda y acierto de símbolos y/o rostros (caras); así como para la capacidad de inhibición y acierto en la respuesta (pre = 86,44 y post = 106,84), aunque para ninguna de estas tres, la mejora es significativa; no obstante, finalmente, la subprueba que mide el índice de control de respuesta (acierto/error), mejora significativamente después de la intervención (92,06 pre y 102,52 post). Esta mejora obtiene un valor de  $p=0,00$ , por lo que estadísticamente alcanza un nivel de significatividad alto. Un logro para la presente investigación que sitúa dicho resultado en sincronía con los de investigaciones de impacto, como las de Aadland et al. (2017), que obtuvieron efectos positivos sobre la inhibición con un programa similar: una intervención de aprendizaje activo de 10 meses; la de Bartolomew y Jowers (2011) para la cual se aplica el programa ¡TEXAS-I CAN! ® (50 min x 4/5 días/semana x 4-6 METS) durante cuatro semanas, y se obtienen mejoras para el tiempo de respuesta (aciertos) ; la de Hillman, et al. (2014), que muestra una mejora en la precisión del rendimiento de las tareas que requieren de inhibición y flexibilidad cognitiva, en niños de 8 años a partir del programa “FITKids”; y de Chaddock-Heyman et al., (2013), quienes observaron que los niños que participaron en una intervención de ejercicio de 9 meses, 5 días a la semana, mostraron mayor control ejecutivo, producido por un aumento de los patrones de activación prefrontal después de la intervención.

En cambio, el grupo control, no obtiene ninguna mejora significativa 18 meses después de la primera evaluación cognitiva. De hecho, empeora la puntuación (94,74 pre vs 89,95 post), para una de las cuatro subpruebas, concretamente en la subprueba que mide el promedio compuesto atencional que es, justamente, la que mejora de manera significativa para el grupo experimental después de la intervención.

Por lo tanto, aunque se requeriría de mayor fiabilidad estadística, los resultados del presente estudio van en la misma dirección que los publicados por investigadores de referencia y que, en conclusión, demuestran que una intervención de AF enriquecida cognitivamente y de lecciones académicas activas, produce, en general, mayor incidencia en la mejora de la atención selectiva y en la flexibilidad cognitiva (Schmidt et al., 2015; Hillman et al. 2014; van der Niet et al. 2016).

Hill et al. (2010), lo explican a partir de la concentración que precisa realizar una tarea cognitiva sin distorsiones o detonantes internos (como falta de control de inhibición) que provoquen imprecisión y mayor grado de errores en, por ejemplo, tareas de codificación de símbolos o dígitos; también obtiene unos resultados similares Gallota et al. (2015).

### ***Relación entre participar en el programa de AF y la mejora de la memoria***

De nuevo, que puedan asumirse semejanzas entre grupos para la variable, ahora la de memoria, antes de iniciar el programa de AF y que esta pueda ser estadísticamente diferente al finalizar la intervención entre grupos, explicaría la incidencia del programa de AF.

No obstante, para esta variable no se obtiene ninguna diferencia significativa entre la comparación de puntuaciones (ni del grupo experimental ni del control) para ninguna de las cuatro subpruebas emparejadas (momento 1 = pre y momento 2 = post). Básicamente se comparan las habilidades de la muestra para recordar palabras, dígitos y rostros a corto y a largo plazo. Aunque no es significativa, el grupo experimental obtiene una mejora para tres de estas cuatro subpruebas, a diferencia del control que mejora en dos de dos). El grupo que realiza la intervención mejora, concretamente en las que miden el recuerdo de palabras y de rostros a corto plazo; pero empeora en las subpruebas que miden la memoria auditiva y visual de trabajo a partir de una prueba de recuerdo de dígitos y rostros a corto plazo. Estos resultados no positivos (o que por lo menos no permiten confirmar que un programa de AF puede mejorar los procesos de memoria), coinciden con los de Mavilidi et al., (2018), y la intervención de aprendizaje de lecciones académicas activas que realizaron durante 22 semanas (15-20 min / día x 2-3 días / semana). No obtuvieron mejora ni para la memoria de trabajo ni para la de a largo plazo.

En cambio, otros como Schmidt et al., (2015), Crova et al. (2014), Dalziell et al. (2015), Kamijo et al. (2011), Koutsandreou et al. (2016) y van der Niet et al. (2016) sí que encontraron un pequeño efecto en la mejora de la memoria de trabajo.

### ***Relación entre participar en el programa de AF y la mejora del cálculo***

Dado que en la evaluación previa a la intervención “moverse y pensar” no se muestran diferencias significativas entre grupos concretamente para la variable del cálculo, es oportuno comprobar si, después de dicha intervención, existe o no una diferencia significativa.

Contrariamente a lo que espera encontrar el estudio, no existe una diferencia significativa al finalizar la intervención entre grupos de estudio. Otras investigaciones que no obtienen resultados que permitan mostrar la mejora de las matemáticas a partir de una intervención son los de Resaland et al (2015), que no encontraron ningún efecto significativo de la intervención sobre las matemáticas en niños de 10 años después de realizar una intervención de 7 meses basada en lecciones físicamente activas; tampoco Reed et al. (2010), mediante un programa académico de matemáticas activas de tres meses de duración; ni Graham et al. (2014) que evalúa si realizar una sesión de matemáticas físicamente activa (a intensidad moderada), que recibe el nombre de “Jumpin! ®”, puede mejorar el rendimiento del cálculo matemático.

Estas evidencias que destacan la no relación entre participar en programas de aprendizaje activos y la mejora del rendimiento académico son coherentes con los resultados obtenidos en la presente investigación que muestran que, tanto antes como después de la intervención, el grupo control tiene mejor promedio que el experimental.

No obstante, los valores que obtienen ambos grupos son muy parecidos: pre-intervención, el grupo experimental se sitúa, en promedio, en un valor de 81,30 de aciertos sobre 10 y el grupo control en 81,67 sobre 100; al finalizar la intervención el grupo experimental mejora ligeramente y obtiene, en promedio, un nivel de acierto sobre 100 de 85,52, pero, no obstante, el grupo control también mejora y obtiene uno de 85,73.

Estos valores de acierto tan altos dificultan la interpretación y el posible impacto de la intervención, pero sí que son coherentes con la idea expuesta previamente, tanto en el apartado general de las discusiones del presente estudio (estudio 2), como en las discusiones del estudio 1.

Nos referimos a las que destacan la relación (estadísticamente significativa) que existe entre la práctica regular de AF y el rendimiento académico en, concretamente, la capacidad de cálculo y de operaciones mentales básicas (ver resultados estudio 1). Los resultados coinciden con otros estudios de referencia que relacionan la mejora en la capacidad de cálculo y operaciones matemáticas con el aumento (o mayor frecuencia en horas) de práctica de AF (Hillman et al., 2008, 2014, 2018; Fedewa y Ahn, 2011; Chaddock-Heyman et al., 2013; Singh et al., 2019; Esteban-Cornejo et al., 2019). Además, para Para Donnelly et al. (2009) y Ericsson (2008), la diferencia, en cuanto a frecuencia (horas/semanas) de práctica de AF está en realizar al menos 3 horas más de las que el programa escolar propone, es decir, sitúan la mejora en el rendimiento en matemáticas cuando la muestra realiza entre 5 y 6 horas de AF a la semana. Esta evidencia sirve para explicar que, dado que tanto el grupo experimental como el control superan, en promedio, estas 5 o 6 horas de AF/semana, pues el promedio sin intervención es de 6,64 h/s de AF, en este segundo estudio ambos obtienen una elevada puntuación y, entre ellos, no es posible un impacto a pesar de que el grupo experimental, una vez iniciada la intervención, se exponga a 5 horas/semana más de AF.

Dentro de este análisis, se puede destacar que el grupo experimental, en comparación a la propia evaluación previa y posterior a la intervención, obtiene una mejora significativa de nivel alto  $p < 0,01$  (0,00); y el grupo control, aun siendo también significativa, obtiene una mejora con valor de  $p > 0,01$  (0,02). Centrando el foco en la mejora del grupo experimental, se obtienen unos resultados que coinciden con los de Resaland et al. (2015), que encontraron que el rendimiento matemático de los niños de 10 a 11 años mejoró después de siete meses del programa Active Smarter Kids, mediante sesiones de 30 min de aprendizaje físicamente activo en 3 días/semana; también Mullender-Wijnsma et al. (2016), quienes, mediante un programa similar, observaron mejoras en Matemáticas; y Donnelly et al. (2017), que encontraron una mejora en el rendimiento matemático después de tres años de aprendizaje físicamente activo (10 min x 2 veces/día x 5 días/semana).

A partir de las evidencias de estos estudios y la mejora significativa ( $p=0,00$ ) que el grupo experimental muestra en la presente investigación, es posible apuntar en la misma dirección que otras prospectivas destacadas por algunos estudios de referencia como los de Ruitter et al., (2015), Vazou y Smiley-Oyen (2014), Donnelly y Lambourne (2011), Shoval et al. (2011), Fischer et al., (2011) y Mahar et al., (2006) entre otros, que destacan los efectos positivos de las lecciones académicas mediante movimientos corporales y el aprendizaje de, concretamente, las matemáticas. En dichas prospectivas

se hipotetiza que la comprensión y el aprendizaje de conceptos matemáticos aprendidos a través del movimiento es más eficaz (Fischer et al., 2011 y Link et al., 2013).

Algunos investigadores, como Winter, Marghetis & Matlock (2015) sugieren que la mayor comprensión de las matemáticas a partir de movimientos corporales, se explica porque el alumnado, especialmente en las primeras etapas (de 3 a 12 años), aprenden con mayor facilidad cuando realizan la tarea o reto de aprendizaje desde una experiencia manipulativa, es decir, cuando en el proceso de aprendizaje expone al alumnado a estímulos cinestésicos, visioespaciales, auditivos, y temporales, como, por ejemplo, participar en la representación de un número dentro de una recta numérica, en la cual, el alumno/a en cuestión es dicho número y debe situarse en el lugar (posición) que debe ocupar de la propia recta numérica. De manera que el niño o niña pueden moverse y desplazarse físicamente por el “camino” de las magnitudes numéricas.

Vincular el conocimiento matemático abstracto a experiencias reales permite transformar dicho conocimiento en un aprendizaje (experiencia) tangible. Esta transformación mejora significativamente la comprensión matemática (Alibali et al., 2014) y optimiza el proceso de codificación, recuerdo y recuperación del aprendizaje (Madan y Singhal, 2012).

De acuerdo con esta base teórica se planifican las sesiones de aprendizaje físicamente activo de las matemáticas del programa de intervención de la presente investigación. Y aunque es cierto que el alumnado que participa en el programa muestra una mejora significativa del conocimiento matemático, por lo que es posible reiterar en la idea que existe una mejora y que el aprendizaje físicamente activo puede funcionar, también es cierto que no ha sido posible demostrar que la mejora existe exclusivamente a partir del programa, pues, el grupo control (que no realiza la intervención y únicamente realiza sesiones de matemáticas “estáticas”) también mejora de forma significativa el rendimiento de dicha capacidad. Los resultados obtenidos son poco concluyentes y se relacionan con los publicados por otras investigaciones como las de Ahamed et al. (2007) que, después de una intervención de 15 minutos adicionales de AF en el aula (5 días a la semana) durante 16 meses, no encuentran una diferencia significativa entre el grupo que la realiza y el que no. Tampoco el estudio de Ruitter et al. (2015) encuentra efectos de mejora adicional en el grupo que realiza el aprendizaje de las matemáticas en movimiento y el que no las aprende de la manera tradicional.

Estos hallazgos muestran que aún existe cierta ambigüedad en las evidencias sobre el impacto o los aportes del aprendizaje físicamente activo de, concretamente, las

matemáticas, pues, aunque los estudios sí que muestran la mejora del rendimiento del grupo experimental, coinciden en no poder demostrar la mayor mejora del grupo que realiza la intervención en diferencia al grupo que no la realiza.

***Relación entre participar en el programa de Aprendizaje Físicamente Activo “moverse y pensar” y la mejora del rendimiento académico***

Para comprender la relación que puede haber entre realizar lecciones académicas activas y la mejora del rendimiento académico, es necesario volver al punto de partida.

El punto de partida es la evidencia (ya presentada en los resultados y las discusiones del estudio 1) que demuestra la relación significativa entre la práctica de AF y la mejora de algunas funciones cognitivas que son determinantes en los procesos de aprendizaje y que, por lo tanto, pueden mejorar el rendimiento académico (Hillman et al., 2014; Burrows et al. 2014; Ericsson et al. 2014; y Coster & Karlsson, et al. 2018).

Además, un estudio reciente de Fritz et al. (2020), sostiene la evidencia y explica que los niños que realizan 40 minutos diarios de AF escolar durante nueve años (correspondientes a los 9 cursos escolares obligatorios), obtienen calificaciones (rendimiento académico) más altas que los niños que únicamente realizan los 60 minutos semanales de la sesión de educación física.

No obstante, nos referimos a estas evidencias como el punto de partida porque, en realidad, aquello que a partir del programa de aprendizaje físicamente activo se pretende demostrar es la posibilidad de aprender una lección académica, como pueden ser las matemáticas, la lengua o las ciencias, mediante lecciones activas que sugieren retos motrices y cognitivos de manera simultánea. Una posibilidad que no solo beneficia a la exposición motriz, sino también al aprendizaje de dichas lecciones.

Este método es también conocido como teoría del aprendizaje incorporado y es objeto de investigación de, por ejemplo, Mavilidi et al., (2018), quienes insisten en que el conocimiento básico (tanto motriz como cognitivo) puede servir como apoyo e instrumento para el aprendizaje de tareas motrices o, en este caso académicas, más complejas, como por ejemplo la comprensión de textos, la aritmética mental, el razonamiento y la resolución de problemas. Se explica dicha relación de apoyo a causa de la involucración de los procesos y funciones visuales y motoras del cerebro durante algunas acciones motoras y de carga cognitiva específicas. Perini et al. (2016), apuntan

que la combinación de sesiones de entrenamiento que siguen y garantizan ambas condiciones (físicas y cognitivas) son el método (diseño de AF) más susceptible de éxito.

Esta relación indica que la percepción y la acción están estrechamente entrelazadas y que las personas aprenden de la interacción entre su cuerpo y el entorno (Wilson & Fowler, 2005). Es decir, el movimiento corporal y los recursos o estímulos del contexto contribuyen en la construcción de experiencias perceptivas que mejoran los procesos de representaciones mentales y simbólicas que son elementales para la consolidación de un aprendizaje (Vitale, Swart y Black, 2014).

A partir de la investigación que relaciona el sistema motor humano (movimiento) y los sistemas de aprendizaje (cognición), se determina que un proceso elemental para la consolidación de las experiencias – el que garantiza que “se aprende además de jugar” – es el de la memoria de trabajo (Paas y Sweller, 2012). Es importante entender esta relación porque permite explicar que la mejora de los procesos de memoria y de atención (que también están entre ellos relacionados, ver resultados del estudio 1) son elementales para la mejora de cualquier aprendizaje académico.

Paas y Sweller (2012) lo explican a través de la clasificación del movimiento humano como una forma, herramienta, estrategia o método para adquirir el conocimiento biológico básico al cual se refieren Mavilidi et al., (2018), pero incidiendo y destacando en la importancia de los procesos de memoria porque son los que, tal como sugieren Eichenbaum (2002), Cahill et al., (2003) y Chaddock (2010) en el apartado del marco teórico del presente trabajo, determinan la codificación y recuperación necesaria de una experiencia o conocimiento antes de consolidarse como un aprendizaje.

De esta manera, comprendida la perspectiva de la teoría del aprendizaje incorporado y de la metodología de aprendizaje físicamente activo y la relación de esta con la mejora de los aprendizajes y en consecuencia del rendimiento académico, es preciso, en la presente investigación, discutir sobre si llevar a cabo dicha propuesta supone o no una mejora del rendimiento académico del grupo que la realiza y en comparación al grupo que sigue la metodología de aprendizaje clásico (no incorporado en la AF).

La intervención del presente estudio, llevada a cabo en la escuela GPV (Esplugues del Llobregat), propone restar 5 horas (una cada día) de la dedicación prevista (sobre horario) para el aprendizaje de las matemáticas, la lengua y las ciencias siguiendo la metodología de clase habitual en el aula, para dedicarlas al aprendizaje físicamente activo siguiendo la teoría del aprendizaje incorporado, que en este caso se da a partir de la AF y fuera del aula.

Para comprobar si existe o no relación, se establece una hipótesis de investigación que pretende demostrar que realizar un programa de aprendizaje físicamente activo (proyecto “moverse y pensar”) permite mejorar el rendimiento académico (en promedio) de los alumnos que lo practican.

La hipótesis de estudio tiene como objetivo desmentir la inquietud científica, educativa y especialmente social (sociedad en general y familias en participar), acerca de la idea que dedicar más horas de la jornada escolar a la “teoría” o la memorización de las matemáticas (cálculo, razonamiento abstracto y numérico), la lengua (vocabulario, ortografía y razonamiento verbal), o las ciencias (conceptos y experimentación), entre otras disciplinas, permite garantizar el máximo (óptimo) aprendizaje de todas ellas. Y que, por lo tanto, si aumentar las horas de educación física o AF, supone restar de las otras, es del todo inconcebible porque perjudica el aprendizaje de éstas y tiene una influencia negativa en el rendimiento académico. Por ello, en la planificación del programa de AF diaria (Moverse y Pensar) se parte de las competencias, objetivos y contenidos curriculares propios de las matemáticas, la lengua y las ciencias que los alumnos del grupo experimental debían de aprender sentados en la silla (dentro del aula), tal como lo siguen haciendo los compañeros del grupo control. Tal como se menciona en el apartado de *procedimiento* del presente estudio, toda esta planificación se elabora mediante el trabajo en equipo de la persona responsable de aplicar dicho programa de AF (Gabriel Díaz) y la coordinadora de etapa (M.O) y las tutoras, tanto del grupo experimental (N.G, año 1; M.V, año 2) como del control (D.D, año 1; J.L, año 2).

A fin de analizar los efectos de la intervención, en primer lugar, es necesario conocer si antes de la intervención había o no diferencias entre el rendimiento académico de ambos grupos. Por ello se comparan los promedios obtenidos a junio de 2018 de cada grupo (experimental/control) y en cada una de las disciplinas (o áreas de conocimiento) involucradas: matemáticas, lengua y ciencias.

Se obtiene que el promedio (siempre un valor numérico del 0 al 10) de las matemáticas es para el grupo experimental de 8,08 y de 8,04 para el control, por lo que la diferencia es prácticamente mínima; para el área de la lengua es de 7,59 en el grupo experimental y de 7,63 en el control, de nuevo la diferencia es mínima, pero en este caso a favor del control; y en las ciencias, el experimental obtiene un promedio de 7,37 a diferencia del 8,09 que obtiene el control, en este caso sí que existe una diferencia de más de medio punto a favor del grupo control; finalmente se calcula el promedio total (a partir de los tres promedios) y se obtiene que, a junio de 2018 (únicamente después de 5 meses de intervención, es de 7,68 para el grupo experimental y de 7,92 para el control. No existe

mucha diferencia, pero que sea el grupo control el que, de punto de partida, tiene mejor promedio, es un hecho que puede ayudar a explicar la mejora del experimental si éste, en finalizar la intervención de 18 meses, supera en promedio al control.

Comprobada la similitud entre grupos a junio de 2018, en segundo lugar, se comparan los promedios obtenidos a junio 2019 de cada grupo y de cada una de las áreas involucradas:

- Matemáticas: el grupo experimental obtiene una puntuación (en promedio) de 7,84 en comparación al 7,35 del grupo control.
- Lengua: un 7,35 para el grupo experimental y 7,03 para el grupo control.
- Ciencias: 7,63 del grupo experimental vs 7,22 del grupo control.
- El promedio total en finalizar el curso de 2º de educación primaria (junio 2019) es de:
  - **7,61 → Grupo Experimental**
  - 7,20 → Grupo Control

Estos resultados muestran que el grupo experimental, tanto en el promedio total como en el particular de cada una de las tres áreas aprendidas a través del movimiento, obtiene mejores puntuaciones que el grupo control, resultados que, tal como anticipa Mahar (2011) y Mahar et al. (2006), podrían sugerir que realizar actividad física durante el aprendizaje no supone ningún efecto adverso en el rendimiento académico de los niños, sino al contrario. Evidenciar que realizar una hora diaria de AF no incide negativamente en las cualificaciones finales de los alumnos, pese a “perder” una hora académica de aula (sedentaria), incitan a pensar que aplicar este método de aprendizaje incorporado y activo, podría mejorar tanto el estado físico como el cognitivo de los alumnos. En esta línea apuntan algunas de las revisiones sistemáticas basadas en el *Physically Active Academic Learning* (Watson, et al. 2017; Norris, et al. 2015; Martin y Murtagh, 2015; Owen et al. 2016).

Un aspecto que algunas de las intervenciones de referencia destacan y que coincide con los resultados del presente estudio, en cuanto a rendimiento académico, es la relación entre el impacto y la duración del programa. Es decir, cuando la intervención es puntual o no superior a 6 meses, el impacto sobre el rendimiento académico y concretamente sobre las matemáticas y la lengua es mínimo (no significativo). Esto sucede en la investigación de Graham et al., (2014), que concluyó explicando que una sola sesión de *Physically Active Academic Learning* (PAAL) no mejora el rendimiento académico; y también en la de Reed et al., (2010), que incorporan 30 minutos de AF en

las clases de Matemáticas, Lengua y Ciencias Sociales durante 3 días / semana y con una duración de 3 meses, sin mejoras significativas.

En cambio, las intervenciones a mediano y largo plazo que involucran al menos 15 minutos de PAAL por día mejoran las habilidades de matemáticas, lectura, ortografía y alfabetización en las investigaciones de Bartholomew et al., (2018), Donnelly & Lambourne (2011), Donnelly et al., (2009; 2017), Mavilidi et al., (2018), McCrady et al., (2015) y Mullender- Wijnsma et al., (2016) entre otros que, de esta manera, coinciden con las diferencias entre los promedios obtenidos de la presente investigación en junio de 2018 (después de 5 meses de intervención) y los obtenidos en junio de 2019 (después de 18 meses de intervención).

Estos resultados permiten establecer una discusión pareja a los logros obtenidos por el estudio de Mullender-Wijnsma et al., (2016), que comparan el rendimiento de los estudiantes de segundo y tercer grado de educación primaria entre lecciones académicas físicamente activas (20-30 minutos de actividad física, tres veces por semana, durante 22 semanas) y lecciones habituales en el aula sin actividad física, con unos resultado que muestran que después de 2 años, el grupo de lecciones activas obtiene mayor rendimiento en el aprendizaje de las matemáticas y la ortografía.

También con el estudio de Donnelly et al. (2009) – y después ampliado en Donnelly y Lambourne (2011), en el cual los alumnos que reciben un programa de AF diaria durante las lecciones académicas (90 minutos a la semana durante 3 años), obtienen mejor rendimiento académico en todas las áreas evaluadas (lectura, ortografía y matemáticas), en comparación a los alumnos que siguen el currículo regular. La mayor diferencia se encuentra en las matemáticas.

Las actividades físicas para las lecciones matemáticas consisten en correr, desplazarse y saltar mientras se realizan pequeñas operaciones de cálculo; se crean diferentes formas geométricas; o se aplican situaciones reales (a través del movimiento del propio cuerpo) sobre las fracciones.

Logros similares en cuanto la mejora del aprendizaje de las matemáticas y del rendimiento en general a través del movimiento se encuentran en estudios como el de Mullender-Wijnsma et al., 2015a, 2015b, mediante una intervención de dos años basada en el programa F&V de moderada y vigorosa intensidad física (MVPA) durante 10-15 min por 3 días/semana; y también en el programa ¡TEXAS-I CAN! ® de MVPA durante 10-15min por 5 días/semana, de Bartholomew et al., 2018.

En definitiva, a partir de los resultados obtenidos, el punto de interés en el que se encuentran las recientes revisiones e investigaciones del campo del PAAL o Aprendizaje Físicamente Activo y el presente estudio, es el de poder demostrar que la realización de un aprendizaje académico más activo, o inducido a partir de la AF, permite aprender los conocimientos de las matemáticas, la lengua y las ciencias, de la misma manera o incluso en ocasiones mejor (con mayor eficiencia y consolidación del aprendizaje), que cuando las lecciones académicas se dan de manera estática: en una silla, escuchando y escribiendo en un papel.

Esto sugiere que es posible aprender de una manera más lúdica, vivencial y activa, por lo que este tipo de aprendizaje mediante el movimiento es posible en las escuelas. Un método que de entrada aportaría: 1) un campo a desarrollar en el futuro para mejorar la salud física, cognitiva y emocional de los alumnos; y 2) un cambio de paradigma con respecto al aprendizaje sedentario habitual (Castelli et al., 2007; Trudeau y Shephard, 2008; Chomitz et al., 2009; Mavilidi, et al. 2018 Reece et al., 2020).

Queda un largo recorrido de aprendizaje en el futuro para determinar qué programas, tipos de AF y requerimientos cognitivos serían los más adecuados para incidir positivamente en diversas capacidades académicas y cognitivas en general, pero si el presente estudio puede servir – desde las propias limitaciones – para que las instituciones, las universidades y las escuelas se planteen métodos y proyectos de aprendizaje físicamente activo, ya habrá tenido parte del impacto deseado.

### ***Estudio 3: Incidencia de una sesión de AF intensa en el aumento de los niveles basales de BDNF en saliva***

#### ***Introducción***

En la actualidad, los estudios que se enmarcan desde el conocimiento de la neurociencia hasta el contexto de la actividad física y el aprendizaje (Donnelly, et al., 2016; Singh et al., 2019; Chaddock et al., 2018; Fritz, 2020; y Hillman, et al., 2020, entre otros), sugieren que los niños activos tienden a tener mejores resultados cognitivos y de salud en comparación con sus compañeros menos activos. Estos hallazgos han generado un mayor interés en conocer la conexión entre la actividad física y el desarrollo cognitivo.

Se considera pues que la actividad física tiene un efecto positivo en las funciones cognitivas, y que se debe, en parte, a los cambios fisiológicos que produce en el metabolismo y en la estructura cerebral (Zeng, 2017). Autores como Endo et al. (2013); Schmolesky et al. (2013); Yanagisawa et al. (2010); Dalsgaard et al. (2004), entre muchos otros, hace más de dos décadas que aportan evidencias para determinar que una sesión de ejercicio físico agudo (a alta intensidad y de exigencia cardíaca máxima), se asocia con una mayor oxigenación prefrontal; con el aumento de neurotrofinas circulantes, de catecolaminas y de factores que inciden en el estado metabólico de las células cerebrales. Otros investigadores insisten en que la intensidad y la duración de la sesión son los factores determinantes para que exista dicha influencia sobre el funcionamiento del sistema nervioso central (Knaepen et al., 2010; McMorris, 2016; Anderson & Durstine, 2019). Por lo tanto, se determinan los requerimientos de la tarea motriz desde una perspectiva cualitativa y cuantitativa que concretan las características que debe incorporar una sesión de AF para poder incidir en los procesos cognitivos (Pesce, 2012).

Para la concreción de estos requerimientos no existe aún una pauta universal que pueda convencer a toda la comunidad científica, pues, en ocasiones, también aparecen otros factores externos a la tarea motriz que pueden crear interferencias y no permiten alcanzar los objetivos (resultados de investigación) esperados. Algunos de estos factores son la edad de los participantes, el contexto socioeconómico y familiar, la localización geográfica del centro escolar, el proyecto educativo, las actividades no lectivas, la predisposición genética, etc. No obstante, a partir de artículos de metaanálisis es posible acotar algunos aspectos cualitativos y cuantitativos de la

práctica de AF, por ejemplo, la intensidad. Se considera de alta intensidad una sesión de AF que permite alcanzar valores de exigencia cardíaca máximos en los participantes. Los valores deben situarse entre el 80 y el 100% de la capacidad máxima de latidos por minuto (lpm). Dependiendo de la edad de los participantes los valores máximos (que se sitúan a partir del 80%) pueden oscilar entre 130 lpm para edades de 18 a 25 años y 180 lpm aproximadamente para edades de 5 a 9 años (Riebe, 2018). Estos niveles de exigencia física y respiratoria no pueden mantenerse durante todo el transcurso de la sesión, de manera que la planificación de esta debe intercalar ráfagas de ejercicio físico intenso con pequeños descansos activos (Hurst et al., 2019). Este tipo de sesiones son conocidas por la bibliografía científica como sesiones HIIT (High-Intensity Interval Training). Autores como Norton et al. (2010); Marquez et al., (2015); Cabral-Santos et al., (2016); Slusher et al., (2018), entre otros, coinciden en que a través de las sesiones HIIT es posible incidir más en las capacidades cognitivas que a través de sesiones poco intensas, como puede ser caminar, o de intensidad moderada, como puede ser correr o ir en bicicleta a bajo ritmo.

Otro aspecto que determina la eficiencia de la tarea motriz es la duración. Se conoce que una sesión de menos de 20', aun siendo intensa, no es capaz de tener una incidencia significativa en las funciones cognitivas (van den Berg et al. 2016); en cambio, realizar una sesión HIIT de entre 20 y 40 minutos produce mejoras en algunos procesos cognitivos (Chang, et al., 2015; Chen, et al., 2017). En esta línea es importante destacar que el factor duración no sigue una lógica ascendente, pues cuando una sesión intensa (HIIT) se realiza durante más de 40' puede producir el efecto contrario y provocar un excesivo desgaste energético (físico y mental) en el cerebro.

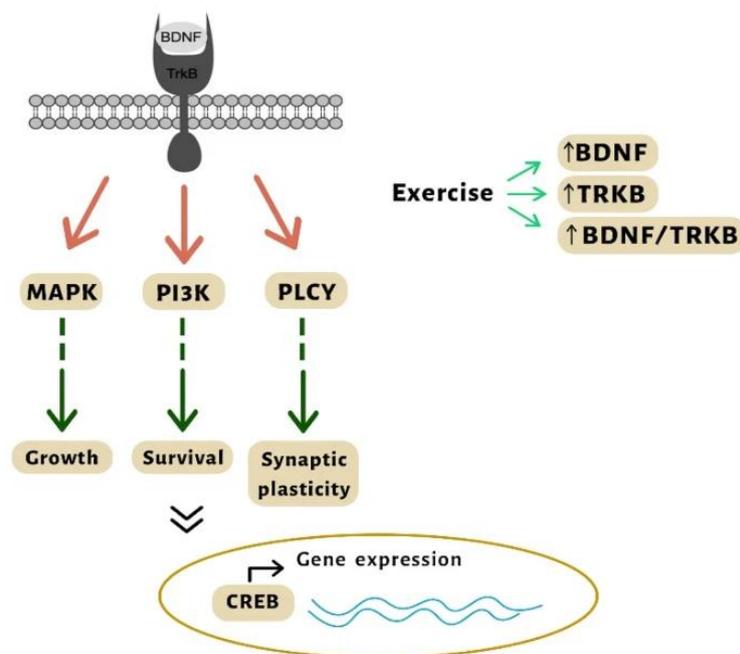
Por lo que, en resumen, una sesión de AF intensa debe tener una duración de unos 30 minutos y debe estar debidamente planificada para incorporar etapas de exigencia y de recuperación física (Gibala y Jones, 2013; Gillen y Gibala, 2013; Weston et al., 2014) que permitan incidir satisfactoriamente en la activación de los sistemas moleculares que producen los cambios fisiológicos en el cerebro, presentados en el planteamiento de la hipótesis inicial.

Para el presente estudio, que corresponde al tercer estudio de la tesis doctoral, se centra el foco en la concentración en saliva de BDNF antes y después de la realización de una AF intensa. Existen numerosos artículos que presentan diversos componentes químicos que, estimulados por el ejercicio físico, tienen incidencia en algunas funciones que mejoran algunos procesos cognitivos, pero, tanto por adecuación del estudio al contexto de intervención (ámbito escolar), como por la bibliografía encontrada, se decide

investigar sobre una proteína de la familia de las neurotrofinas, comúnmente conocida como Brain-derived neurotrophic factor (BDNF). Esta proteína se encuentra en el sistema nervioso y actúa como un factor de crecimiento nervioso que se expande por algunos órganos periféricos, como el músculo esquelético (Funakoshi et al., 1993; Conner et al., 1997; Matthew et al., 2017). El BDNF es esencial para la supervivencia de las neuronas motoras y para el desarrollo de los procesos fisiológicos que desempeñan funciones de plasticidad sináptica (Gomez-Pinilla & Hillman, 2013). Por su papel en la realización de tareas motrices, es por naturaleza, una proteína sensible al ejercicio físico, de manera que la práctica de éste, aun siendo puntual, permite que los niveles basales de esta proteína aumenten de manera considerable (Márquez, et al., 2015; Cabral-Santos, et al., 2016; Slusher, et al., 2018).

Aunque los beneficios del ejercicio físico han sido relacionados con diversos factores de crecimiento, el BDNF es el único que se ha visto consistentemente elevado tras algunas semanas de ejercicio físico continuado (Garcia et al. 2017). Liberado en el hipocampo y regiones corticales, esta neurotrofina puede permanecer elevada durante varios días después del ejercicio (Garcia et al. 2017; Real et al. 2017).

La siguiente figura demuestra el efecto del ejercicio en la concentración de BDNF, que, a través de sus receptores, activa funciones celulares relacionadas con el crecimiento, la supervivencia neuronal y la plasticidad sináptica:



**Ilustración 11.** Crecimiento de BDNF inducido por el ejercicio físico (Rezaee et al, 2022).

De manera resumida, y según exponen Fernandes Arida & Gomez-Pinilla (2017) cuando se da una tarea motriz que cumple con los requerimientos cualitativos y cuantitativos, se estimula el aumento de factores de crecimiento cerebral, como es el BDNF, y que estos desempeñan un papel crucial en los procesos cognitivos, actuando incluso como agentes neuroprotectores de la actividad eléctrica y de la circulación cerebral, premiando significativamente a las neuronas (conexión y función) y produciendo, en cadena, un mayor desarrollo de algunas habilidades motoras y cognitivas (Maurer & Roebbers, 2019) que tienen como desencadenante la mejora de capacidades elementales para el aprendizaje (Hillman, et al., 2008; Van Praag, 2008; Erickson, et al., 2011; Singh, 2014; Matthew et al., 2017).

En base a estos argumentos queremos comprobar si una sola sesión de ejercicio físico, de las presentadas en la intervención experimental de esta tesis doctoral (programa de AF diaria, moverse y pensar), permite que los niveles basales de la proteína BDNF aumenten inmediatamente después de la exposición a la tarea motriz. No obstante, si bien la mayoría de las mediciones de BDNF documentadas en humanos se realizan en plasma, en este estudio se escogió la saliva por la facilidad de acceso a esta muestra en los niños.

Al no ser la escuela un entorno medicalizado, la extracción de sangre hubiera resultado muy dificultosa. Al existir estudios mostrando que es posible detectar BDNF en saliva (Selvaraju et al. 2022; Jasim et al., 2018; Vrijen et al., 2017; Mandel et al., 2011, entre otros), se optó por aplicar una aproximación similar en nuestro proyecto. No obstante, no existe prácticamente literatura comparando los niveles en plasma y saliva de este factor de crecimiento.

## **Objetivos**

A partir de los principales hallazgos que demuestran que una sola sesión de AF aeróbica intensa hace aumentar los niveles de factores neurotróficos y de proteínas que actúan como químicos en el cerebro y que mejoran el funcionamiento de algunas capacidades cognitivas, nos preguntamos si podríamos encontrar alguna de estas proteínas, por ejemplo, el BDNF, mediante el análisis de saliva en un momento previo y posterior a la sesión de AF en niños y niñas de 6 y 7 años.

### **Objetivo principal del estudio**

**O3:** Analizar la relación entre una sesión de actividad física intensa y el aumento de marcadores biológicos como el BDNF.

### **Subobjetivo**

- Determinar si una sesión de actividad física intensa puede hacer aumentar un factor de crecimiento neuronal, el BDNF, relacionado con la plasticidad neuronal y los aprendizajes, en muestras de saliva en niños y niñas de 6 años.

### **Hipótesis**

**H3:** Existe relación entre una sola sesión de actividad física intensa y el aumento de marcadores biológicos, como el BDNF, analizados mediante saliva.

### **Hipótesis específicas o subhipótesis**

- Una sola sesión de ejercicio físico intenso permite aumentar los niveles basales de la proteína que actúa como factor neurotrófico (BDNF).
  - Los participantes alcanzan (en promedio) niveles de máxima exigencia cardíaca (lpm) durante la realización de una sesión de actividad física intensa.
  - Existe relación entre el aumento de la intensidad en la práctica de ejercicio físico (medido por Frecuencia Cardíaca) y aumento de los niveles basales de BDNF (pre-post).

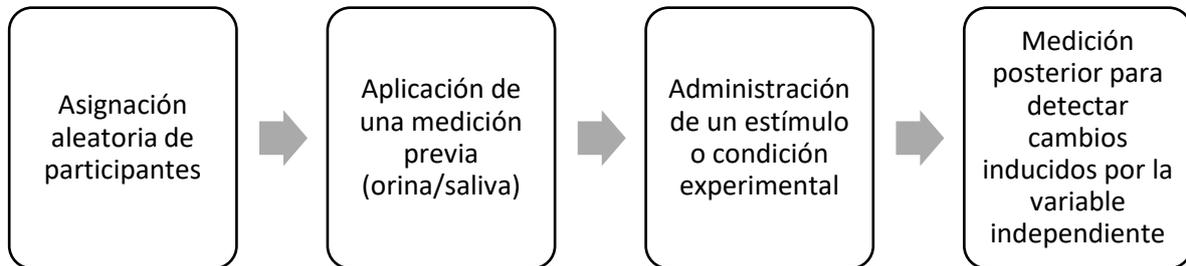
## **Diseño**

El tercer estudio forma parte de un estudio complementario al estudio dos y a la investigación experimental del estudio longitudinal que se presenta. En esta, se introduce también la AF como variable experimental para tratar de explicar (mediante datos descriptivos y de efecto causal) la variación de otras dos variables: una de carácter cardiovascular (frecuencia cardíaca) y una de carácter biológico y de función neuronal (una proteína que actúa como factor neurotrófico y es conocida como BDNF). Por lo tanto, ambas variables son recogidas en dos momentos: antes y después de una sesión de AF intensa de 45 minutos. Se escoge una sesión del mes de mayo porque al llevar desde finales de enero realizando este tipo de sesiones aeróbicas, los participantes ya están acostumbrados y el factor motivación, nervios y emoción por una actividad nueva, se reduce; también el tiempo que debe dedicarse a las explicaciones de carácter teórico que, durante las primeras sesiones, puede provocar un exceso de tiempo de no actividad física y de más actividad de interpretación y comprensión de la actividad.

En la investigación se aplica de nuevo el diseño de investigación que Hernández (2014) denomina como casi experimental, pues en él se aplica un experimento (aplicación de un estímulo controlado) a través de la exposición a la práctica de AF intensa, lo que introduce un cambio en la naturaleza de las muestras de estudio (López-Roldán & Fachelli, 2017), pero no existe un control total de las muestras ni de las variables. Se recogen datos en dos momentos, uno previo a la intervención y uno posterior, todos ellos son de carácter cuantitativo para la comparación de medias de muestras emparejadas (Prueba T) y correlacional mediante Rho de Spearman para pruebas no paramétricas de muestras pequeñas.

A todos los participantes (n=15) se les tomó una muestra de saliva antes y después de la práctica de la sesión de actividad física de alta intensidad. Se trata de una de las sesiones enmarcadas en el proyecto “moverse y pensar” presentado en el estudio 2.

Por lo tanto, el método del experimento sigue el proceso recogido por Hernández (2014) y utilizado comúnmente en las investigaciones experimentales. Es el siguiente:



**Ilustración 12.** Diseño de la intervención (esquema de elaboración propia)

En definitiva, el estudio tiene como objetivo comparar los niveles basales del momento previo y del momento posterior a la intervención para comprobar si la práctica de actividad física permite aumentar los niveles de alguno de los biomarcadores que inciden en la función sináptica del alumnado que práctica dicha intervención.

Sin embargo, es preciso añadir que de acuerdo con la tipología de diseños experimentales de Campbell (1986), al no existir un grupo de comparación se trata de un diseño de “preexperimento” que no podrá ser concluyente para establecer una relación de causalidad.

En la planificación del estudio se aplicó la medición previa a un grupo control (misma edad y escuela) que no realizó la actividad física. De igual modo se obtuvieron no sólo muestras de saliva sino también de orina en ambos grupos. No obstante, a consecuencia de limitaciones técnicas, únicamente se pudieron analizar las muestras de saliva de los participantes del grupo que recibieron la intervención (grupo experimental). Se escoge el grupo que recibe el tratamiento experimental porque sobre éste, existe un punto de referencia inicial (medición previa) y esta puede servir de comparación con la medición (extracción de saliva) posterior, a la práctica de AF intensa.

Se decidió congelar para futuras investigaciones el resto de las muestras (saliva y orina) que no se pudieron utilizar para el análisis de este estudio.

### ***Muestra del estudio***

La muestra de estudio fue seleccionada aleatoriamente entre los sujetos que participan en el estudio de este trabajo y, concretamente, que forman parte del grupo experimental que lleva a cabo el programa de intervención de AF diaria (moverse y pensar). Corresponden concretamente a 15 de 27 alumnos de la escuela GPV de la ciudad de Esplugues (Barcelona). Por lo tanto, la muestra escogida de entre la población que disponía el estudio ( $n=27$  alumnos que forman parte de la clase del grupo experimental), es igual a 15 participantes. No se excluyen a los 12 participantes restantes por ningún motivo relacionado con la capacidad física, de nivel deportivo y/o cognitiva o académica, sino porque únicamente 15 participantes de los 27 son capaces de realizar la prueba de saliva satisfactoriamente.

Todos ellos son alumnos que realizan el primer curso de primaria, por lo que la edad biológica es, en ningún caso inferior a 6 ni tampoco superior a 7 años. Un promedio aproximado es de 6,5 años de edad, debido a que la prueba se realiza en mayo de 2018. Se escoge este mes porque se considera oportuno que sea en un punto algo avanzado de la intervención, en este caso, después de estar expuestos al menos 4 meses, al tipo de sesiones que el programa de AFA propone para el estudio.

En el momento de escoger al alumnado no se concretan características como el nivel deportivo o el socioeconómico, entre otras. No se tiene en cuenta porque, en primer lugar, no se considera que ningún participante se sobresalga de los estándares; y en segundo lugar porque todos ellos forman parte de la misma clase y pertenecen al grupo experimental del estudio. No obstante, tal como se ha informado, de los 27 sujetos que forman el total de la muestra y que podrían considerarse la población (acotada) de estudio, únicamente 15 realizan satisfactoriamente la prueba de saliva, por lo que finalmente la muestra de estudio se concreta en 15 participantes.

De nuevo, se justifica que la escuela GPV fue elegida porque se adecúa a las variables de interés, tanto por la homogeneidad en el nivel socioeconómico de los alumnos, como por ser una escuela de más de una línea y, por la proximidad que tiene al hospital de Sant Joan de Déu de Barcelona (fundación de este equipo de investigación).

Todos los alumnos tuvieron que devolver firmado el consentimiento para participar en este estudio de análisis biológico mediante pruebas de extracción de saliva y orina (en ningún caso invasivas en sangre). El estudio fue aprobado por el Comité de Ética del Hospital y del consentimiento informado de los padres de los niños participantes y los

criterios de aceptación del equipo de investigación del Hospital San Juan de Dios de Barcelona. Las muestras son presentadas según la declaración de Helsinki del 1964 revisada en 2013.

Antes de las pruebas los padres informaron que sus hijos estaban libres de enfermedades neurológicas o sistémicas, así como de cualquier tipo de discapacidad.

### ***Variables medidas e instrumentos aplicados***

Muestras biológicas para la detección de BDNF: se realizó el análisis mediante las pruebas de saliva Salivette y Falcon para medir el BDNF a través de la técnica ELISA (Mandel et al, 2011) en el laboratorio de metabolismo sináptico de la Fundació Sant Joan de Déu (IP Dra. García-Cazorla).

Inicialmente se había planteado además extracción de DNA (kit oragene DNAOG-500) para estudio del análisis de polimorfismos de genes dopaminérgicos y catecolaminérgicos y de BDNF, así como genes regulados por éste (panel Agilent (SureDesign) y secuenciación SANGER). Para las muestras de la orina se pretendía analizar el lactato, los cuerpos cetónicos, los ácidos orgánicos (marcadores metabolismo energético que incluyen metabolitos del ciclo de Krebs y de la beta-oxidación de los ácidos grasos) y las monoaminas. No obstante, con la financiación dispuesta para el proyecto no pudieron realizarse todos los análisis, por lo que se decidió congelar la muestra no analizada a la espera de poderse retomar más adelante.

Para la validación de los resultados extraídos en saliva y analizados mediante la prueba de ELISA, se contrastó con la bibliografía (Mandel et al., 2011; Dinoff et al., 2017) y se comprueba que los niveles de BDNF en ng/ml pueden ser muy variables entre personas, no obstante, sí que se afirma que niveles mayores de ng/ml otorgan de mayor fiabilidad al estudio. Los encargados de pasar la prueba confirmaron que, debido a la edad de los participantes, algunos mostraron dificultades para realizar la prueba debidamente.

Para determinar si la sesión de ejercicio físico es intensa se mide la Frecuencia Cardíaca (Mínima y Máxima), a través del pulsómetro, Reloj Polar 90030909 OwnCode (5kHz) y la cinta de cintura como Sensor de Frecuencia Cardíaca - ANT+ Polar H9. El interés de estos datos cuantitativos es conocer la diferencia (en promedio) entre la frecuencia cardíaca de los participantes antes y después de finalizar una sesión HIIT (sesión intensa de ejercicio físico organizado).

## **Procedimiento**

Juntamente con el equipo de investigación del HSJD se acuerdan una serie de acciones que deberán hacer posible realizar la intervención y el análisis de este tercer estudio, y, a su vez, de la comprobación del objetivo y la hipótesis que en este se plantea.

A diferencia de los otros estudios (el estudio 1 y el estudio 2), en este tercer estudio, se realiza una recogida de muestra biológica mediante una prueba de saliva debidamente baremado y, a partir del cual se pretende hallar una proteína que esta relacionada con la segregación del factor neurotrófico conocido comúnmente como BDNF.

Los pasos que se planifican para dicho propósito son los siguientes:

1. Determinar la muestra de estudio de entre la población que ya pertenece al estudio y cuyas familias han rellenado el consentimiento informado.
  - a. En este caso, de los 155 sujetos que forman la muestra para el estudio 1, se excluye a los que no son alumnos de la escuela GPV; y también a los que, dentro de la misma, no forman parte del grupo experimental.
  - b. Se acota la muestra de estudio a 27 sujetos, todos ellos pertenecientes a la misma clase (grupo) de primero de educación primaria de la escuela GPV.
2. Extracción inicial de la saliva (momento pre actividad física).
3. Realizar la intervención de AF intensa (HIIT) para, según la bibliografía, incrementar los niveles de la proteína relacionada con el BDNF.
4. Extracción posterior de saliva (justo después de la sesión de AF).
5. Analizar en laboratorio (equipo de investigación del HSJD) las extracciones de los sujetos para establecer posibles relaciones (cambios significativos) en el aumento de dicha proteína pre y post sesión de AF.
  - a. Finalmente, de los 27 sujetos, únicamente es posible realizar el análisis de 15 muestras de salivas, debido a las dificultades humanas (de los sujetos de 6 y 7 años) para rellenar el instrumento con el mínimo de saliva necesario.
6. Análisis estadístico de las variables del estudio.
7. Resultados y comprobación de las hipótesis.

## **Análisis de datos**

Las pruebas (muestras biológicas mediante saliva y orina; marcadores de frecuencia cardíaca), fueron realizadas y analizadas mediante los recursos del Instituto de Investigación del Hospital Sant Joan de Déu de Barcelona, en este caso por miembros del equipo del laboratorio de metabolismo sináptico (Dra. Alba Tristán). Finalmente, debido a la falta de algunos recursos económicos para el análisis y de otras limitaciones que se explican en otros puntos del trabajo, se decide analizar únicamente las muestras de saliva extraídas mediante la técnica Elisa y concretamente de la prueba Falcon. Consiste en rellenar media probeta de laboratorio con la propia saliva. En cuanto a la prueba de Salivette, no fue posible el análisis porque la mayoría de los sujetos fueron sensibles a masticar el cilindro de algodón y no dejaron suficientes restos biológicos.

El total de variables generadas se introdujeron en una base de datos (Microsoft Acces); se tabularon variables cuantitativas y categóricas y se llevó a cabo una exploración preliminar de los datos, incluyendo: verificación y control de medidas no observadas, realización de pruebas de influencia en muestra, definición de estrategias de imputación de medidas no observadas.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa IBM SPSS (Stadistics®versión 25), aplicando básicamente pruebas para estudio de distribución de datos (Kolmogorov-Smirnov), de comparación de datos cuantitativos y de muestras independientes y relacionadas (Prueba T apareada y no apareada). Se aplica la prueba de Shapiro para contrastar la normalidad de la muestra; una vez validado que la  $p$  es inferior a 0,05 se utiliza la prueba de Rho de Spearman para detectar si existe correlación de muestras emparejadas no paramétricas.

Los datos que se presentan corresponden a números absolutos ( $n$ ), porcentajes (%), puntos porcentuales (pp), valor de significancia ( $p$ ), niveles basales en saliva (ng/ml) o medias con intervalos de confianza del 95% (IC del 95%).

Los análisis de este trabajo se han realizado a partir de la comparación entre los niveles encontrados de la proteína que actúa como factor neurotrófico antes y después de una sesión de ejercicio físico. Previo a este análisis se comprueba si la propia sesión permite aumentar de manera significativa los valores de frecuencia cardíaca de los participantes, confirmando si asume los requisitos para poderse considerar una sesión HIIT.

## Resultados

### Resumen

De acuerdo con los objetivos planteados para este estudio se obtienen de cada uno de los participantes que forman la muestra los siguientes datos y resultados generales:

**Tabla 44.** Comparación de medias de muestras emparejadas (Pre y Post HIIT)

<b>RESULTADOS OBJETIVO 3</b>	<b>PRUEBA T - COMPARACIÓN DE MEDIAS DE MUESTRAS EMPAREJADAS</b>		
<b>Batería de pruebas</b>	<b>Pre-HIIT</b>	<b>Post-HIIT</b>	<b>Sig.</b>
Test. Frecuencia Cardíaca	99,73	187,13	<b>0,008**</b>
Test. Falcon (BDNF)	0,496	0,728	0,191

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

**Nota.** BDNF = Brain Derived Neurotrophic Factor. HIIT = High-intensity interval training.

Para la prueba de frecuencia cardíaca se recogen los valores mínimos y máximos de cada sujeto, de esta manera se obtiene el promedio del grupo (n=15) para cada uno de los dos estados de exigencia física y respiratoria: la de reposo y la de acción. Es preciso destacar que el estado de reposo de los niños/as de 6 años es de entre 75 y 115 lpm; por lo que el promedio obtenido por la investigación (99,73 lpm) estaría dentro de este baremo de normalidad. En cuanto al baremo que determina la máxima, de entrada, debe sobrepasar el estado de reposo, por lo que debe ser superior a 115 lpm, no obstante, para poder determinar si la práctica de ejercicio físico que se realiza es de intensidad alta, es necesario que los participantes alcancen niveles de exigencia máxima. Para ello, una de las fórmulas comúnmente utilizadas es la de restados la edad del sujeto al valor de 220 lpm. En este caso, al tratarse de alumnos de 1r curso de educación primaria, se le restan 6 años al valor máximo:  $220 \text{ lpm} - 6 \text{ años} = 214 \text{ lpm}$ , en situación de máxima exigencia.

Estudios ya publicados justifican que una sesión de actividad física es considerada de intensidad muy alta (máxima exigencia) cuando los valores de frecuencia cardíaca se sitúan entre el 80 y el 100% de la frecuencia cardíaca máxima (HRmax) (Gibala et al., 2014; Saanijoki et al., 2018). Para conocer el valor del 80% de la exigencia máxima, se utiliza la fórmula  $=214 \cdot 80/100$ , y se obtiene que corresponde a 171,2 lpm. Este valor es superado por el promedio de latidos por minuto de la muestra del presente estudio, que es de 187,13, por lo que podemos considerar que la sesión de AF es de intensidad alta.

**Análisis descriptivo**

A continuación, se muestran los descriptivos de cada sujeto.

En primer lugar, se recogen los valores mínimos y máximos de latidos por minuto registrados de cada participante durante la realización de la actividad física propuesta.

**Tabla 45.** Descriptivos de la frecuencia cardíaca (mínima y máxima) de cada participante

<b>Nº muestra</b>	<b>FC-Mínima</b>	<b>FC-Máxima</b>
1	93	179
6	94	192
8	106	187
12	143	209
13	110	187
14	96	198
16	126	185
18	73	171
19	98	195
21	74	174
22	110	201
23	90	179
24	89	188
25	101	184
27	93	178
Promedio	<b>99,73</b>	<b>187,13</b>

**Nota.** FC = Frecuencia Cardíaca.

En segundo lugar, para la prueba de medición de BDNF, se analizan los niveles basales (medidos en ng/ml) que cada sujeto obtiene después de depositar ellos mismos la saliva dentro de una probeta de laboratorio, debidamente cerrada y conservada (-20°) para el posterior análisis en un tiempo máximo de cuatro semanas.

Los resultados descriptivos muestran, de entrada, que la mayoría de los sujetos únicamente rellenan una quinta parte del recipiente (dilution = 1/5); y pocos son capaces de rellena la mitad (dilution = 1/2), tal y como se les indica. A partir de esta limitación que evidencia la propia edad biológica de la muestra, desde el laboratorio se analizan las muestras mediante el planning Elisa (Mandel et al., 2011), específicamente con la prueba de Falcon y se obtienen algunas diferencias, en aumentos de niveles de ng/ml, que son de interés para la investigación y que aparecen en la tabla resaltados en negrita.

**Tabla 46.** Descriptivos de los niveles basales de BDNF de cada participante

FALCON		BDNF increases	
PRE		POST	
Dilution	Adj Conc (ng/ml) <sup>6</sup>	Dilution	Adj Conc (ng/ml)
1/5	0,122	1/2	<b>1,004</b>
1/5	1,351	1/5	0,012
1/5	0,123	1/5	<b>0,351</b>
1/5	0,244	1/5	<b>0,801</b>
1/5	2,271	1/5	1,279
1/5	0,622	1/5	0,572
1/5	0,02	1/2	<b>0,102</b>
1/5	0,008	1/5	<b>0,037</b>
1/5	0,027	1/2	<b>0,442</b>
1/5	0,008	1/5	<b>0,044</b>
1/5	0,522	1/5	<b>2,197</b>
1/5	0,883	1/5	<b>2,981</b>
1/5	0,363	1/5	0,321
1/5	0,01	1/5	<b>0,077</b>
1/2	0,353	1/5	0,063
<b>Promedio</b>	<b>0,495</b>	<b>Promedio</b>	<b>0,728</b>

**Nota.** BDNF = Brain Derived Neurotrophic Factor.

Se puede observar como la concentración ajustada (en ng/ml) de cada sujeto es variable, desde niveles pre AF de 0,008 la más baja, hasta 2,271 la más alta; y en niveles de post AF, desde 0,012 la más baja, hasta 2,981 la más alta. No obstante, el promedio que se obtiene para los niveles de pre AF es inferior al que se obtiene para los niveles de post (0,495; 0,728), por lo que la sesión de AF podría haber tenido la incidencia esperada.

Aun así, es importante destacar que existen varias limitaciones en esta prueba. Por una parte, el hecho de no disponer de valores de referencia en saliva en poblaciones de estas edades (tampoco en población general). Existe la posibilidad de que dentro de la dispersión de valores hallados en las medidas pre-AF, los que son muy diferentes a la mayoría sean valores no reales por errores en algún paso de la realización de la prueba. No obstante, esto no lo podemos saber con certeza dada la ausencia de experiencia previa por el equipo investigador en la medición de BDNF en saliva y la escasa información reportada en la literatura.

<sup>6</sup> Adj Conc (ng/ml): adjusted for C-reactive protein Concentration serum (ng/ml) as a biomarker.

### ***Estadística para muestras emparejadas***

A partir de los resultados descriptivos se utiliza la prueba estadística U de Mann para muestras emparejadas o medidas repetidas para confirmar, en primer lugar, que la sesión de AF induce a que la población de estudio (el grupo de 15 alumnos/as) aumente el nivel de exigencia cardíaca, pasando en promedio de un valor de reposo <115 lpm a un estado de exigencia máxima > 171,2 lpm; en segundo lugar, a través de la comparación de medias se pretende comprobar si el efecto de la sesión de AF intensa permite aumentar los niveles basales de la proteína de BDNF que se analiza mediante la prueba de saliva (Falcon), tanto en el momento previo como posterior a la realización de la tarea motriz. Se trata de una comparación intragrupo que ha de permitir dar respuesta a las dos primeras hipótesis planteadas en los objetivos de este estudio.

En las tablas se muestran los resultados de las comparaciones ya presentadas en los resultados descriptivos. No obstante, también se añade la categoría que señala si existe una diferencia significativa entre la media obtenida en el momento previo a la intervención y la obtenida en el momento posterior. Los resultados revelan que la sesión de AF provoca que el promedio de frecuencia cardíaca aumente de manera significativa y con valor de  $p = 0,00$  por lo que, al ser inferior a 0,01, se le concede la significancia de valor 2 y se acepta la hipótesis 1 (H1). Los valores de FC están obtenidos justo antes y justo después de la práctica, de manera que no pudo haber ningún factor ajeno añadido al efecto de la intervención que produjera tal aumento.

Para los promedios que explican las medias de los niveles de BDNF, justo antes y justo después de la realización de AF, se obtiene también un aumento favorable a la hipótesis de la investigación (H2). No obstante, este aumento no obtiene un nivel de significancia inferior a 0,05, por lo que la diferencia entre el momento previo y el posterior a la sesión de AF no es significativa.

**Tabla 47.** Comparación Pre y Post de las variables y cada muestra

<b>COMPARACIÓN DE MEDIAS - Muestras Emparejadas</b>		
<i>H1: Los participantes alcanzan (en promedio) niveles de máxima exigencia cardíaca (lpm) durante la realización de una sesión de actividad física intensa.</i>		
<i>H2: Una sola sesión de ejercicio físico intenso permite aumentar los niveles basales de la proteína que actúa como factor neurotrófico (BDNF).</i>		
<b>MEDIA (Pre y Post HIIT – Actividad física)</b>	<b>Nivel basal de BDNF</b>	<b>Frecuencia Cardíaca (FC)</b>
Pre (n = 15)	0,496	99,73
Post (n = 15)	0,728	187,13
Sig (p < 0,05)	0,19	<b>0,00**</b>

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

**Nota.** BDNF = Brain Derived Neurotrophic Factor. HIIT = High-intensity interval training.

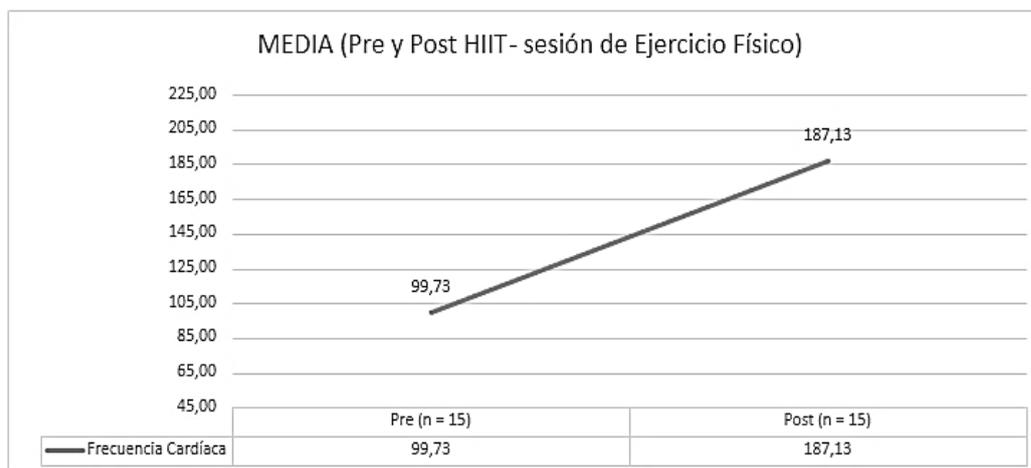
Para observar en detalle el aumento de cada una de las dos variables sobre las que la AF ha incidido, se presentan las siguientes tablas y gráficos. En primer lugar, las referentes a las medias emparejadas de Frecuencia Cardíaca.

**Tabla 48.** Promedios de Frecuencia Cardíaca (mínima y máxima) del total de la muestra.

<b>Estadísticas de muestras emparejadas</b>					
		Media	N	Desv. Desviación	Sig.
Par 1	Frecuencia Cardíaca-Pre	99,73	15	18,010	0,008**
	Frecuencia Cardíaca-Post	187,13	15	10,480	

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

**Nota.** BDNF = Brain Derived Neurotrophic Factor. HIIT = High-intensity interval training.



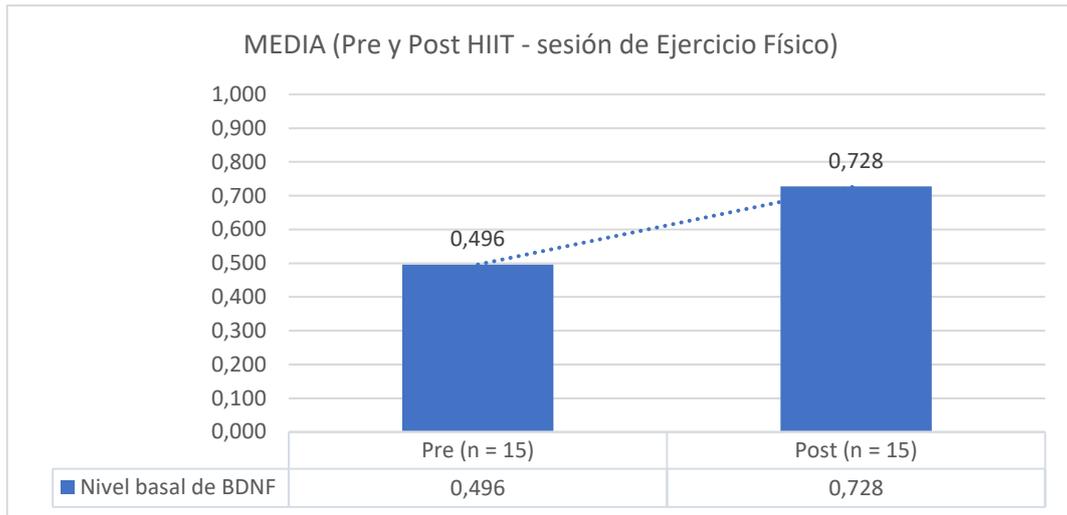
**Gráfico 30.** Comparación de las medias de Frecuencia Cardíaca

En segundo lugar, las referentes a las medias emparejadas de BDNF.

**Tabla 49.** Promedios de los niveles de BDNF en saliva

<b>Estadísticas de muestras emparejadas</b>						
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Sig.
Par 1	BDNF-Pre	0,4959	15	0,63826	0,16480	0,191
	BDNF-Post	0,7280	15	0,85805	0,22155	

**Nota.** BDNF = Brain Derived Neurotrophic Factor. N = Número de muestra.



**Gráfico 31.** Comparación de las medias de los niveles de BDNF en saliva

### ***Estadística correlacional***

El primer paso es comprobar si se cumple el requisito inicial: que la sesión de AF pueda considerarse intensa (sesión HIIT). Para esta comprobación se utiliza un análisis de correlación no paramétrica, especialmente por tratarse de una población pequeña. Se realiza a través de la prueba de Rho de Spearman y se busca una correlación significativa entre los valores de frecuencia cardíaca mínima, de antes de iniciar la práctica de ejercicio físico, y los valores de frecuencia cardíaca máxima, alcanzados durante la realización de la tarea motriz. El promedio de cada variable se sitúa en 99,73 lpm para el estado de reposo; y de 187,13 lpm para la máxima exigencia físico-respiratoria. En los siguientes resultados puede observarse que, además de la diferencia significativa entre las medias de FC presentadas anteriormente, también es significativa (de nivel 2) la correlación (0,649\*\*) entre el momento previo y el posterior a la realización de la sesión HIIT.

**Tabla 50.** Análisis de correlación no paramétrica

<b>CORRELACIONES - No Paramétricas</b>	
Diferencia entre la FC-Mínima y la Máxima	
Correlación de Rho de Spearman	FC-Mínima (99,73 lpm)
FC-Máxima (187,13 lpm)	<b>,649**</b>
Sig (p < 0,05)	<b>0,009</b>

**Nota.** FC = Frecuencia Cardíaca. Lpm = Latidos por minuto.

### **Discusión del estudio 3**

#### **A modo resumen:**

- Una sesión del proyecto “moverse y pensar” alcanza, en promedio, valores de frecuencia cardíaca máxima equivalentes a sesiones de AF de alta intensidad (HIIT).
- Una sesión permite aumentar los niveles basales de BDNF, un factor neurotrófico del cerebro que mejora la comunicación y la funcionalidad neuronal esencial para los aprendizajes.
- El reducido tamaño de la muestra, la no repetición de la prueba y la no comparación mediante un grupo de control, forma parte de las limitaciones del estudio y son el motivo por el que los resultados no pueden considerarse concluyentes.

Este estudio muestra sobre todo las posibilidades de realizar estudios de investigación en las escuelas y puede ser una prueba de concepto para desarrollar en el futuro estudios que sean metodológicamente más sólidos.

En este estudio se muestra, de acuerdo con la hipótesis de partida, que “Es posible detectar cambios en los niveles basales de BDNF después de una sola sesión de actividad física intensa”.

El primer aspecto de discusión es explicar que la muestra de este pequeño estudio representa una parte de la muestra del grupo experimental presentado en el estudio 2. Concretamente está formada por 15 sujetos de los 27 que forman dicho grupo. Estos son seleccionados aleatoria y únicamente con el requisito que sean parte activa del grupo experimental que desarrolla la intervención de 18 meses del proyecto “moverse y pensar”.

Para cada uno de los 15 participantes se recoge una muestra biológica previa y posterior a una de las sesiones del proyecto, moverse y pensar, además del registro del ritmo cardíaco (frecuencia cardíaca mínima y máxima), a fin de poder comprobar si una sola sesión de AF aeróbica intensa puede hacer aumentar los niveles séricos de la molécula de la metabotrofina que incide en la síntesis de BDNF, un experimento realizado ya por

otros investigadores de referencia como Adkins et al., (2006) y Sleiman et al., (2016). Estos investigadores – entre otros – confirman que las sesiones HIIT se asocian con una mayor expresión del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) y que también permiten elevar el nivel de serotonina y noradrenalina, a la vez que hacen aumentar el flujo sanguíneo cerebral (Liu et al., 2020). Estos cambios fisiológicos conducen a aumentos en la excitación y la cognición, facilitando así los recursos atencionales y la memoria espacial y declarativa (Leal, et al. 2017; Schmidt et al., 2019).

En el presente estudio se registran elementos claves para entender si existe o no esta relación entre HIIT y el aumento del BDNF: uno de ellos es la intensidad a la que se realiza la AF, pues dependiendo de si esta es o no intensa, podrá ser correcto hablar de sesión HIIT o no; otro de los elementos es si de la realización de dicha sesión, se obtienen unos valores más elevados (en promedio) de la proteína que relacionamos con el BDNF o no.

Sobre el primer elemento, la intensidad, sí que se obtiene una diferencia significativa entre los valores (en promedio) registrados de frecuencia cardíaca antes de iniciar la actividad (mínima) y el promedio de los valores obtenidos durante períodos de máxima exigencia, unos valores que además coinciden con la evidencia científica y se sitúan en la categoría de Alta Intensidad.

Sin embargo, no se obtienen unos resultados estadísticamente significativos sobre el aumento del BDNF, aunque sí que se obtiene un aumento que, en cierta manera, puede servir para mostrar la tendencia de incremento que coincide con los estudios mencionados. Además del tamaño muestral, los valores de BDNF en la población pueden estar influidos por la presencia de un polimorfismo genético asociado a una secreción baja de este factor neurotrófico (Liu et al., 2020). Este polimorfismo no fue analizado en los participantes de este estudio.

### ***El aumento de la frecuencia cardíaca a través de sensores de pulsación como guía de una práctica de AF intensa.***

Para este tercer estudio se plantea el reto de poder medir la frecuencia cardíaca durante la práctica de AF y que ésta sea indicativa de la intensidad del ejercicio, lo cual a su vez puede ser útil a la hora de relacionarlo con otros parámetros. Para ello, antes de iniciar la AF se conecta a cada sujeto un equipo especializado, compuesto por un reloj (POLAR) y una cinta elástica sujeta a la altura del pecho. Este dispositivo registra las pulsaciones por minuto durante toda la tarea motriz. El valor inicial es el que denominamos como “Pre”, ya que se asegura que los participantes inician la AF en un

estado de reposo y tranquilidad, el promedio del total de la muestra para este valor (pre) es de 99,73 lpm; en cambio el valor que denominamos “Post” es el referido a los valores máximos alcanzados de latidos por minuto, en este caso el promedio total de la muestra obtiene 187,13 lpm.

Dado que la bibliografía científica (Riebe, 2018; Saanijoki et al., 2018 y Gibala et al., 2014) sitúa el estado de reposo de los niños/as de 6 años es de entre **75 y 115 lpm** y el de máxima exigencia debe representar entre el 80 y el 100% de la frecuencia cardíaca máxima de 220 lpm (menos (resta) de 6 años de edad = 214 lpm), para el cual se utiliza la fórmula  $=214 \cdot 80/100$ , y se obtiene que corresponde a **171,2 lpm** y hasta **214 lpm** de máxima, el propósito del estudio es demostrar que los sujetos se encuentran entre estos valores previos y posteriores.

**Tabla 51.** Descripción de los niveles de FC registrados.

Baremos	ESTADO DE REPOSO	ESTADO DE MÁXIMA EXIGENCIA
	Intensidad Baja (entre 75 y 115 lpm)	Intensidad Alta (entre 171 y 214 lpm)
Valores promedio muestra	<b>99,73 lpm</b>	<b>187,13 lpm</b>

**Nota.** Lpm = Latidos por minuto.

De forma satisfactoria la intervención permite evidenciar que, no solo ambos valores (pre y post) se sitúan dentro de los valores de referencia expuestos anteriormente y representados en la tabla, sino que, además, la diferencia estadística entre estos valores es significativa. El valor de dicha significancia es de  $p = 0,00^{**}$ , por lo que se trata de un valor de máxima diferencia. Esto indica que, al menos en ciertos períodos de la realización de la AF, los participantes alcanzan niveles de frecuencia cardíaca que son significativamente diferentes. La diferencia entre estados cardíacos, especialmente pasando del estado de reposo (mínimo) al de alta exigencia (máximo) es, para la mayor parte de las investigaciones en este campo, el requisito elemental para demostrar y explicar que la AF puede inducir cambios fisiológicos y moleculares en las personas (Knaepen et al., 2010; McMorris, 2015; Zeng, 2017; Anderson & Durstine, 2019).

***El aumento de la proteína relacionada con el BDNF (factor neurotrófico) a partir de la práctica de AF intensa.***

Recientes metaanálisis relacionan la práctica puntual de AF (acute exercise), con algunos cambios y efectos biológicos en el cerebro y, concretamente, en unos procesos cognitivos muy específicos, como pueden ser los procesos de comunicación neuronal y

la producción de moléculas químicas determinantes para la comunicación neuronal, como los neurotransmisores y los factores neurotróficos Brunoni et al., 2008; Molendijk et al., 2014; Szuhany et al., 2015).

Weng et al., (2017) sugiere la hipótesis que trata de relacionar estos cambios inducidos por la AF intensa y la mejora de las conexiones funcionales del cerebro que son particularmente sensibles al ejercicio aeróbico, entre ellas destacan las redes de atención, de control ejecutivo e inhibitorio y la regulación del temperamento y la conducta. Aceptar esta hipótesis podría permitir deducir que de la propia exposición (contexto experimental) a el ejercicio físico, se producen una serie de cambios biológicos relacionados con la modulación de redes cerebrales y funciones cognitivas (Naegelin, et al., 2018).

En esta línea, primero Adkins et al., (2006) y diez años después Sleiman et al., (2016), demuestran que una sola sesión de moderada/alta intensidad (MVPA) permite aumentar algunos procesos que son elementales para la vida y funcionalidad de las neuronas, como la angiogénesis, la neurogénesis, la sinaptogénesis y los niveles de factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF).

Y es sobre este último, el BDNF, sobre el cual investigadores más pioneros como Vega et al., (2006) y otros de actualidad como Cabral-Santos et al., (2016), Dinoff et al., (2017) y Slusher et al., (2018), entre otros, deciden poner el foco para explicar, en primer lugar: la relación entre el aumento de los niveles de dicho factor neurotrófico (BDNF) y la exposición a la AF intensa, y en segundo lugar: la relación entre mayor nivel de BDNF y los procesos de codificación (creación de nuevas conexiones) y de recuperación (consolidación de las conexiones) de los aprendizajes.

Este segundo argumento se explica porque el BDNF es un factor de crecimiento cerebral miembro de la familia de la neurotrofina e implicado en muchos aspectos de la función neuronal, por ello es determinante en los procesos de plasticidad sináptica y puede incidir en funciones cognitivas como el aprendizaje (Zagrebelsky y Korte, 2014).

A partir de este planteamiento en el presente estudio se comprueba como una sola sesión de AF intensa puede producir estos cambios. Tal como se menciona en la interpretación de los resultados de este tercer estudio, la mayoría de los sujetos únicamente rellenan una quinta parte del recipiente (dilution = 1/5) y pocos son capaces de rellena la mitad (dilution = 1/2), el equipo científico adherido al proyecto es capaz de analizar estas muestras (de saliva), mediante el planning Elisa propuesto por Mandel et al., (2011). Sobre estas muestras se obtienen algunas diferencias, en aumentos de

niveles de ng/ml, que, a pesar de ser de interés para la investigación, no pueden ser determinantes porque no permiten establecer una relación causa-efecto estadísticamente significativa.

Concretamente se obtiene que la muestra, antes de realizar la AF intensa, se sitúa en un nivel de 0,496 ng/ml (promedio); y después de la AF intensa en 0,728 ng/ml, por lo tanto, existe un aumento en la concentración de la proteína relacionada con el BDNF, a la que investigadores como Gomez-Pinilla et al., (2008) se refieren como metabotrofina. Estos resultados son compatibles, tanto por el aumento del BDNF como por la tipología de la intervención (variables cuantitativas y cualitativas de la práctica motriz), con los logros publicados por Slusher et al., (2018): una sesión HIIT elevó los niveles séricos de BDNF; y los de Cabral-Santos et al., (2016): una sola sesión de HIIT aumentó significativamente niveles de BDNF plasmáticos periféricos inmediatamente después del ejercicio. No obstante, la gran diferencia a favor de los resultados de estos y otros investigadores y en contra de los obtenidos por la presente investigación, es la significatividad estadística. Los resultados del estudio aquí presentado no permiten demostrar esta relación porque el aumento de la metabotrofina no es significativo después de la práctica de AF intensa. De todos modos, la muestra es pequeña y la medición en nuestro estudio se realiza en saliva, en la cual no existe tanta experiencia como en los estudios de BDNF plasmáticos.

Esta limitación es similar a la hallada por Zuccato et al., (2011), aunque en un contexto diferente, pero a partir de la cual se sigue cuestionando si para comprender (y que exista) la relación significativa entre práctica de AF y aumento del BDNF, deben darse y tenerse en cuenta otras variables de exposición. Una de ellas es la que el propio Cabral-Santos et al., (2016) anticipa, y es que, 60-min después de la sesión de HIIT, las concentraciones de BDNF bajan a los niveles basales, lo que sugiere que el aumento tiene un efecto inmediato, pero no prolongado. Sobre cómo mantener estos efectos en el tiempo y el papel que la AF puede tener en dicha incidencia, es aún un campo científico por examinar.

## 5 DISCUSIÓN GENERAL

Este estudio pone en valor la posibilidad de utilizar el aula y las escuelas como espacios de investigación para innovar en las prácticas educativas que inciden en mejoras en el rendimiento cognitivo y funciones específicas imprescindibles para el aprendizaje. En este trabajo en particular, los estudios se realizan en torno al impacto que la actividad física puede tener en el aprendizaje.

Podríamos decir que lo que se aporta en este trabajo es fundamentalmente una prueba de concepto y la intención de fomentar este tipo de acciones en el ámbito escolar como un medio necesario en el desarrollo de una educación basada en la evidencia científica, tal y como sucede en cualquier otra disciplina del conocimiento.

Es importante destacar que existen limitaciones metodológicas relevantes en los estudios aquí presentados que hacen que los resultados obtenidos se tengan que interpretar con cautela. De todos modos, tal y como se ha comentado previamente, el foco del trabajo reside en exponer cómo se puede desarrollar una perspectiva y metodología científica por parte de los profesores y la necesidad de que estas prácticas se integren en la enseñanza como una herramienta indispensable.

Para cada uno de ellos se han tenido en cuenta, además, una serie de elementos cuantitativos y cualitativos específicos presentados en la parte de la fundamentación teórica. A continuación, se concretan algunos aspectos que se refieren a cada uno de los pequeños estudios (estructurados a modo de capítulos dentro del trabajo de la tesis doctoral) presentados:

**Estudio 1:** Presenta un tipo de AF deportiva que únicamente tiene en cuenta las propias demandas o requerimientos motrices específicos, del básquet, fútbol, atletismo, danza, etc. Ésta permite observar tendencias de mejora en la capacidad de cálculo y en una subprueba que mide la velocidad de procesamiento, pero no muestra mejora, sino al contrario, en las capacidades de razonamiento verbal y memorístico. Tal como ya se ha indicado, la comparación se realiza mediante grupos poco homogéneos, pero concretamente se obtiene que dicha comparación:

- Detecta una relación estadísticamente significativa entre realizar menos de 4h a la semana de AF y realizar entre 4 y 6 o más, en concretamente las capacidades de atención y cálculo.

- Halla una correlación entre capacidades cognitivas, por lo que, la mejora de la AF regular sobre dos de ellas (atención y cálculo) podrían ayudar indirectamente en la mejora de la tercera (memoria).

En definitiva, contabilizar en horas la frecuencia con la que la muestra (cada sujeto) practica actividad física, puede permitir establecer una relación de interés con algunas capacidades cognitivas que además están relacionadas entre ellas y también con los aprendizajes que deben darse y consolidarse en edad escolar. Es preciso destacar que se trata de una actividad física que puede realizarse a diferentes intensidades, variando la duración y programando la frecuencia para cada una de ellas, por lo que también cada sujeto puede exponerse a ella de manera diferente y, probablemente, dicha variabilidad tiene también un efecto, tal como indican Hillman y Kramer et al., (2018) y otros investigadores que ya han realizado trabajos de campo similares y que han descrito mejoras en las matemáticas (Ericsson, 2008), en la atención y la flexibilidad cognitiva (Hillman et al., 2014) y en el rendimiento académico en general (Fritz et al., 2020), entre otros.

En base a lo hallado, 3 de 6 hipótesis específicas (H2, H4 y H6) se habrían validado.

**Estudio 2:** La AF básica (elemental y no enriquecida) se modifica mediante lecciones académicas físicamente activas, que presentan simultáneamente retos de ejercicio físico y cognitivos (“moverse y pensar”) para el grupo experimental:

- Permite mejorar de forma significativa la capacidad de atención, tanto en la comparación entre el propio grupo (experimental pre y post) como en el grupo control (pre y post).
- Permite mejorar el promedio del grupo experimental (pre y post) **en 8 de 9 pruebas** (que miden atención, memoria y cálculo), obteniendo un promedio total significativo de mejora que va del 97,17 (pre) al 105 post ( $p=0,01$ ); y en cambio el grupo control mejora únicamente **en 6 de 9** y el promedio total, que va de 98,25 a 101,73 no es significativo ( $p=0,2$ ).
- Permite que la mejora sea significativamente mayor, en promedio, en el grupo experimental (105,48) en comparación al grupo control (101,73).
- Permite aceptar 4 de 7 hipótesis de investigación, concretamente la H5, H8, H10 y H11.

Otras investigaciones (referencias) reportan la dificultad de mostrar diferencias significativas entre grupos que ya practican más de 4 horas de AF a la semana y grupos

que practican más de 7h, la explicación es que, probablemente, practicar 4, 5 o 6 horas de AF a la semana ya produce una incidencia en aspectos cognitivos que es difícil de aumentar (estadísticamente) aun realizando 7, 8 o 9 horas, o incluso perjudicial si se realizan entre 9 y 12 (Cian et al., 2001; Gomez-Pinilla y Hillman, 2013).

**Estudio 3:** La AF puntual de alta intensidad (*acute exercise*), justificada a partir de un aumento significativo de las pulsaciones por minuto de la muestra, permite aumentar, en promedio, los niveles basales de una substancia relacionada con el BDNF.

- Permite demostrar que existe un aumento significativo de la frecuencia cardíaca como consecuencia de la práctica propuesta de AF.
- Permite observar que aumentan los niveles basales, aunque no significativos, de la proteína relacionada con el BDNF después de la exposición a la práctica de AF intensa.
- Permite aceptar de forma significativa 1 de 3 hipótesis (H1), no obstante, las otras dos sugieren que podría existir dicha relación y que sería conveniente seguir analizando.

### ***Importancia de aumentar las horas de práctica de AF en el ámbito escolar***

Niños y niñas en edad escolar y también en edad adulta que tienen una vida activa físicamente, tienen mejores resultados aeróbicos y mejor rendimiento cognitivo que personas más sedentarias (en niños: Hillman et al., 2005; Scudder, et al., 2014; Sibley y Etnier, 2003).

De hecho, un reciente metaanálisis (Hillman, et al., 2020) recoge la relación positiva entre la actividad física y la cognición, centrando el foco de interés especialmente en la mejora del rendimiento académico en niños en edad escolar (de 4 a 18 años). La revisión pretende situar a la AF delante de la comunidad científica pero también educativa, como una estrategia (herramienta o instrumento) real para la mejora de ciertas funciones y capacidades. Dentro del contexto académico, pues la escuela (el tiempo de la jornada escolar), es el lugar y el momento idóneo propuesto por la mayor parte de estudios sobre este campo, se determina que la práctica regular de AF permite la mejora de habilidades perceptivas, de cociente intelectual, de pruebas verbales, matemáticas, de memoria y del rendimiento académico en general.

Poco después del metaanálisis de Hillman et al., (2020), un estudio dirigido por Chaddock-Heyman, et al. (2020) informa que a lo largo de una intervención mediante un programa de AF escolar, aparecen cambios en la aptitud aeróbica, en el rendimiento cognitivo y en el rendimiento académico, especialmente en las matemáticas. Estos cambios se explican a partir de la incidencia que la AF regular tiene en la plasticidad de la red cerebral y las funciones cognitivas y coinciden con todos los que la presente investigación ha tratado de aportar para determinar que la práctica regular de AF aeróbica se asocia con una mejora no solo cognitiva y académica – además de la propiamente motriz o aeróbica – sino también en otras dimensiones como las de carácter personal, social y emocional.

### ***Cambios en la función cerebral inducidos por una sola sesión de AF (MVPA)***

Algunos estudios científicos demuestran que la práctica de actividad física aeróbica estimula la síntesis de algunos factores neurotróficos que producen cambios en la comunicación neuronal y en consecuencia mejoran los aprendizajes, especialmente en edad escolar (Diamond & Ling, 2019; Hilman, et al., 2018; Zeng, et al. 2017; Weng, 2017; Kamijo, et al., 2016).

Ésta mayor estimulación cognitiva que se observa mediante técnicas de escáner y neuroimagen, como el fMRI, permiten justificar qué zonas del cerebro adquieren este cambio o mayor activación, así como los procesos químicos y moleculares que inducen a tal activación. Uno de los mecanismos que explican este proceso y mejora cognitiva a partir de la AF es el aumento específico del ya presentado factor neurotrófico derivado del cerebro, el BDNF, este es un factor de crecimiento cerebral que además tiene un papel clave durante el proceso de comunicación neuronal (parecido al de los neurotransmisores), que permite la mejor conexión, en cuanto a plasticidad, de las neuronas existentes; aumenta la supervivencia de éstas y fomenta el crecimiento y la conexión de otras durante, específicamente, el proceso de sinapsis.

Dichos cambios suponen una gran oportunidad (ventajosa) para el cerebro de mejorar no solo las conexiones sino también la regulación y consolidación de todo el proceso de comunicación sináptica, lo que es, indiscutiblemente, un contexto idóneo para que se den (aparezcan) y se consoliden (recuerden) los aprendizajes (Perini, 2016).

Por lo que no es de extrañar que, si la práctica de AF permite el aumento del BDNF, se considere que practicar AF puede tener incidencia en las vías moleculares y en las

funciones sinápticas que, a su vez, mejoran las redes de aprendizaje y memoria (Gomez-Pinilla, & Hillman, 2013). Asimismo, de esta relación intrínseca entre AF, BDNF y comunicación neuronal, se discuten diferentes aspectos que pueden producir unos efectos (resultados) u otros, por ejemplo, si la práctica de AF es regular o puntual o si esta es moderada (aeróbica) o intensa (anaeróbica).

De las múltiples opciones de análisis y de estudio, en el presente trabajo, se comparan los niveles basales de BDNF antes y después de una práctica puntual de AF de intensidad moderada/alta (MVPA). De hecho, las sesiones propuestas por el presente estudio tratan de llevar a cabo el aprendizaje de las lecciones académicas que deben darse dentro del aula, pero a través del movimiento, motivo por el cual, no se trata de un tipo de actividad física puramente anaeróbica, sino que es de carácter aeróbico. No obstante, esta actividad física permite alcanzar valores de frecuencia cardíaca máxima porque combina algunos intervalos de intensidad más alta con otros de descanso, de ejercitar la mente, de comprender y de explorar mediante los objetos y materiales propuestos, etc.

Del análisis de una de estas sesiones, se obtiene que, aun si ser significativa, el ejercicio físico propuesto produce un aumento de la metabotrofina del BDNF. Sucede porque la exposición a la práctica de AF hace aumentar -en promedio- los niveles basales (ng/ml) de los participantes, tal como publican otros estudios, como el de Weng et al., (2017).

En este caso, la utilización de la saliva como muestra biológica se adecúa bastante a la investigación en el medio escolar, puesto que es algo sencillo y no invasivo. Esta es una de las aportaciones del estudio aquí expuesto, la cual puede utilizarse como prueba de concepto o base para desarrollar y mejorar en futuros proyectos.

## 6 CONCLUSIONES

El trabajo de estudio realizado por la presente tesis doctoral concluye que:

1. La práctica de actividad física regular (entre 4 y 9 horas/semana) permite incidir en determinadas capacidades cognitivas:
  - a. Existen diferencias significativas entre realizar 3 horas o menos de AF a la semana y niveles cognitivos inferiores en la velocidad de respuesta mediante el procesamiento visual y óculo-manual; y en operaciones de cálculo mental.
  - b. No existe diferencia significativa entre realizar 4/6 horas de AF/semana y realizar más de 6h/s de AF.
  - c. Se observa que los 5 sujetos que practican más de 9h/s no obtienen los mejores resultados en ninguna de las capacidades evaluadas.
  - d. Existe una relación inversamente proporcional y significativa entre la capacidad de velocidad (100m/l) y las horas/semana de práctica de AF, por lo que practicar más horas de AF/semana permite realizar con menor tiempo la prueba de velocidad de 100m/lisos.
2. El programa diario de Aprendizaje Físicamente Activo (Moverse y Pensar) aporta indicios que sugieren beneficios cognitivos, de aprendizaje y de salud en general.
  - a. El alumnado que forma parte del grupo experimental obtiene, en finalizar la intervención, una mejora significativa en una subprueba que mide la capacidad de atención (búsqueda visual y detección de rostros), en comparación al grupo control que no la realiza.
  - b. El grupo experimental lleva a cabo de forma satisfactoria las lecciones activas y obtiene mejor expediente académico en matemáticas, ciencias y lengua, en comparación al grupo control que realiza las lecciones de manera estática en una silla.
  - c. La muestra que practica una sesión diaria de “Moverse y Pensar” en la escuela, consigue alcanzar durante la jornada lectiva la dosis de actividad física que recomienda la OMS (2019).
3. La práctica puntual de actividad física a alta intensidad (HIIT) provoca cambios fisiológicos en los niños y niñas de 6 y 7 años que la practican.
  - a. La práctica de una sesión a alta intensidad, registrada mediante pulsómetros, les permite alcanzar, en promedio, niveles máximos de frecuencia cardíaca.
  - b. La práctica de una sesión HIIT se relaciona, aunque no de manera significativa, con un aumento de los niveles basales de la proteína del BDNF.

## 6.1 Limitaciones

Aunque el propósito de la tesis doctoral ha sido la de ceñirse a la correcta aplicación del método científico y a la de aplicación y prácticas basadas en evidencias, no siempre ha sido posible mantener dicho propósito.

Por ello, es preciso puntualizar en el presente apartado todos aquellos aspectos que desafortunadamente no se han podido controlar, planificar o ejecutar con el suficiente rigor científico y que, por lo tanto, evidencian que, aunque algunos resultados y logros del estudio puedan sugerir aportaciones de interés para la creciente investigación entre actividad física, cognición y aprendizaje, en ningún caso pueden ser contundentes ni concluyentes.

### ***Estudio 1***

El total de la muestra (n=155) se clasifica en tres grupos a partir de la frecuencia (en horas/semana) con la que cada sujeto practica actividad física, pero una vez clasificada la muestra en grupos, no solo no son homogéneos, sino que el grupo de Baja AF únicamente está formado por 6 sujetos; y en cambio los otros dos grupos los forman 58 y 91 sujetos, por lo que, la comparación entre ellos no dispone de gran fiabilidad estadística. Esto evidencia que se trata de una muestra muy activa, de hecho, el promedio de AF que practica la muestra es de 6,25 horas/semana. Un promedio que está mucho más cerca del propósito de 1h/día de AF propuesto por la OMS (2019), que de la categoría de Baja AF propuesta por el propio estudio (menos de 4h/s de AF). Sucede porque de punto de partida realizan 3 horas de AF dentro del contexto escolar (el doble de las propuestas por el plan educativo y el gobierno) y, además, la mayor parte de los y las participantes, realizan una o varias actividades deportivas fuera del horario lectivo.

Esta realidad, aun ser muy positiva y esperanzadora para objetivos globales de proponer un estilo de vida más activo y erradicar el sedentarismo infantil, es sin duda, una gran limitación metodológica que no ha podido controlar el estudio.

En cuanto a la evaluación de las capacidades cognitivas se considera que la batería de pruebas neuropsicológicas cumple unos requisitos básicos, pero quizá insuficientes para alcanzar una mayor profundidad en el análisis cuantitativo de la atención, memoria y cálculo.

## **Estudio 2**

El total de la muestra (n=51) pertenece a dos grupos diferenciados porque cada uno de ellos forman una clase del mismo nivel académico (1º de educación primaria) y del mismo centro educativo (GPV).

De nuevo, pues es parte de la muestra utilizada en el estudio 1, se trata de niños y niñas de 6 y 7 años de edad con un estilo de vida muy activo y con una importante carga adicional de AF extraescolar. El promedio de los dos grupos es, de punto de partida, de 6,64 horas de AF a la semana.

Este aspecto, aun no ser propiamente una limitación, es que, quizá, si se hubiera contemplado realizar el estudio dentro de una población cuya muestra practicara (de punto de partida) menos de 3h/semana de AF, podrían haberse obtenido unos resultados más concluyentes sobre el programa de intervención diaria (Moverse y Pensar), dado que la bibliografía también parece indicar que puede hallarse más diferencias entre practicar menos de 3h/s y practicar entre 5 y 7 horas; que entre practicar 5 o 7 horas y practicar más de 9 horas.

Otra posible limitación es el no control de la actividad física de ambos grupos durante el período de vacaciones entre junio de 2018/setiembre de 2018 y entre diciembre 2018/enero 2019. Además del cambio de docente (tutora) que ambos grupos realizan cuando pasan de 1º a 2º de primaria.

En definitiva, la aplicación de este programa diario de AF y de Aprendizaje Físicamente Activo, tiene aún mucho campo por explorar y un gran margen de mejora, tanto como aportaciones de interés y de futuro, se espera que tengan, pues, los efectos que el AFA (o también denominado PAAL), puede tener sobre la cognición y el rendimiento académico son, en la actualidad, de poca calidad metodológica.

### **Estudio 3**

Aunque la muestra inicial del estudio es de los 27 sujetos que forman el grupo experimental del estudio 2, únicamente es posible analizar la prueba de saliva previa y posterior a la sesión de AF en 15 sujetos, ya que los 12 restantes no son capaces de rellenar con su propia saliva el tubo de recogida de muestra, el mínimo necesario para ser analizado, seguramente a causa de la edad de la muestra (6 y 7 años).

En cualquier caso, el reducido tamaño de la muestra, la no repetición de la prueba y el no haber contemplado un grupo control, son, entre otras posibles limitaciones metodológicas y de análisis, los principales motivos por los cuales los resultados obtenidos no pueden ser concluyentes.

Además, la detección de BDNF en saliva no es una práctica habitual descrita en la literatura científica y no existen datos concluyentes sobre su robustez, su equivalencia con valores en plasma y sistema nervioso central, así como tampoco existen valores de control en población sana.

No obstante, este estudio, tal como se concretará en la prospectiva, sirve de modelo (como un piloto) para visualizar las posibilidades de realizar estudios de investigación en las escuelas.

## **6.2 Prospectiva**

A lo largo del presente trabajo se ha hecho referencia a la necesidad de contemplar diversos aspectos y componentes del estudio en el apartado de *prospectiva*. Este apartado no solo es importante porque permite explicar cómo podrían modificarse y/o mejorarse las limitaciones anteriormente descritas; sino que también muestra el camino que, tanto el estudio como las personas y profesionales involucrados en él, han decidido iniciar.

Un camino que, especialmente en educación, quizá hace décadas tenía menos recorrido, puesto que la tesis doctoral era, en cierta manera, la consolidación académica del profesorado vinculado al sistema universitario. No obstante, en la actualidad – y así lo es para el doctorando de la presente tesis –, es un primer paso que posibilita el inicio de dicho camino académico vinculado al sistema universitario.

Por este motivo se considera oportuno y parte elemental del trabajo prever cual es la prospectiva sobre el tema de estudio presentado a partir de tres sub-estudios.

Sobre estos, ya ampliamente descritos, será necesario profundizar tanto en el segundo como en el tercero, pues las limitaciones del primero son, en realidad, de diseño metodológico y únicamente necesitan de un control más exigente de la muestra, de los grupos, de la AF que realizan y de alguna evaluación cognitiva.

No obstante, sí que es necesario que, de acuerdo con la bibliografía más actual, se realicen más estudios afines al estudio 2 con un diseño aún más preciso. Este debe de aportar información sobre la causalidad y la intensidad de la tarea motriz propuesta, así como de los mecanismos que actúan como mediadores y moderadores y que, con mayor rigor, permitan demostrar qué tipo de AF tiene mayor incidencia en el rendimiento cognitivo y académico. Por conseguirlo, una propuesta diferente a la presentada en este estudio es la de incorporar un tercer grupo, de manera que, el primero seguiría siendo el experimental, quien combinaría el contenido académico con las sesiones de AF (Move y Pensar); el segundo (control pasivo) que seguiría no realizando las sesiones de AF y de aprendizaje estático en el aula; y un tercero (control activo), que recibiría las sesiones diarias de AF, pero sin el componente cognitivo/académico.

Esta es una propuesta que también plantean Singh et al. (2019) y que permitiría comprobar si los efectos son debidos realmente a la variable de Aprendizaje Físicamente Activo (aprendizaje cognitivo y motriz de forma simultánea) o son debidos únicamente al efecto de la AF; o bien si no existen tales beneficios. Un aspecto relevante para tener en cuenta es evaluar, previamente, la dosis de AF que cada sujeto realiza a nivel individual.

En esta misma línea, para mejorar la intervención realizada en el estudio 3, es importante determinar los elementos cuantitativos y cualitativos de la tarea motriz para comprobar qué tipo de AF permite una mayor incidencia en cambios fisiológicos y biomoleculares, como por ejemplo la segregación de la proteína del BDNF o incluso otros mecanismos de función sináptica.

Un estudio bien diseñado y con unos resultados concluyentes, podría aportar una información realmente relevante para decidir en qué momento de la jornada escolar es idóneo situar, por ejemplo, una sesión de actividad física de moderada/alta intensidad a fin de aprovechar el aumento de determinados factores neurotróficos y neurotransmisores que permiten mejorar la concentración para la realización de tareas largas y complejas.

### ***Próximos pasos del presente estudio:***

El conjunto de estudios (capítulos) presentados a lo largo de este trabajo pretenden seguir evolucionando y mejorando, tanto en los parámetros de muestra, evaluación y diseño (equivalencia de pruebas; evaluación de capacidades cognitivas; aleatoriedad de los grupos; elementos y variables controlables; análisis de marcadores biológicos, etc.), como en parámetros experimentales puramente de la intervención o de la variable explicativa (elementos cuantitativos y cualitativos del tipo de AF). Unos resultados concluyentes sobre la relación e incidencia del ejercicio y la actividad física, así como de los aprendizajes físicamente activos, podría ayudar a obtener la evidencia necesaria para informar a las instituciones en educación y sanidad de la necesidad de realizar proyectos como “Moverse y Pensar” dentro de la jornada escolar.

Para ello se anticipan unos posibles objetivos de investigación:

#### **Objetivos**

- Evaluar funciones cognitivas y rendimiento académico, a lo largo del entrenamiento, mediante el uso de determinados test neuropsicológicos y otras pruebas especializadas que evalúen la influencia del ejercicio.
- Determinar variaciones genéticas individuales que predisponen a un mayor beneficio cognitivo del ejercicio físico (polimorfismos en genes BDNF y neurotransmisores).
- Determinar la relación entre un determinado tipo de ejercicio físico y su influencia sobre las funciones cognitivas analizadas.
- Determinar la relación entre los resultados de los test cognitivos y de rendimiento académico, con los diferentes biomarcadores.
- Promover la actividad física como una herramienta educativa, comprometida en las funciones neuropsicológicas del niño, e incluirla en la programación y metodología de aula.
- Diseñar programas de aplicación escolar mediante sesiones de actividad física estratégicamente planificados: antes, durante o después de una determinada actividad de aprendizaje (lingüística, de memoria, atención, de razonamiento lógico, etc.).
- Difusión de los principales resultados, logros y/o tendencias que pueden extraerse del presente estudio para la promoción de este tipo de intervenciones en edad escolar y, especialmente, para seguir investigando.

### ***Repercusión práctica del estudio:***

Aplicar programas de AF mejorada, mediante dinámicas aeróbicas y de ejercicio físico con contenido académico (Aprendizaje Físicamente Activo) en el contexto escolar pueden favorecer el aprendizaje de los contenidos académicos que se trabajan. Estos programas de AFA deben programarse de acuerdo con las capacidades y etapas evolutivas de los niños/as a quienes van dirigidos, de igual forma que deben seguir un objetivo de aprendizaje (cognitivo y motriz) bien definido. Para llevar a cabo un programa como este dentro del contexto escolar es imprescindible que el profesorado trabaje coordinado (aplicando la transversalidad de los aprendizajes). El o la docente especialista de Educación Física debe tener este carácter y aptitud transversal y formar a los maestros que no son especialistas en Educación Física para incorporar AFA durante la jornada escolar en las diferentes áreas. Pues una vez demostrada la influencia que el ejercicio físico puede tener directamente sobre algunas capacidades, los resultados podrían incidir muy positivamente en la introducción del ejercicio físico en los programas académicos escolares, con una finalidad diferente a la que se utiliza en la actualidad, ya que, si el propósito de la escuela es que aprendan, es oportuno sugerir que se muevan y activen físicamente con más frecuencia.

## 7 REFLEXIÓN PERSONAL

De la necesidad detectada tanto dentro como fuera de las aulas, en nivel general, sobre la falta de ejercicio físico, nace esta propuesta convertida en trabajo y posteriormente en estudio. Una necesidad que como especialista en educación física me parecía interesante y que ahora me empieza a devolver la confianza depositada en ella. Esa es la realidad, el ejercicio físico, así como la buena educación y los hábitos de vida saludables, siempre nos devuelven generosamente el trabajo y tiempo dedicado. Mirar hacia el futuro y querer mejorarlo, tal y como se indica en la *prospectiva*, es un reto y una motivación que como profesionales debemos perseguir. 5

Es seguro que los estudios sobre neurociencia, psicología evolutiva y actividad física seguirán avanzando, pero el avance no será aplicable hasta que los y las docentes seamos conscientes del potencial de estos conocimientos para poder comprender qué mecanismos y qué elementos son determinantes para el rendimiento (físico y cognitivo) del alumnado y poder aplicarlos en la escuela, dentro o **fuera de las aulas**.

Una última reflexión... la sociedad no necesita personas más profesionales, inteligentes y perfectas, sino que requiere, exige, del trabajo y cooperación de profesionales que sean también personas más humanas. El docente que investiga y educa en la escuela tiene una doble responsabilidad: conocer y descubrir sobre aquello que necesita la educación y aplicarlo día a día para la mejora y crecimiento de sus alumnos. Tratar de separar el cómo se aprende (neurociencia cognitiva) de la manera (método) que se dan los aprendizajes (didáctica), es como tratar de separar el cerebro del cuerpo, una creencia del todo obsoleta. Por todo esto, el reto propuesto, el que tenemos que asumir como docentes, es tanto de carácter social y clínico como, evidentemente, educativo: un reto que nos obliga, o nos invita, a entender, crear sinergias y colaborar entre diferentes ámbitos de conocimiento y con sus profesionales: educadores, neuropsicólogas, especialistas en la actividad física y del deporte...

Unir la ciencia, la educación y la actividad física para la mejora no de una de ellas, sino del conjunto es – como se anticipa en la introducción – el propósito con el que empieza y acaba este trabajo. Me siento pues, de nuevo, muy afortunado de poder haber coincidido, conocido y colaborado académicamente con buenas personas que en su vida laboral son neurólogas, neuropediatras, neurocientíficas, catedráticos, profesores, maestras... porque compartir experiencias con ellas ha sido, sin duda, el mayor aprendizaje.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

### A

- Aadland, K. N., Moe, V. F., Aadland, E., Anderssen, S. A., Resaland, G. K., & Ommundsen, Y. (2017). Relationships between physical activity, sedentary time, aerobic fitness, motor skills and executive function and academic performance in children. *Mental Health and Physical Activity*, 12, 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2017.01.001>
- Aberg KC, Doell KC, Schwartz S. (2016). The left hemisphere learns what is right: Hemispatial reward learning depends on reinforcement learning processes in the contralateral hemisphere. *Neuropsychologia*. Volume 89. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.05.023>
- Adkins, D. L., Boychuk, J., Remple, M. S., & Kleim, J. A. (2006). Motor training induces experience-specific patterns of plasticity across motor cortex and spinal cord. *Journal of applied physiology*.
- Ahamed, Y., MacDonald, H., Reed, K., Naylor, P. J., Liu-Ambrose, T., & McKay, H. (2007). School-based physical activity does not compromise children's academic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(2), 371-376. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000241654.45500.8e>
- ALADINO (2019). Estudio de prevalencia de la obesidad infantil: Estudio ALADINO (Alimentación, Actividad física, Desarrollo Infantil y Obesidad). *Pediatría Atención Primaria*, 13(51), 493-495. <https://dx.doi.org/10.4321/S1139-76322011000300015>
- Alesi, M., Bianco, A., Luppina, G., Palma, A., & Pepi, A. (2016). Improving children's coordinative skills and executive functions: the effects of a football exercise program. *Perceptual and motor skills*, 122(1), 27-46.
- Alibali, M. W., Nathan, M. J., Wolfgram, M. S., Church, R. B., Jacobs, S. A., Johnson Martinez, C., & Knuth, E. J. (2014). How teachers link ideas in mathematics instruction using speech and gesture: A corpus analysis. *Cognition and instruction*, 32(1), 65-100.

- Altenburg, T. M., Chinapaw, M. J. M., & Singh, A. S. (2015). Effects of one versus two bouts of moderate intensity physical activity on selective attention during a school morning in Dutch primary schoolchildren: A randomized controlled trial. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(10), 820-824. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.12.003>
- Álvarez-Bueno, C., Pesce, C., Caverro-Redondo, I., Sánchez-López, M., Pardo-Guijarro, M. J., & Martínez-Vizcaíno, V. (2016). Association of physical activity with cognition, metacognition and academic performance in children and adolescents: a protocol for systematic review and meta-analysis. *BMJ open*, 6(6), e011065.
- Álvarez-Bueno, C., Pesce, C., Caverro-Redondo, I., Sánchez-López, M., Martínez-Hortelano, J. A., & Martínez-Vizcaíno, V. (2017). The effect of physical activity interventions on children's cognition and metacognition: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 56(9), 729–738. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2017.06.012>
- Amunts, K. (2015). Architectonic mapping of the human brain beyond Brodmann. *Neuron* 88 (6):1086-1107. Elsevier.
- Anderson, E., & Durstine, J. L. (2019). Physical activity, exercise, and chronic diseases: A brief review. *Sports Medicine and Health Science*, 1(1), 3-10.
- Ardila, A., Rosselli, M., & Villaseñor, E. M. (2005). *Neuropsicología de los Transtornos del Aprendizaje*. UNAM.
- Ardoy, D. N., Fernández-Rodríguez, J. M., Jiménez-Pavón, D., Castillo, R., Ruiz, J. R., & Ortega, F. B. (2014). A physical education trial improves adolescents' cognitive performance and academic achievement: the EDUFIT study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(1), e52-e61.
- Armstrong, T. (1994). *Multiple intelligences in the classroom*. Alexandria, VA: ASC D.
- Asok, A., Leroy, F., Rayman, J. B., & Kandel, E. R. (2019). Molecular mechanisms of the memory trace. *Trends in neurosciences*, 42(1), 14-22.

Audiffren, M., Tomporowski, P. D., & Zagrodnik, J. (2009). Acute aerobic exercise and information processing: modulation of executive control in a Random Number Generation task. *Acta psychologica*, 132(1), 85-95.

Ausubel, D. P. (1967). *Learning theory and classroom practice*. Ontario Institute for Studies in Education Bulletin.

Ausubel, D. P. (1976). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Ed. Trillas. México.

Axel, R., & Buck, L. B. (2004). *The nobel prize in physiology or medicine 2004*. Alberta Aromatherapy Institute: Edmonton, AB, Canada.

Axelrod, J., et al., (1970). Changes in enzymes involved in the biosynthesis and metabolism of noradrenaline and adrenaline after psychosocial stimulation. *Nature*, 225(5237), 1059-1060.

## **B**

Babbie, E., Wagner III, W. E., & Zaino, J. (2022). *Adventures in social research: Data analysis using IBM SPSS statistics*. Sage Publications.

Batalla, A. (2000). *Habilidades motrices*. Inde.

Batalla, A., Cabedo, J., & López Ros, V. (2012). ¿Cómo se enseña y cómo se aprende a ser competente en un deporte? *Cómo formar un buen deportista*.

Bailey, D. P., Fairclough, S. J., Savory, L. A., Denton, S. J., Pang, D., Deane, C. S., & Kerr, C. J. (2012). Accelerometry-assessed sedentary behaviour and physical activity levels during the segmented school day in 10–14-year-old children: the HAPPY study. *European journal of pediatrics*, 171(12), 1805-1813.

Bartholomew, J. B., & Jowers, E. M. (2011). Physically active academic lessons in elementary children. *Preventive medicine*, 52, S51-S54.

- Bartholomew, J. B., Golaszewski, N. M., Jowers, E., Korinek, E., Roberts, G., Fall, A., & Vaughn, S. (2018). Active learning improves on-task behaviors in 4th grade children. *Preventive Medicine*, 111, 49-54. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2018.02.023>
- Bauer, P. J., Larkina, M., & Deocampo, J. (2011). Early memory development.
- Bavelier, D., Neville, H.J., (2002). Cross-modal plasticity: where and how? *Nat. Rev. Neurosci.* 3, 443–452.
- Beck, M. M., Lind, R. R., Geertsen, S. S., Ritz, C., Lundbye-Jensen, J., & Wienecke, J. (2016). Motor-enriched learning activities can improve mathematical performance in preadolescent children. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 645. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00645>
- Benz, S., Sellaro, R., Hommel, B., & Colzato, L. S. (2016). Music makes the world go round: The impact of musical training on non-musical cognitive functions—A review. *Frontiers in Psychology*, 6, 2023.
- Best, J. R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*, 30(4), 331–351. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2010.08.001>
- Best, J. R. (2012). Exergaming immediately enhances children's executive function. *Developmental psychology*, 48(5), 1501.
- Blázquez, D. (2009). Las competencias básicas. Enseñar por competencias en Educación Física, 63-81.
- Blázquez, D. y Sebastiani (2021). ¿Qué es y cómo se mide la calidad en Educación Física? Una revisión de literatura. *Sportis. Scientific Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity*, 7(2), 300-320.
- Boller F, Grafman J. (1985). Acalculia. *Handbook of clinical neurology*. JAM Friedericks ed. Cap. 31: 473-481. Elsevier. New York.

- Buck, S. M., Hillman, C. H., & Castelli, D. M. (2008). The relation of aerobic fitness to stroop task performance in preadolescent children. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(1), 166-172.
- Budde, H., Voelcker-Rehage, C., Pietraßyk-Kendziorra, S., Ribeiro, P., & Tidow, G. (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neuroscience letters*, 441(2), 219-223.
- Budde, H., Schwarz, R., Velasques, B., Ribeiro, P., Holzweg, M., Machado, S., ... & Wegner, M. (2016). The need for differentiating between exercise, physical activity, and training. *Autoimmunity reviews*, 15(1), 110-111.
- Bueno, D. (2017). *Neurociencia para educadores. Todo aquello que los educadores siempre han querido saber sobre el cerebro de sus alumnos y nunca nadie se ha atrevido a explicárselo de manera comprensible y útil*. Octaedro. Barcelona.
- Bueno, D., & Forés, A. (2021). Neurociència aplicada a l'educació. Com aprèn el cervell i quines conseqüències té. *LSC-Llengua, Societat i Comunicació*, 2021, num. 19, p. 37-45.
- Bull, R. (2008). Deafness, numerical cognition, and mathematics. In M. Marschark & P. C. Hauser (Eds.), *Deaf cognition: Foundations and outcomes* (pp. 170–200). Oxford University Press.  
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195368673.003.0006>
- Bullock, T., & Giesbrecht, B. (2014). Acute exercise and aerobic fitness influence selective attention during visual search. *Frontiers in Psychology*, 5, 1290.
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of child psychology and psychiatry*, 46(1), 3-18.
- Butterworth, B. (2002). *Mathematics and the Brain*. Opening address to the Mathematical Association, Reading.
- Burrows, R., Correa-Burrows, P., Orellana, Y., Almagiá, A., Lizana, P., & Ivanovic, D. (2014). Scheduled physical activity is associated with better academic

performance in Chilean school-age children. *Journal of physical activity and health*, 11(8), 1600-1606.

Brasó, J. (2017). Historia y Pedagogía de la Escuela del Mar (1922-1938). Estudio Icónico-Hermenéutico. *HSE-Social and Education History*, 2017, vol. 6, num. 3, p. 226-260.

Brasó, J., Díaz, G. (2021). Prensa pedagógica y Escuela Nueva a inicios del s. XX: El Diari de Vilamar. Cabás: Revista del Centro de Recursos, Interpretación y Estudios en materia educativa (CRIEME) de la Consejería de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de Cantabria (España) [en línea], 25, 159-176. Recuperado de <http://revista.muesca.es/articulos25/561-prensa-pedagogica-y-escuela-nueva-a-inicios-del-s-xx-el-diari-de-vilamar>

Bratman, G. N., Daily, G. C., Levy, B. J., & Gross, J. J. (2015). The benefits of nature experience: Improved affect and cognition. *Landscape and Urban Planning*, 138, 41-50.

Brodmann, K. (1994). Brodmann's localization in the cerebral cortex. Smith Gordon, London.

Brunoni, A. R., Lopes, M., & Fregni, F. (2008). A systematic review and meta-analysis of clinical studies on major depression and BDNF levels: implications for the role of neuroplasticity in depression. *The International Journal of Neuropsychopharmacology*, 11(8), 1169-1180.

## C

Cabedo J., & Roca, J. (2008). Evolución del equilibrio estático y dinámico desde los 4 hasta los 74 años. *Apunts. Educació física i esports*.

Cabral-Santos, C., Castrillón, C. I., Miranda, R. A., Monteiro, P. A., Inoue, D. S., Campos, E. Z., ... & Lira, F. S. (2016). Inflammatory cytokines and BDNF response to high-intensity intermittent exercise: effect the exercise volume. *Frontiers in physiology*, 7, 509.

- Cahill, L., Gorski, L., & Le, K. (2003). Enhanced human memory consolidation with post-learning stress: Interaction with the degree of arousal at encoding. *Learning & Memory*, 10, 270-274.
- Cajal, R. (1906). *Morfología de la célula nerviosa*. Archivos de Pedagogía y Ciencias Afines, 1.
- Campbell, D. T. (1986). Relabeling internal and external validity for applied social scientists. *New Directions for Program Evaluation*, 1986(31), 67-77.
- Carlsson, A., Greengard, P., & Kandel, E. (2000). Skepticism surrounds triple Nobel winners. *Nature Medicine*, 6(11).
- Carson, V., Hunter, S., Kuzik, N., Wiebe, S. A., Spence, J. C., Friedman, A., ... & Hinkley, T. (2016). Systematic review of physical activity and cognitive development in early childhood. *Journal of science and medicine in sport*, 19(7), 573-578.
- Castelli, D. M., Hillman, C. H., Buck, S. M., & Erwin, H. E. (2007a). Physical fitness and academic achievement in third-and fifth-grade students. *Journal of Sport and exercise Psychology*, 29(2), 239-252.
- Castelli, D. M., & Valley, J. A. (2007b). The relationship of physical fitness and motor competence to physical activity. *Journal of teaching in physical education*, 26(4), 358-374.
- Castelli, D. M., Centeio, E. E., Hwang, J., Barcelona, J. M., Glowacki, E. M., Calvert, H. G., & Nicksic, H. M. (2014). VII. The history of physical activity and academic performance research: informing the future. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 79(4), 119-148.
- Cataluña, Departamento de Educación. (2009). Ley 12/2009, de 10 de julio, de Educación. (RCL 2009/13038). Boletín Oficial del Estado, 6-8-2009, núm. 189, 67041-67134. Comunidad Autónoma de Cataluña. <https://www.boe.es/eli/es-ct/l/2009/07/10/12>
- Celada, J. Cairo, M. (1990). *Actividad física y cerebro 3. Neuropsicología y Rehabilitación*. Elsevier.

- Chaddock, L. (2010). Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Dev Neurosci* 32: 249-2556. Karger.
- Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Voss, M. W., Knecht, A. M., Pontifex, M. B., & Castelli, D. M. (2013). The effects of physical activity on functional MRI activation associated with cognitive control in children: a randomized controlled intervention. *Front Hum Neurosci* 2013; 7: 72.
- Chaddock-Heyman, L., Hillman, C. H., Cohen, N. J., & Kramer, A. F. (2014). III. The importance of physical activity and aerobic fitness for cognitive control and memory in children. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 79(4), 25-50.
- Chaddock-Heyman, L., Weng, T. B., Kienzler, C., Weisshappel, R., Drollette, E. S., Raine, L. B., ... & Kramer, A. F. (2020). Brain network modularity predicts improvements in cognitive and scholastic performance in children involved in a physical activity intervention. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 346.
- Chadwick, M., & Fuentes, M. (1998). *Evaluación del Conocimiento Matemático Benton-Luria*. Santiago: Universidad Educare.
- Chang, C., Liu, Z., Chen, M. C., Liu, X., & Duyn, J. H. (2013). EEG correlates of time-varying BOLD functional connectivity. *Neuroimage*, 72, 227-236.
- Chang, Y. K., Chu, C. H., Wang, C. C., Wang, Y. C., Song, T. F., Tsai, C. L., & Etnier, J. L. (2015). Dose-response relation between exercise duration and cognition. *Med. Sci. Sports Exerc*, 47, 159-165.
- Chen, W., Zhang, Z., Callaghan, B., LaChappa, L., Chen, M., & He, Z. (2017). Acute Effects of Aerobic Physical Activities on Attention and Concentration in School-aged Children. *Biomed J Sci & Tech Res*, 1(5).
- Cheng, A., Hou, Y., & Mattson, M. P. (2010). Mitochondria and neuroplasticity. *ASN neuro*, 2(5), e00045. <https://doi.org/10.1042/AN20100019>

- Cheng, T. H., Uzgil, B., Lin, P., Avliyakov, N. K., O'Dell, T. J., & Martin, K. C. (2012). Activity-dependent transport of the transcriptional coactivator CRTTC1 from synapse to nucleus. *Cell*, 150(1), 207–221. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2012.05.027>
- Chomitz, V. R., Slining, M. M., McGowan, R. J., Mitchell, S. E., Dawson, G. F., & Hacker, K. A. (2009). Is there a relationship between physical fitness and academic achievement? Positive results from public school children in the northeastern United States. *Journal of School Health*, 79(1), 30-37.
- Churchill, G.A., Ford, N.M. Walker, O.C. Johnston, M.W. Tanner, J.F. (2002). *Sales Force Management // 6th Ed.* Illinois: Irwin Press.
- Cian, C., Barraud, P. A., Melin, B., & Raphel, C. (2001). Effects of fluid ingestion on cognitive function after heat stress or exercise-induced dehydration. *International Journal of Psychophysiology*, 42(3), 243-251.
- Clewett, D., DuBrow, S., & Davachi, L. (2019). Transcending time in the brain: How event memories are constructed from experience. *Hippocampus*, 29(3), 162–183. <https://doi.org/10.1002/hipo.23074>
- Cobos, P. (1995). *El desarrollo psicomotor y sus alteraciones. Manual práctico para evaluarlo y favorecerlo.* Madrid. Pirámide.
- Coll, C. (1988). Significado y sentido en el aprendizaje escolar. Reflexiones en torno al concepto de aprendizaje significativo. *Infancia y aprendizaje*, 11(41), 131-142.
- Colomé, R., Sans, A., Lopez-Sala, A., & Boix, C. (2009). Non-verbal learning disorder: cognitive-behavioural characteristics and neuropsychological aspects. *Revista de Neurologia*, 48, S77-81.
- Conner, J. M., Lauterborn, J. C., Yan, Q., Gall, C. M., & Varon, S. (1997). Distribution of brain-derived neurotrophic factor (BDNF) protein and mRNA in the normal adult rat CNS: evidence for anterograde axonal transport. *Journal of neuroscience*, 17(7), 2295-2313.

- Corral, S., Arribas, D., Santamaría, P., Sueiro, M. J., y Pereña, J. (2005). Wechsler Intelligence Scale for Children-Four Edition (WISC-IV) (Spanish Version). Madrid, Spain: TEA ediciones.
- Cöster, M. E., Fritz, J., Karlsson, C., Rosengren, B. E., & Karlsson, M. K. (2018). Extended physical education in children aged 6–15 years was associated with improved academic achievement in boys. *Acta Pædiatrica*, 107(6), 1083-1087.
- Cowan, N. (2014). Working memory underpins cognitive development, learning, and education. *Educational psychology review*, 26(2), 197-223.
- Crespo-Eguílaz, N., Narbona, J., Peralta, F., & Repáraz, R. (2006). Medida de atención sostenida y del control de la impulsividad en niños: nueva modalidad de aplicación del Test de Percepción de Diferencias “Caras”. *Infancia y Aprendizaje*, 29(2), 219-232. <https://doi.org/10.1174/021037006776789926>
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2016). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage publications.
- Crone, E. A., Wendelken, C., Donohue, S., van Leijenhorst, L., & Bunge, S. A. (2006). Neurocognitive development of the ability to manipulate information in working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(24), 9315-9320.
- Crova, C., Struzzolino, I., Marchetti, R., Masci, I., Vannozzi, G., Forte, R., & Pesce, C. (2014). Cognitively challenging physical activity benefits executive function in overweight children. *Journal of Sports Sciences*, 32(3), 201–211. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.828849>
- Crum, A. J., & Langer, E. J. (2007). Mind-set matters: Exercise and the placebo effect. *Psychological science*, 18(2), 165-171.
- Crum, B. (2017). How to win the battle for survival as a school subject? Reflections on justification, objectives, methods and organization of PE in schools of the 21st century. *RETOS-NUEVAS TENDENCIAS EN EDUCACION FISICA DEPORTE Y RECREACION*, 31, 238–244. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5841378>

Crabbe, J. B., & Dishman, R. K. (2004). Brain electrocortical activity during and after exercise: a quantitative synthesis. *Psychophysiology*, 41(4), 563-574.

**D**

Dalsgaard, M. K., Quistorff, B., Danielsen, E. R., Selmer, C., Vogelsang, T., & Secher, N. H. (2004). A reduced cerebral metabolic ratio in exercise reflects metabolism and not accumulation of lactate within the human brain. *The Journal of physiology*, 554(2), 571-578.

Daly-Smith, A., McKenna, J., Defeyter, G., & Manley, A. (2017). A review of school-based studies on the effect of acute physical activity on cognitive function in children and young people. *Physical Activity and Educational Achievement*, 277-302.

Daly-Smith, A. J., Zwolinsky, S., McKenna, J., Tomporowski, P. D., Defeyter, M. A., & Manley, A. (2018). Systematic review of acute physically active learning and classroom movement breaks on children's physical activity, cognition, academic performance and classroom behaviour: understanding critical design features. *BMJ open sport & exercise medicine*, 4(1), e000341. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000341>

Dalziell, A., Boyle, J., & Mutrie, N. (2015). Better movers and thinkers (BMT): An exploratory study of an innovative approach to physical education. *Europe's Journal of Psychology*, 11(4), 722.

Darling-Hammond, L., & Berry, B. (2006). Highly qualified teachers for all. *Educational leadership*, 64(3), 14.

Davidson, R. (2012). *El perfil emocional de tu cerebro. Claves para modificar nuestras actitudes y reacciones*. Madrid. Editorial: Destino.

Davis, C. L., Tomporowski, P. D., Boyle, C. A., Waller, J. L., Miller, P. H., Naglieri, J. A., & Gregoski, M. (2007). Effects of aerobic exercise on overweight children's cognitive functioning: a randomized controlled trial. *Research quarterly for exercise and sport*, 78(5), 510-519.

- Davis, C. L., & Cooper, S. (2011). Fitness, fatness, cognition, behavior, and academic achievement among overweight children: do cross-sectional associations correspond to exercise trial outcomes? *Preventive medicine*, 52, S65-S69.
- De Bruijn, Kostons, van Der Fels, Visscher, Oosterlaan, Hartman & Bosker (2020): Effects of aerobic and cognitively-engaging physical activity on academic skills: A cluster randomized controlled trial, *Journal of Sports Sciences*, DOI: <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1756680>
- de Greeff, J. W., Hartman, E., Mullender-Wijnsma, M. J., Bosker, R. J., Doolaard, S., & Visscher, C. (2016). Long-term effects of physically active academic lessons on physical fitness and executive functions in primary school children. *Health Education Research*, 31(2), 185-194. <https://doi.org/10.1093/her/cyv102>
- de Greeff, J. W., Bosker, R. J., Oosterlaan, J., Visscher, C., & Hartman, E. (2018). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(5), 501–507. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.09.595>
- Deco, G. (2001). Biased competition mechanisms for visual attention in a multimodular neurodynamical system. In *Emergent neural computational architectures based on neuroscience* (pp. 114-126). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Dehaene, S. (2020). *How we learn: The new science of education and the brain*. Penguin UK.
- Dehaene, S., Spelke, E., Pinel, P., Stanescu, R., & Tsivkin, S. (1999). Sources of mathematical thinking: Behavioral and brain-imaging evidence. *Science*, 284(5416), 970-974.
- Dewey (1916). *Democracy and education. An introduction to the Philosophy of Education*. The Macmillan Company. Editorial LOSADA, S. A. Buenos Aires.
- Di Liegro, C. M., Schiera, G., Proia, P., & Di Liegro, I. (2019). Physical activity and brain health. *Genes*, 10(9), 720.

- Diamond, A. (2015). Effects of physical exercise on executive functions: going beyond simply moving to moving with thought. *Ann. Sports Med. Res.* 2, 1011–1015.
- 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.
- Diamond, A., & Ling, D. S. (2019). Aerobic-Exercise and resistance-training interventions have been among the least effective ways to improve executive functions of any method tried thus far.
- Díaz, G., Guillem, M., Roig, E., & González, C. (2021). Experiencia en el centro de educación especial de Albatros: Bases para incidir en los procesos cognitivos mediante la práctica de Actividad Física. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, (435), 5-10.
- Dietrich, A. (2009). The transient hypofrontality theory and its implications for emotion and cognition. In *Exercise and cognitive function*.
- Diez, I., Bonifazi, P. et al. (2015) A novel brain partition highlights the modular skeleton shared. *Structure and function*. *Nature Scientific Reports*. DOI: 10.1038/srep10532
- 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., & Ling, D. S. (2019). Aerobic-Exercise and resistance-training interventions have been among the least effective ways to improve executive functions of any method tried thus far.
- Dijkstra, S. (1991). Instructional design models and the representation of knowledge and skills. *Educational Technology*, 31 (6), pp. 19-26.
- Dinoff, A., Herrmann, N., Swardfager, W., & Lanctot, K. L. (2017). The effect of acute exercise on blood concentrations of brain-derived neurotrophic factor in healthy adults: a meta-analysis. *European Journal of Neuroscience*, 46(1), 1635-1646.

- Dishman, R. K., Hales, D. P., Pfeiffer, K. A., Felton, G. A., Saunders, R., Ward, D. S., ... & Pate, R. R. (2006). Physical self-concept and self-esteem mediate cross-sectional relations of physical activity and sport participation with depression symptoms among adolescent girls. *Health psychology, 25*(3), 396.
- Domínguez González, F., Moral Campillo, L., Reigal Garrido, R. E., & Hernández Mendo, A. (2018). Condición física y atención selectiva en una muestra preadolescente.
- Donnelly, J. E., Greene, J. L., Gibson, C. A., Smith, B. K., Washburn, R. A., Sullivan, D. K., DuBose, K., Mayo, M. S., Schmelzle, K. H., Ryan, J. J., Jacobsen, D. J., & Williams, S. L. (2009). Physical activity across the curriculum (PAAC): A randomized controlled trial to promote physical activity and diminish overweight and obesity in elementary school children. *Preventive Medicine, 49*(4), 336-341. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2009.07.022>
- Donnelly, J. E., & Lambourne, K. (2011). Classroom-based physical activity, cognition, and academic achievement. *Preventive medicine, 52*, S36-S42.
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K., & Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: A systematic review. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 48* (6), 1197–1222. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Greene, J. L., Hansen, D. M., Gibson, C. A., Sullivan, D. K., Poggio, J., Mayo, M. S., Lambourne, K., Szabo-Reed, A. N., Herrmann, S. D., Honas, J. J., Scudder, M. R., Betts, J. L., Henley, K., Hunt, S. L., & Washburn, R. A. (2017). Physical activity and academic achievement across the curriculum: Results from a 3-year cluster-randomized trial. *Preventive Medicine, 99*, 140-145. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2017.02.006>
- Drollette, E. S., Scudder, M. R., Raine, L. B., Moore, R. D., Saliba, B. J., Pontifex, M. B., & Hillman, C. H. (2014). Acute exercise facilitates brain function and cognition in children who need it most: an ERP study of individual differences in inhibitory control capacity. *Developmental cognitive neuroscience, 7*, 53-64.

Dubuc-Charbonneau, N., & Durand-Bush, N. (2015). Moving to action: The effects of a self-regulation intervention on the stress, burnout, well-being, and self-regulation capacity levels of university student-athletes. *Journal of Clinical Sport Psychology*, 9(2), 173-192.

Duncan, M., & Johnson, A. (2014). The effect of differing intensities of acute cycling on preadolescent academic achievement. *European journal of sport science*, 14(3), 279-286.

Dwyer, T., Coonan, W. E., Leitch, D. R., Hetzel, B. S., & Baghurst, R. A. (1983). An investigation of the effects of daily physical activity on the health of primary school students in South Australia. *International journal of epidemiology*, 12(3), 308-313.

## **E**

El Ansari, W., Suominen, S., & Draper, S. (2017). Correlates of achieving the guidelines of four forms of physical activity, and the relationship between guidelines achievement and academic performance: undergraduate students in Finland. *Central European journal of public health*, 25(2), 87-95.

Egger, F., Benzing, V., Conzelmann, A., & Schmidt, M. (2019). Boost your brain, while having a break! The effects of long-term cognitively engaging physical activity breaks on children's executive functions and academic achievement. *PloS one*, 14(3), e0212482.

Eichenbaum, H. (2002). *The Cognitive Neuroscience of Memory-an Introduction*: Oxford University Press.

Endo, K., Matsukawa, K., Liang, N., Nakatsuka, C., Tsuchimochi, H., Okamura, H., & Hamaoka, T. (2013). Dynamic exercise improves cognitive function in association with increased prefrontal oxygenation. *The Journal of Physiological Sciences*, 63(4), 287-298.

Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., ... & Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and

improves memory. *Proceedings of the national academy of sciences*, 108(7), 3017-3022.

Erickson, K. I., Hillman, C., Stillman, C. M., Ballard, R. M., Bloodgood, B., Conroy, D. E., Macko, R., Marquez, D. X., Petruzzello, S. J., Powell, K. E., & FOR 2018 PHYSICAL ACTIVITY GUIDELINES ADVISORY COMMITTEE\* (2019). Physical Activity, Cognition, and Brain Outcomes: A Review of the 2018 Physical Activity Guidelines. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(6), 1242–1251. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001936>

Ericsson, I., & Karlsson, M. K. (2014). Motor skills and school performance in children with daily physical education in school—a 9-year intervention study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(2), 273-278.

Esteban-Cornejo, I., Rodriguez-Ayllon, M., Verdejo-Roman, J., Cadenas-Sanchez, C., Mora-Gonzalez, J., Chaddock-Heyman, L., ... & Hillman, C. H. (2019). Physical fitness, white matter volume and academic performance in children: findings from the ActiveBrains and FITKids2 projects. *Frontiers in psychology*, 10, 208.

Etnier, J. L., & Chang, Y. K. (2009). The effect of physical activity on executive function: a brief commentary on definitions, measurement issues, and the current state of the literature. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 31(4), 469-483.

Etnier, J. L., Salazar, W., Landers, D. M., Petruzzello, S. J., Han, M., & Nowell, P. (1997). The influence of physical fitness and exercise upon cognitive functioning: A meta-analysis. *Journal of sport and Exercise Psychology*, 19(3), 249-277.

## **F**

Fabel, K., & Kempermann, G. (2008). Physical activity and the regulation of neurogenesis in the adult and aging brain. *Neuromolecular medicine*, 10(2), 59-66.

Fedewa, A. L., & Ahn, S. (2011). The effects of physical activity and physical fitness on children's achievement and cognitive outcomes: a meta-analysis. *Research quarterly for exercise and sport*, 82(3), 521-535.

- Fedewa, A. L., Ahn, S., Erwin, H., & Davis, M. C. (2015). A randomized controlled design investigating the effects of classroom-based physical activity on children's fluid intelligence and achievement. *School Psychology International*, 36(2), 135-153. <https://doi.org/10.1177/0143034314565424>
- Feld, (1989). V. ALCMEON 11 Antecedentes y perspectivas de la neuropsicología actual. Congreso Latinoamericano de Neuropsicología, Buenos Aires.
- Felver, J. C., Celis-de Hoyos, C. E., Tezanos, K., & Singh, N. N. (2016). A systematic review of mindfulness-based interventions for youth in school settings. *Mindfulness*, 7(1), 34-45.
- Ferrière, A. (1927) La práctica de la escuela activa. Experiencias y orientaciones. Madrid: Fran-cisco Beltran.
- Ferris, L. T., Williams, J. S., & Shen, C. L. (2007). The effect of acute exercise on serum brain-derived neurotrophic factor levels and cognitive function. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(4), 728.
- Fernandes J, Arida RM, Gomez-Pinilla F. (2017). Physical exercise as an epigenetic modulator of brain plasticity and cognition. *Neurosci Biobehav Rev*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.06.012>
- Fernandes, V. R., Ribeiro, M. L. S., Melo, T., de Tarso Maciel-Pinheiro, P., Guimarães, T. T., Araújo, N. B., ... & Deslandes, A. C. (2016). Motor coordination correlates with academic achievement and cognitive function in children. *Frontiers in psychology*, 7, 318.
- Feuer, M. J., Towne, L., & Shavelson, R. J. (2002). Scientific culture and educational research. *Educational researcher*, 31(8), 4-14.
- Fisher, A., Boyle, J. M., Paton, J. Y., Tomporowski, P., Watson, C., McColl, J. H., & Reilly, J. J. (2011). Effects of a physical education intervention on cognitive function in young children: randomized controlled pilot study. *BMC pediatrics*, 11(1), 1-9.

- Fissler, P., Kolassa, I. T., & Schrader, C. (2015). Educational games for brain health: revealing their unexplored potential through a neurocognitive approach. *Frontiers in psychology*, 6, 1056.
- Flanagan, D. P. y Kaufman, A. S. (2006). *Claves para la evaluación con el WISC-IV*. Madrid. TEA Ediciones (Ed. orig: *Essentials of WISC-IV Assessment*. John Wiley & Sons. 2004).
- Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind*. Cambridge, MA: MIT Press. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0140525X0001921X>
- French C., Beaumont J. (1984). A critical review of EEG coherence studies of hemisphere function. *Int J Psychophysiol*. Mar;1(3):241-54. PMID: 6394561. [https://doi.org/10.1016/0167-8760\(84\)90044-8](https://doi.org/10.1016/0167-8760(84)90044-8)
- Friederici, A. D., & Wartenburger, I. (2010). Language and brain. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(2), 150-159.
- Friedman, N. P., Haberstick, B. C., Willcutt, E. G., Miyake, A., Young, S. E., Corley, R. P., & Hewitt, J. K. (2007). Greater attention problems during childhood predict poorer executive functioning in late adolescence. *Psychological science*, 18(10), 893-900.
- Friso-van den Bos, I., Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E., Xenidou-Dervou, I., Jonkman, L. M., Van der Schoot, M., & Van Lieshout, E. C. (2015). Longitudinal development of number line estimation and mathematics performance in primary school children. *Journal of experimental child psychology*, 134, 12-29.
- Fritz, J., Cöster, M. E., Rosengren, B. E., Karlsson, C., & Karlsson, M. K. (2020). Daily school physical activity improves academic performance. *Sports*, 8(6), 83.
- Funakoshi, H., Frisé, J., Barbany, G., Timmusk, T., Zachrisson, O., Verge, V. M., & Persson, H. (1993). Differential expression of mRNAs for neurotrophins and their receptors after axotomy of the sciatic nerve. *The Journal of cell biology*, 123(2), 455-465.

## G

- Gallotta, M. C., Emerenziani, G. P., Franciosi, E., Meucci, M., Guidetti, L., & Baldari, C. (2015). Acute physical activity and delayed attention in primary school students. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(3), e331-e338.
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., ... & Swain, D. P. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise.
- Gardener, S. L., & Rainey-Smith, S. R. (2018). The role of nutrition in cognitive function and brain ageing in the elderly. *Current nutrition reports*, 7(3), 139-149.
- Garcia PC, Real CC, Britto LR (2017) The impact of short and long- term exercise on the expression of arc and AMPARs during evolution of the 6-hydroxy-dopamine animal model of Parkinson's disease. *J Mol Neurosci* 61:542–552
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind*. New York: Basic Books. (Traducción castellano, Estructuras de la mente. La teoría de las Inteligencias Múltiples. México: Fondo de Cultura Económica, 1987. Última Edición 2001).
- Gerrig, R. J., Zimbardo, P. G., Zimbardo, P. G., & Zimbardo, P. G. (2005). *Psychology and life* (Vol. 1, No. 1). Boston: Pearson/Allen and Bacon.
- Gibala, M. J. (2015). Physiological adaptations to low-volume high-intensity interval training. *Sports Science Exchange*, 28(139), 1-6.
- Gibala, M. J., & Jones, A. M. (2013). Physiological and performance adaptations to high-intensity interval training. *Limits of human endurance*, 76, 51-60.
- Gillen, J. B., & Gibala, M. J. (2014). Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness?. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 39(3), 409-412.
- Glick, H. A., & Sharma, A. (2020). Cortical neuroplasticity and cognitive function in early-stage, mild-moderate hearing loss: evidence of neurocognitive benefit from hearing aid use. *Frontiers in neuroscience*, 14, 93.

- Gomes, T., & Silva, T. (2005). Fisiología del sistema nervioso autónomo (SNA). Hospital del Mar–Esperanza. Disponible en: [http://www.scartd.org/arxius/fisio\\_sna05.pdf](http://www.scartd.org/arxius/fisio_sna05.pdf)
- Gómez-Pinilla, F., & Hillman, C. H. (2013). The Influence of Exercise on Cognitive Abilities. In *Comprehensive Physiology* (Vol. 3, pp.403–428). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. DOI: <https://doi.org/10.1002/cphy.c110063>
- Gomez-Pinilla, F., Vaynman, S., & Ying, Z. (2008). Brain-derived neurotrophic factor functions as a metabotrophin to mediate the effects of exercise on cognition. *European Journal of Neuroscience*, 28(11), 2278-2287.
- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., ... & Thompson, P. M. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(21), 8174-8179.
- Gould, D. (2010). *Fundamentos de psicología del deporte y del ejercicio físico*. 4ª Edición. Editorial: Panamericana. Madrid.
- Graham, D. J., Lucas-Thompson, R. G., & O'Donnell, M. B. (2014). Jump in! An investigation of school physical activity climate, and a pilot study assessing the acceptability and feasibility of a novel tool to increase activity during learning. *Frontiers in public health*, 2, 58.
- Guillamón, A. R., Canto, E. G., & García, H. M. (2021). Ejercicio físico aeróbico y atención selectiva en escolares de educación primaria. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (39), 421-428.
- Güntürkün O., Ströckens F., Ocklenburg S. (2020). Brain Lateralization: A Comparative Perspective. *Physiol Rev.* Jul 1;100(3):1019-1063. <https://doi.org/10.1152/physrev.00006.2019>
- Guzmán, M. (2006). *Para pensar mejor. Desarrollo de la creatividad a través de los procesos matemáticos*. Ediciones Pirámide.

**H**

- Haslacher, H., Michlmayr, M., Batmyagmar, D., Perkmann, T., Ponocny-Seliger, E., Scheichenberger, V., ... & Winker, R. (2015). Physical exercise counteracts genetic susceptibility to depression. *Neuropsychobiology*, 71(3), 168-175.
- Helfer, S. G., Elhai, J. D., & Geers, A. L. (2015). Affect and exercise: positive affective expectations can increase post-exercise mood and exercise intentions. *Annals of Behavioral Medicine*, 49(2), 269-279.
- Heppe, H., Kohler, A., Fleddermann, M. T., & Zentgraf, K. (2016). The relationship between expertise in sports, visuospatial, and basic cognitive skills. *Frontiers in psychology*, 7, 904.
- Herbst, W. A., & Martin, K. C. (2017). Regulated transport of signaling proteins from synapse to nucleus. *Current opinion in neurobiology*, 45, 78–84. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2017.04.006>
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Editorial McGraw Hill, 95.
- Herold, F., Hamacher, D., Schega, L., & Müller, N. G. (2018). Thinking While Moving or Moving While Thinking - Concepts of Motor-Cognitive Training for Cognitive Performance Enhancement. *Frontiers in aging neuroscience*, 10, 228. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00228>
- Herting, M. M., Keenan, M. F., & Nagel, B. J. (2016). Aerobic fitness linked to cortical brain development in adolescent males: preliminary findings suggest a possible role of BDNF genotype. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 327.
- Hill, L., Williams, J. H., Aucott, L., Milne, J., Thomson, J., Greig, J., ... & MON-WILLIAMS, M. A. R. K. (2010). Exercising attention within the classroom. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(10), 929-934.
- Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58–65.

- Hillman, C. H., Kamijo, K., & Pontifex, M. B. (2012). The relation of ERP indices of exercise to brain health and cognition. In *Functional neuroimaging in exercise and sport sciences* (pp. 419-446). Springer, New York, NY.
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Castelli, D. M., Khan, N. A., Raine, L. B., Scudder, M. R., ... Kamijo, K. (2014). Effects of the FITKids Randomized Controlled Trial on Executive Control and Brain Function. *PEDIAT-RICS*, 134(4), e1063–e1071.
- Hillman, C. H., McAuley, E., Erickson, K. I., Liu-Ambrose, T., & Kramer, A. F. (2018). On mindful and mindless physical activity and executive function: A response to Diamond and Ling (2016). *Developmental cognitive neuroscience*, 37.
- Hillman CH, McDonald KM, Logan NE. (2020). A Review of the Effects of Physical Activity on Cognition and Brain Health across Children and Adolescence. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser.* 2020;95:116-126. <https://doi.org/10.1159/000511508>
- Hirbec H., Déglon N., Escartin C., et al. (2021). Emerging technologies to study glial cells. DOI: <https://doi.org/10.1002/glia.23780>
- Hogan, M., Kiefer, M., Kubesch, S., Collins, P., Kilmartin, L., & Brosnan, M. (2013). The interactive effects of physical fitness and acute aerobic exercise on electrophysiological coherence and cognitive performance in adolescents. *Experimental brain research*, 229(1), 85-96.
- Hollar, D., Lombardo, M., Lopez-Mitnik, G., Hollar, T. L., Almon, M., Agatston, A. S., & Messiah, S. E. (2010). Effective multi-level, multi-sector, school-based obesity prevention programming improves weight, blood pressure, and academic performance, especially among low-income, minority children. *Journal of health care for the poor and underserved*, 21(2), 93-108.
- Hopkins, M. (2012). Differential effects of acute and regular physical exercise on cognition and affect. *Neuroscience* 215, 59–68. Department of Psychological and Brain Sciences, Dartmouth College, Hanover, NH, USA. Published by Elsevier.
- Howie, E. K., Brewer, A., Brown, W. H., Pfeiffer, K. A., Saunders, R. P., & Pate, R. R. (2014). The 3-year evolution of a preschool physical activity intervention through

a collaborative partnership between research interventionists and preschool teachers. *Health Education Research*, 29(3), 491-502.

Howie, E. K., Schatz, J., & Pate, R. R. (2015). Acute effects of classroom exercise breaks on executive function and math performance: A dose–response study. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 86(3), 217-224.

Huang T., Larsen K., Ried-Larsen M., Moller N., Andersen L. (2013). The effects of physical activity and exercise on brain-derived neurotrophic factor in healthy humans. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. Published by John Wiley & Sons Ltd. Volume 24, Issue 1, pages 1–10, February 2014.

Huang, T., Tarp, J., Domazet, S. L., Thorsen, A. K., Froberg, K., Andersen, L. B., & Bugge, A. (2015). Associations of adiposity and aerobic fitness with executive function and math performance in Danish adolescents. *The Journal of pediatrics*, 167(4), 810-815.

Hurst, C., Weston, K. L., & Weston, M. (2019). The effect of 12 weeks of combined upper- and lower-body high-intensity interval training on muscular and cardiorespiratory fitness in older adults. *Aging clinical and experimental research*, 31(5), 661-671.

## *I*

Iacoboni, M., Koski, L. M., Brass, M., Bekkering, H., Woods, R. P., Dubeau, M. C., Mazziotta, J. C., & Rizzolatti, G. (2001). Reafferent copies of imitated actions in the right superior temporal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(24), 13995–13999. <https://doi.org/10.1073/pnas.241474598>

Ibáñez, A., García, A. M., Esteves, S., Yoris, A., Muñoz, E., Reynaldo, L., ... & Manes, F. (2018). Social neuroscience: undoing the schism between neurology and psychiatry. *Social Neuroscience*, 13(1), 1-39.

Ibarrola, B. (2014). *Aprendizaje emocionante: neurociencia para el aula* (Vol. 5). Ediciones SM España.

Iijima, M., & Nishitani, N. (2016). Cortical dynamics during simple calculation processes: A magnetoencephalography study. *Clinical neurophysiology practice*, 2, 54–61.  
<https://doi.org/10.1016/j.cnp.2016.10.003>

Immordino-Yang, M. H., & Gotlieb, R. (2017). Embodied brains, social minds, cultural meaning: Integrating neuroscientific and educational research on social-affective development. *American Educational Research Journal*, 54(1\_suppl), 344S-367S.

Isaacs, K. R., Anderson, B. J., Alcantara, A. A., Black, J. E., & Greenough, W. T. (1992). Exercise and the brain: angiogenesis in the adult rat cerebellum after vigorous physical activity and motor skill learning. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 12(1), 110-119.

Ismail, A. H. (1976). The effect of well-organized physical education program on intellectual performance. *Kinesiology*, 6(1.-2.), 30-35.

## *J*

Jäger, K., Schmidt, M., Conzelmann, A., & Roebbers, C. M. (2015). The effects of qualitatively different acute physical activity interventions in real-world settings on executive functions in preadolescent children. *Mental Health and Physical Activity*, 9, 1-9.

James, W. (1950). *The principles of psychology*. New York: Dover Publications, Inc. (edición original de 1890).

James, L. A., & James, L. R. (1989). Integrating work environment perceptions: Explorations into the measurement of meaning. *Journal of applied psychology*, 74(5), 739.

Janssen, M., Chinapaw, M. J. M., Rauh, S. P., Toussaint, H. M., van Mechelen, W., & Verhagen, E. (2014). A short physical activity break from cognitive tasks increases selective attention in primary school children aged 10-11. *Mental Health and Physical Activity*, 7(3), 129-134.  
<https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2014.07.001>

Jensen, E., & Snider, C. (2013). Turnaround tools for the teenage brain: Helping underperforming students become lifelong learners. John Wiley & Sons.

Jasim H, Carlsson A, Hedenberg-Magnusson B, Ghafouri B, Ernberg M. Saliva as a medium to detect and measure biomarkers related to pain. *Sci Rep.* 2018 Feb 19;8(1):3220. doi: 10.1038/s41598-018-21131-4

Jiménez, R. G. (2012). Pautas de evaluación de seis habilidades motrices básicas en niños y niñas de 5 y 6 años de edad. *Journal of Movement & Health*, 13(1).

Johansen-Berg, H., & Duzel, E. (2016). Neuroplasticity: Effects of Physical and Cognitive activity on brain structure and function.

Jolles J., & Jolles D. (2021). On Neuroeducation: Why and How to Improve Neuroscientific Literacy in Educational Professionals. *Front. Psychol.* 12:752151. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.752151>

Jolles, D., Supekar, K., Richardson, J., Tenison, C., Ashkenazi, S., Rosenberg-Lee, M., ... & Menon, V. (2016). Reconfiguration of parietal circuits with cognitive tutoring in elementary school children. *Cortex*, 83, 231-245.

Jones, L. B., Rothbart, M. K., & Posner, M. I. (2003). Development of executive attention in preschool children. *Developmental science*, 6(5), 498-504.

## **K**

Kalat, F. L., Yazdi, Z. A., & Ghanizadeh, A. (2018). EFL TEACHERS' VERBAL AND NON-VERBAL IMMEDIACY: A STUDY OF ITS DETERMINANTS AND CONSEQUENCES. *European Journal of Education Studies*.

Kalton, G., & Heeringa, S. (Eds.). (2003). *Leslie Kish: selected papers* (Vol. 330). John Wiley & Sons.

Kamijo, K., Pontifex, M. B., O'Leary, K. C., Scudder, M. R., Wu, C. T., Castelli, D. M., & Hillman, C. H. (2011). The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. *Developmental science*, 14(5), 1046-1058.

- Kamijo, K., & Masaki, H. (2016). Fitness and ERP indices of cognitive control mode during task preparation in preadolescent children. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 441.
- Kandel, E.R. (1982) The origin of modern neuroscience. *Annual Review of Neuroscience*. 5: 299-303.
- Kandel, E.R.; Schwartz, J.H. & Jessell, T.M. (2001). *Principios de neurociencia*. Cuarta edición. McGraw-Hill Interamericana. Madrid.
- Kandel, E. R. (2001). The molecular biology of memory storage: a dialogue between genes and synapses. *Science*, 294(5544), 1030-1038.
- Kao, S. C., Westfall, D. R., Parks, A. C., Pontifex, M. B., & Hillman, C. H. (2017). Muscular and aerobic fitness, working memory, and academic achievement in children. *Med Sci Sports Exerc*, 49(3), 500-508.
- Kaufman, A. S. (1990). *Kaufman brief intelligence test: KBIT*. Circle Pines, MN: AGS, American Guidance Service.
- Kelly, C., Castellanos, X. (2014). Strengthening connections: functional connectivity and brain plasticity. *Neuropsychol Rev*. 2014 March; 24(1): 63–76. doi:10.1007/s11065-014-9252-y
- Kempermann, G., Fabel, K., Ehninger, D., Babu, H., Leal-Galicia, P., Garthe, A., & Wolf, S. A. (2010). Why and how physical activity promotes experience-induced brain plasticity. *Frontiers in neuroscience*, 4, 189.
- Khalil, A. H., El-Nagar, B. E. D. E., & Awad, M. A. E. M. (2019). The effect of brain-based learning on developing some speaking skills of egyptian EFL secondary school students. *International journal of environmental & science education*, 14(3), 103-116.
- Kibbe, D. L., Hackett, J., Hurley, M., McFarland, A., Schubert, K. G., Schultz, A., & Harris, S. (2011). Ten Years of TAKE 10!®: Integrating physical activity with academic concepts in elementary school classrooms. *Preventive medicine*, 52, S43-S50.

- Kish, L., & Rodríguez, B. G. (1995). *Diseño estadístico para la investigación*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas.
- Kirk, S. M., Vizcarra, C. R., Looney, E. C., & Kirk, E. P. (2014). Using physical activity to teach academic content: a study of the effects on literacy in head start preschoolers. *Early Childhood Education Journal*, 42(3), 181-189.
- Kitamura, S. K. Ogawa, D. S. Roy et al., (2017). Engrams and circuits crucial for systems consolidation of a memory. *Science*, vol. 356, no. 6333, pp. 73–78.
- Kleim, J. A., Barbay, S., Cooper, N. R., Hogg, T. M., Reidel, C. N., Remple, M. S., & Nudo, R. J. (2002). Motor learning-dependent synaptogenesis is localized to functionally reorganized motor cortex. *Neurobiology of learning and memory*, 77(1), 63-77.
- Knaepen, K., Goekint, M., Heyman, E. M., & Meeusen, R. (2010). Neuroplasticity—exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor. *Sports medicine*, 40(9), 765-801.
- Kolb, B. y Whishaw, I. Q. (2009). *Fundamentals of human neuropsychology*. Macmillan.
- Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (2015). *Fundamentals Of Human Neuropsychology*. New York City.
- Koutsandréou, F., Niemann, C., Wegner, M., & Budde, H. (2016). Acute exercise and cognition in children and adolescents: The roles of testosterone and cortisol.
- Krafft, C. E., Schwarz, N. F., Chi, L., Weinberger, A. L., Schaeffer, D. J., Pierce, J. E., ... & McDowell, J. E. (2014a). An 8-month randomized controlled exercise trial alters brain activation during cognitive tasks in overweight children. *Obesity*, 22(1), 232-242.
- Krafft, C. E., Schwarz, N. F., Chi, L., Weinberger, A. L., Schaeffer, D. J., Pierce, J. E., ... & McDowell, J. E. (2014b). An 8-month randomized controlled exercise trial alters brain activation during cognitive tasks in overweight children. *Obesity*, 22 (1), 232–242.

Kramer, A. F., Hahn, S., Cohen, N. J., Banich, M. T., McAuley, E., Harrison, C. R., ... & Colcombe, A. (1999). Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature*, 400(6743), 418-419.

Kramer, A. F., & Colcombe, S. (2018). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study—revisited. *Perspectives on Psychological Science*, 13(2), 213-217.

Kvalø, S. E., Bru, E., Brønnick, K., & Dyrstad, S. M. (2017). Does increased physical activity in school affect children's executive function and aerobic fitness? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(12), 1833-1841. <https://doi.org/10.1111/sms.12856>

## **L**

Lambourne, K., & Tomporowski, P. (2010). The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. *Brain research*, 1341, 12-24.

Leal, G., Bramham, C. R., & Duarte, C. B. (2017). BDNF and hippocampal synaptic plasticity. *Vitamins and hormones*, 104, 153-195.

Li, Y., Hu, Y., Wang, Y., Weng, J., & Chen, F. (2013). Individual structural differences in left inferior parietal area are associated with schoolchildrens' arithmetic scores. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 844.

Link, T., Moeller, K., Huber, S., Fischer, U., & Nuerk, H. C. (2013). Walk the number line—An embodied training of numerical concepts. *Trends in Neuroscience and Education*, 2(2), 74-84.

Liu T, et al. (2020). The BDNF Val66Met Polymorphism, Regular Exercise, and Cognition: A Systematic Review. *West J Nurs Res*. 2020.

Lleixà Arribas, T., Capllonch Bujosa, M., & Gonzalez Arevalo, C. (2015). Key competences in Physical Education teaching programmes. Validation of a

diagnostic questionnaire. Retos-nuevas tendencias en educacion fisica deporte y recreacion, (27), 52-57.

López-Roldán, P., & Fachelli, S. (2017). El diseño de la muestra. Metodología de la investigación social cuantitativa.

Ludyga, S., Gerber, M., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., & Pühse, U. (2016). Acute effects of moderate aerobic exercise on specific aspects of executive function in different age and fitness groups: A meta-analysis. *Psychophysiology*, 53(11), 1611-1626.

Luria, Alexander R. (1984). *El cerebro en actividad*. Barcelona, Editorial: Fontanella.

Luria, Alexander R. (1987). *Desarrollo historico de los procesos cognitivos*. Psicología y Pedagogía. Madrid, Ediciones: Universidades Akal.

## **M**

Ma, J. K., Le Mare, L., & Gurd, B. J. (2014). Four minutes of in-class high-intensity interval activity improves selective attention in 9-to 11-year olds. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(3), 238-244. <https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0309>

Ma, J. K., Le Mare, L., & Gurd, B. J. (2015). Four minutes of in-class high-intensity interval activity improves selective attention in 9-to 11-year olds. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 40(3), 238-244.

Mabbott, D. J., Noseworthy, M., Bouffet, E., Laughlin, S., & Rockel, C. (2006). White matter growth as a mechanism of cognitive development in children. *Neuroimage*, 33(3), 936-946.

Madan, C. R., & Singhal, A. (2012). Using actions to enhance memory: effects of enactment, gestures, and exercise on human memory. *Frontiers in Psychology*, 3, 507.

- Maguire, E., et al. (2006). London taxi drivers and bus drivers: A structural MRI and neuropsychological analysis. Wiley Publisher. Hippocampus. Volume16, Issue12 2006;16(12):1091-101. <https://doi.org/10.1002/hipo.20233>
- Mahar, M. T. (2011). Impact of short bouts of physical activity on attention-to-task in elementary school children. Preventive medicine, 52, S60-S64.
- Mahar, M. T., Murphy, S. K., Rowe, D. A., Golden, J., Shields, A. T., & Raedeke, T. D. (2006). Effects of a classroom-based program on physical activity and on-task behavior. Medicine and science in sports and exercise, 38(12), 2086.
- Mandolesi, L., Polverino, A., Montuori, S., Foti, F., Ferraioli, G., Sorrentino, P., et al. (2018). Effects of Physical Exercise on Cognitive Functioning and Wellbeing: biological and Psychological Benefits. Front. Psychol. 9:509. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00509>
- Mandel AL, Ozdener H, Utermohlen V, (2011). Brain-derived neurotrophic factor in human saliva: ELISA optimization and biological correlates. J Immunoassay Immunochem. 2011;32(1):18-30.
- Manes, F. (2018). Cognitive-behavioural interventions for attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) in adults. The Cochrane database of systematic reviews, 3(3), CD010840. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010840.pub2>
- Maren, S., Baudry, M. (1995), Properties and mechanisms of long-term synaptic plasticity in the mammalian brain: Relationships to learning and memory». Neurobiology of Learning and Memory, vol. 63(1), p. 1-18.
- Marquez, C. M. S., Vanaudenaerde, B., Troosters, T., & Wenderoth, N. (2015). High-intensity interval training evokes larger serum BDNF levels compared with intense continuous exercise. Journal of Applied Physiology.
- Martin, R., & Murtagh, E. M. (2015). Preliminary findings of Active Classrooms: An intervention to increase physical activity levels of primary school children during class time. Teaching and Teacher Education, 52, 113-127.

- Martín-Loeches, M., Sel, A., Casado, P., Jiménez, L., & Castellanos, L. (2009). Encouraging expressions affect the brain and alter visual attention. *PloS one*, 4(6), e5920. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005920>
- Martínez-López, E. J., Ruiz-Ariza, A., de la Torre-Cruz, M., & Suárez-Manzano, S. (2021). Alternatives of physical activity within school times and effects on cognition. A systematic review and educational practical guide. *Psicología Educativa*, 27(1), 37-50. <https://doi.org/10.5093/psed2020a16>
- Matthew B., Christopher, A. (2017). Cerebral Cortical Neuron Diversity and Development at SingleCell Resolution. *Curr Opin Neurobiol*. 2017 February; 42: 9–16. England.
- Mauck, H., Hockman, C. (1967). Central nervous system mechanisms mediating cardiac rate and rhythm. *American Heart Journal*. Volume 74, Issue 1, July 1967, Pages 96-109. Elsevier.
- Maurer, M. N., & Roebbers, C. M. (2019). Towards a better understanding of the association between motor skills and executive functions in 5-to 6-year-olds: The impact of motor task difficulty. *Human movement science*, 66, 607-620.
- Mavilidi, M. F. (2017). Effects of integrating movements into the learning task on preschool children's cognition and learning.
- Mavilidi, M. F., Okely, A. D., Chandler, P., Cliff, D. P., & Paas, F. (2015). Effects of integrated physical exercises and gestures on preschool children's foreign language vocabulary learning. *Educational psychology review*, 27(3), 413-426.
- Mavilidi, M. F., Okely, A. D., Chandler, P., & Paas, F. (2016). Infusing physical activities into the classroom: effects on preschool children's geography learning. *Mind, Brain, and Education*, 10(4), 256-263.
- Mavilidi, M. F., Okely, A. D., Chandler, P., & Paas, F. (2017). Effects of integrating physical activities into a science lesson on preschool children's learning and enjoyment. *Applied Cognitive Psychology*, 31(3), 281-290.
- Mavilidi, M. F., Lubans, D., Eather, N., Morgan, P., & Riley, N. (2018). Preliminary efficacy and feasibility of "Thinking While Moving in English": A program with

physical activity integrated into primary school English lessons. *Children*, 5(8), 109. <https://doi.org/10.3390/children5080109>

Mavilidi, M. F., Okely, A., Chandler, P., Domazet, S. L., & Paas, F. (2018). Immediate and delayed effects of integrating physical activity into preschool children's learning of numeracy skills. *Journal of experimental child psychology*, 166, 502-519.

Mavilidi, M. F., Drew, R., Morgan, P. J., Lubans, D. R., Schmidt, M., & Riley, N. (2020). Effects of different types of classroom physical activity breaks on children's on-task behaviour, academic achievement and cognition. *Acta paediatrica*, 109(1), 158-165.

Mavilidi, M. F., & Vazou, S. (2021). Classroom-based physical activity and math performance: Integrated physical activity or not? *Acta Paediatrica*, 110(7), 2149-2156.

McClelland, E., Pitt, A., & Stein, J. (2015). Enhanced academic performance using a novel classroom physical activity intervention to increase awareness, attention and self-control: Putting embodied cognition into practice. *Improving Schools*, 18(1), 83-100.

McCrary-Spitzer, S. K., Manohar, C. U., Koepp, G. A., & Levine, J. A. (2015). Low-cost and Scalable Classroom Equipment to Promote Physical Activity and Improve Education. *Journal of physical activity & health*, 12(9).

McMorris, T. (2016). History of research into the acute exercise–cognition interaction: A cognitive psychology approach.

McMorris, T., Turner, A., Hale, B. J., & Sproule, J. (2016). Beyond the catecholamines hypothesis for an acute exercise–cognition interaction: A neurochemical perspective.

Mead, T., Scibora, L., Gardner, J., & Dunn, S. (2016). The impact of stability balls, activity breaks, and a sedentary classroom on standardized math scores. *Physical Educator*, 73(3), 433-449. <https://doi.org/10.18666/TPE-2016-V73-I3-5303>

- Miguel, P. M., Pereira, L. O., Silveira, P. P., & Meaney, M. J. (2019). Early environmental influences on the development of children's brain structure and function. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 61(10), 1127-1133.
- Milner, B. (1978). Clues to the cerebral organization of memory. In cerebral correlates of conscious experience. P. BUSER and A. ROUGEUL-BUSER, (Editors), Amsterdam: Elsevier/North Holland Biomed Press, pp. 139-153.
- Mills, C. M., & Elashi, F. B. (2014). Children's skepticism: Developmental and individual differences in children's ability to detect and explain distorted claims. *Journal of Experimental Child Psychology*, 124, 1-17.
- Molendijk, M. L., Spinhoven, P., Polak, M., Bus, B. A. A., Penninx, B. W. J. H., & Elzinga, B. M. (2014). Serum BDNF concentrations as peripheral manifestations of depression: evidence from a systematic review and meta-analyses on 179 associations (N= 9484). *Molecular psychiatry*, 19(7), 791-800.
- Monteoliva, J. M., Carrada, M. A., & Ison, M. S. (2017). Test de percepción de diferencias: Estudio normativo del desempeño atencional en escolares argentinos. *Interdisciplinaria*, 34(1), 39-56.  
<https://doi.org/10.16888/interd.2017.34.1.3>
- Montgomery SH, Mundy NI, Barton RA. (2016) Brain evolution and development: adaptation, allometry and constraint. *Proc. R. Soc. B* 283: 20160433.  
<http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.0433>
- Moreau, D. (2015). Brains and brawn: Complex motor activities to maximize cognitive enhancement. *Educational Psychology Review*, 27(3), 475-482.
- Moreau, D., & Conway, A. R. (2013). Cognitive enhancement: a comparative review of computerized and athletic training programs. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 6(1), 155-183.
- Monereo, C. (1990). Las estrategias de aprendizaje en la educación formal: enseñar a pensar y sobre el pensar. *Infancia y aprendizaje*, 13(50), 3-25.

- Moreno, S., Lee, Y., Janus, M., & Bialystok, E. (2015). Short-term second language and music training induces lasting functional brain changes in early childhood. *Child development*, 86(2), 394-406.
- Mo-yi, L., Zheng & Chen, et al. (2017) The effects of aerobic exercise on the structure and function of DMN-related brain regions: a systematic review, *International Journal of Neuroscience*, 127:7, 634-649, DOI: 10.1080/00207454.2016.1212855
- Mora, F. (2017). *¿Cómo funciona el cerebro?* Madrid. Alianza Editorial.
- Mora, F. (2013a). Successful brain aging: plasticity, environmental enrichment, and lifestyle. *Dialogues in clinical neuroscience*, 15(1), 45–52. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2013.15.1/fmora>
- Mora, F. (2013b). *Neuroeducación. Neuroeducación, solo se puede aprender aquello que se ama.* Madrid. Alianza Editorial.
- Mothes, H., Leukel, C., Jo, H. G., Seelig, H., Schmidt, S., & Fuchs, R. (2017). Expectations affect psychological and neurophysiological benefits even after a single bout of exercise. *Journal of Behavioral Medicine*, 40(2), 293-306.
- Mullender-Wijnsma, M. J., Hartman, E., de Greeff, J. W., Bosker, R. J., Doolaard, S., & Visscher, C. (2015). Moderate-to-vigorous physically active academic lessons and academic engagement in children with and without a social disadvantage: a within subject experimental design. *BMC Public Health*, 15(1), 1-9.
- Mullender-Wijnsma, M. J., Marijke J, Hartman, E., de Greeff, J. W., Doolaard, S., Bosker, R. J., & Visscher, C. (2016). Physically active math and language lessons improve academic achievement: A cluster randomized controlled trial. *Pediatrics*, 137(3), 1-9. <https://doi.org/10.1542/peds.2015-2743>
- Müller, U., & Kerns, K. (2015). The development of executive function. In L. S. Liben, U. Müller, & R. M. Lerner (Eds.), *Handbook of child psychology and developmental science: Cognitive processes* (pp. 571–623). John Wiley & Sons, Inc.. <https://doi.org/10.1002/9781118963418.childpsy214>

Munar, E., Rosselló, J., Maiche, A., Travieso, D., & Nadal, M. (2008). Modelos teóricos y neurociencia cognitiva de la percepción. *Manual de neuropsicología*, 3, 57-95.

Murray, T. C., Rodgers, W. M., & Fraser, S. N. (2007). The effects of implementation intentions on exercise self-efficacy and behavior.

## N

Naegelin, Y., Dingsdale, H., Säuberli, K., Schädelin, S., Kappos, L., & Barde, Y. A. (2018). Measuring and validating the levels of brain-derived neurotrophic factor in human serum. *Eneuro*, 5(2).

National Physical Activity Plan Alliance: The 2018 United States Report Card on Physical Activity for Children and Youth. Washington, National Physical Activity Plan Alliance, 2018.

Narbona, J. Soprano, A. (2007). La memoria del niño. Desarrollo normal y trastornos. Editorial: Elsevier Masson.

Navarro-Soria, I., Fenollar, J., Carbonell, J., & Real, M. (2020). Memoria de trabajo y velocidad de procesamiento evaluado mediante WISC-IV como claves en la evaluación del TDAH.

Nettlefold, L., McKay, H. A., Warburton, D. E. R., McGuire, K. A., Bredin, S. S. D., & Naylor, P. J. (2011). The challenge of low physical activity during the school day: at recess, lunch and in physical education. *British journal of sports medicine*, 45(10), 813-819.

Neufer, P. D., Bamman, M. M., Muoio, D. M., Bouchard, C., Cooper, D. M., Goodpaster, B. H., ... & Laughlin, M. R. (2015). Understanding the cellular and molecular mechanisms of physical activity-induced health benefits. *Cell metabolism*, 22(1), 4-11.

Nickel, M., Gu, C. (2018). Regulation of Central Nervous System Myelination in Higher Brain Functions. Hindawi. Neural Plasticity. Volume 2018. 2090-5904. <https://doi.org/10.1155/2018/6436453>

Nieder, L. E. (2019). Effects of an Academic Enrichment Program on Elementary-Aged Students' Performance. University of South Florida.

Niederer, I., Kriemler, S., Gut, J., Hartmann, T., Schindler, C., Barral, J., & Puder, J. J. (2011). Relationship of aerobic fitness and motor skills with memory and attention in preschoolers (Ballabeina): a cross-sectional and longitudinal study. *BMC pediatrics*, 11(1), 1-9.

Niemann, C., Wegner, M., Voelcker-Rehage, C., Holzweg, M., Arafat, A. M., & Budde, H. (2013). Influence of acute and chronic physical activity on cognitive performance and saliva testosterone in preadolescent school children. *Mental Health and Physical Activity*, 6(3), 197-204.

Norris, E., Shelton, N., Dunsmuir, S., Duke-Williams, O., & Stamatakis, E. (2015). Physically active lessons as physical activity and educational interventions: a systematic review of methods and results. *Preventive medicine*, 72, 116-125.

Northey, J. M., Cherbuin, N., Pumpa, K. L., Smee, D. J., & Rattray, B. (2018). Exercise interventions for cognitive function in adults older than 50: a systematic review with meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 52(3), 154-160.

Norton, K., Norton, L., & Sadgrove, D. (2010). Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. *Journal of science and medicine in sport*, 13(5), 496-502.

## **O**

Oberste M, Javelle F, Sharma S, Joisten N, Walzik D, Bloch W and Zimmer P (2019) Effects and Moderators of Acute Aerobic Exercise on Subsequent Interference Control: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front. Psychol.* 10:2616. doi: 10.3389/fpsyg.2019.02616

Ostrosky-Solis, F., Quintanar, L., & Ardila, A. (1989). Detection of brain damage: Neuropsychological assessment in a Spanish speaking population. *International journal of neuroscience*, 49(3-4), 141-149.

Organización Mundial de la Salud. (26 de noviembre de 2020). Actividad física. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>

O'Reilly R., et al., (2014). Complementary learning systems. Cogn Sci. Epub. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1551-6709.2011.01214.x>.

Ortega, G., Alegret, M., Espinosa, A., Ibarria, M., González, M. D. P. C., & Rovira, M. B. (2014). Valoración de las funciones viso-perceptivas y viso-espaciales en la práctica forense. Revista española de medicina legal: órgano de la Asociación Nacional de Médicos Forenses, 40(2), 83-85.

Ortiz, M. (2009). Cálculo mental. Primer ciclo de educación primaria. Badajoz, España: Abecedario.

Ortiz-Salazar, M. A., & Peña Castaño, J. M. (2019). La lectura en la infancia y niñez: incidencia en la construcción del sujeto lector. Sophia, 15(2), 111-117.

Owen, K. B., Parker, P. D., Van Zanden, B., MacMillan, F., Astell-Burt, T., & Lonsdale, C. (2016). Physical activity and school engagement in youth: a systematic review and meta-analysis. Educational Psychologist, 51(2), 129-145.

## **P**

Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. Educational psychologist, 38(1), 1-4.

Paas, F., & Sweller, J. (2012). An evolutionary upgrade of cognitive load theory: Using the human motor system and collaboration to support the learning of complex cognitive tasks. Educational Psychology Review, 24(1), 27-45.

Panegyres K.P., Panegyres P.K. (2016). The Ancient Greek discovery of the nervous system: Alcmaeon, Praxagoras and Herophilus. J. Clin. Neuroscience. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2015.10.047>

- Pantić, N., Wubbels, T., & Mainhard, T. (2011). Teacher competence as a basis for teacher education: Comparing views of teachers and teacher educators in five Western Balkan countries. *Comparative Education Review*, 55(2), 165-188.
- Paolicelli, R. C., Bolasco, G., Pagani, F., Maggi, L., Scianni, M., Panzanelli, P., ... & Gross, C. T. (2011). Synaptic pruning by microglia is necessary for normal brain development. *science*, 333(6048), 1456-1458.
- Pavlov, B. V. (1973). Acoustical diagnostics of mechanisms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 53(6), 1762-1762.
- Pearson-Fuhrhop, K. M., Minton, B., Acevedo, D., Shahbaba, B., & Cramer, S. C. (2013). Genetic variation in the human brain dopamine system influences motor learning and its modulation by L-Dopa. *PloS one*, 8(4), e61197.
- Peelen, M. V., & Kastner, S. (2014). Attention in the real world: toward understanding its neural basis. *Trends in cognitive sciences*, 18(5), 242-250.
- Pellicer, I. (2015). *NEUROEF. Revolución física desde la neurociencia*. Barcelona. Editorial INDE.
- Pellón, R. (2013). Watson, Skinner y Algunas Disputas dentro del Conductismo. *Revista Colombiana de Psicología*, 22(2), 389-399. [fecha de Consulta 12 de Octubre de 2022]. ISSN: 0121-5469. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80429824012>
- Pereira A., Jr (2007). What the cognitive neurosciences mean to me. *Mens sana monographs*, 5(1), 158–168. <https://doi.org/10.4103/0973-1229.32160>
- Perini, R., Bortoletto, M., Capogrosso, M., Fertonani, A., & Miniussi, C. (2016). Acute effects of aerobic exercise promote learning. *Scientific reports*, 6(1), 1-8.
- Pesce, C. (2012). Shifting the Focus From Quantitative to Qualitative Exercise Characteristics in Exercise and Cognition Research, *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 34(6), 766-786. Retrieved Jul 16, 2022, from <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jsep/34/6/article-p766.xml>

- Pesce, C., Crova, C., Marchetti, R., Struzzolino, I., Masci, I., Vannozzi, G., & Forte, R. (2013). Searching for cognitively optimal challenge point in physical activity for children with typical and atypical motor development. *Mental Health and Physical Activity*, 6(3), 172–180.
- Pesce, C., Masci, I., Marchetti, R., Vazou, S., Sääkslahti, A., & Tomporowski, P. D. (2016). Deliberate play and preparation jointly benefit motor and cognitive development: mediated and moderated effects. *Frontiers in psychology*, 7, 349.
- Pessoa, L., & McMenamin, B. (2017). Dynamic networks in the emotional brain. *The Neuroscientist*, 23(4), 383-396.
- Petitto, L. A., & Dunbar, K. N. (2009). Educational neuroscience: new discoveries from bilingual brains, scientific brains, and the educated mind. *Mind, brain and education: the official journal of the International Mind, Brain, and Education Society*, 3(4), 185.
- Piaget, J. (2000). *El nacimiento de la inteligencia en el niño*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Pino, M., & Bravo, L. (2005). Visual Memory as Predictor of Reading Acquisition. *Psykhé (Santiago)*, 14(1), 47-53.
- Pirrie, A. M., & Lodewyk, K. R. (2012). Investigating links between moderate-to-vigorous physical activity and cognitive performance in elementary school students. *Mental Health and Physical Activity*, 5(1), 93-98.
- Portellano, J. (2005). *Introducción a la neuropsicología*. Universidad Complutense McGraw-Hill. Interamericana.
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2013). Development of attention networks.
- Pesenti, M., Thioux, M., Seron, X., & Volder, A. D. (2000). Neuroanatomical substrates of Arabic number processing, numerical comparison, and simple addition: A PET study. *Journal of cognitive neuroscience*, 12(3), 461-479.

Pesenti, M., Zago, L., Crivello, F., Mellet, E., Samson, D., Duroux, B., ... & Tzourio-Mazoyer, N. (2001). Mental calculation in a prodigy is sustained by right prefrontal and medial temporal areas. *Nature neuroscience*, 4(1), 103-107.

Preston, A. and Eichenbaum, P. (2013). Interplay of hippocampus and prefrontal cortex in memory. *Current Biology*, vol. 23, no. 17, pp. R764–R773.

Proal, E. (2011). Actividad funcional cerebral en estado de reposo: redes en conexión. *Rev Neurol*. 2011 March 1; 52(0 1): S3–10.

Prusiner, S. B. (1997). Prion diseases and the BSE crisis. *Science*, 278(5336), 245-251.

Purdy, M. H. (2016). *Executive functions: Theory, assessment, and treatment*.

## **R**

Ramírez-Benitez, Yaser, & Diaz-Bringas, Miriela, & Somoano, Rosário, & Hernando-Cuba, Daime (2011). Batería Neuropsicológica Luria Inicial y procesos atencionales. *Revista Chilena de Neuropsicología*, 6(1),1-6. [fecha de Consulta 2 de Agosto de 2021]. ISSN: 0718-0551. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179322533001>

Rajab, A. S., Crane, D. E., Middleton, L. E., Robertson, A. D., Hampson, M., & MacIntosh, B. J. (2014). A single session of exercise increases connectivity in sensorimotor-related brain networks: a resting-state fMRI study in young healthy adults. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 625. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00625>

Real CC, Garcia PC, Britto LRG (2017) Treadmill exercise prevents increase of neuroinflammation markers involved in the dopamin-ergic damage of the 6-OHDA Parkinson's disease model. *J Mol Neurosci* 63:36–49

Reece, L. J., Foley, B., Bellew, W., Owen, K., Cushway, D., Srinivasan, N., ... & Bauman, A. (2020). Active kids: evaluation protocol for a universal voucher program to increase children's participation in organised physical activity and sport. *Public Health Res Pract*, 10.

- Reed, J. A., Einstein, G., Hahn, E., Hooker, S. P., Gross, V. P., & Kravitz, J. (2010). Examining the impact of integrating physical activity on fluid intelligence and academic performance in an elementary school setting: A preliminary investigation. *Journal of Physical Activity and Health*, 7(3), 343-351. <https://doi.org/10.1123/jpah.7.3.343>
- Redolar, D. (2014). *Neurociencia Cognitiva*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Reigal, R. E., Hernández-Mendo, A., Juárez-Ruiz de Mier, R., & Morales-Sánchez, V. (2020). Physical exercise and fitness level are related to cognitive and psychosocial functioning in adolescents. *Frontiers in Psychology*, 11, 1777.
- Resaland, G. K., Moe, V. F., Aadland, E., Steene-Johannessen, J., Glosvik, Ø., Andersen, J. R., Kvalheim, O. M., McKay, H. A., Anderssen, S. A., & the ASK Study Group. (2015). Active Smarter Kids (ASK): Rationale and design of a cluster-randomized controlled trial investigating the effects of daily physical activity on children's academic performance and risk factors for non-communicable diseases. *BMC Public Health*, 15(1), 709. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-2049-y>
- Rezaee Z, Marandi SM, Alaei H. (2022) Molecular Mechanisms of Exercise in Brain Disorders: a Focus on the Function of Brain-Derived Neurotrophic Factor-a Narrative Review. *Neurotox Res*. 2022 Jun 3. doi: 10.1007/s12640-022-00527-1. Online ahead of print
- Riebe, Deborah et al. (2018). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Tenth edition. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health.
- Rigal, R. (2006). *Educación motriz y educación psicomotriz en Preescolar y Primaria*. INDE. Barcelona.
- Riley, N., Lubans, D. R., Morgan, P. J., & Young, M. (2015). Outcomes and process evaluation of a programme integrating physical activity into the primary school

mathematics curriculum: The EASY Minds pilot randomised controlled trial. *Journal of science and medicine in sport*, 18(6), 656-661.

- Riley, N., Lubans, D. R., Holmes, K., & Morgan, P. J. (2014). Rationale and study protocol of the EASY Minds (Encouraging Activity to Stimulate Young Minds) program: cluster randomized controlled trial of a primary school-based physical activity integration program for mathematics. *BMC Public Health*, 14(1), 1-10.
- Riley, N., Lubans, D. R., Holmes, K., & Morgan, P. J. (2016). Findings from the EASY minds cluster randomized controlled trial: Evaluation of a physical activity integration program for mathematics in primary schools. *Journal of Physical Activity and Health*, 13(2), 198-206. <https://doi.org/10.1123/jpah.2015-0046>
- Rizzolatti, G., Fabbri-Destro, M., Caruana, F., & Avanzini, P. (2018). System neuroscience: Past, present, and future. *CNS neuroscience & therapeutics*, 24(8), 685–693. <https://doi.org/10.1111/cns.12997>
- Robinson, M. M., Lowe, V. J., & Nair, K. S. (2018). Increased brain glucose uptake after 12 weeks of aerobic high-intensity interval training in young and older adults. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 103(1), 221-227.
- Rodríguez, M.C., Quintero, E.A., Castro, R., & Castro, F.M. (2008). Diseño y pilotaje de un programa de ejercicios físico-lúdicos para estimular la atención en niños de 8 a 10 años. *Revista Iberoamericana de Educación*, 47, 1-25. <https://doi.org/10.1590/s0036-36342008001000005>
- Roig, M., Nordbrandt, S., Geertsen, S. S., & Nielsen, J. B. (2013). The effects of cardiovascular exercise on human memory: A review with meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(8), 1645-1666. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2013.06.012.
- Roland P., Friberg L. (1985). Localization in cortical areas activated by thinking. *J Neurophysiol*; 53: 1219-1243.
- Ronan, L., Alexander-Bloch, A. F., Wagstyl, K., Farooqi, S., Brayne, C., Tyler, L. K., & Fletcher, P. C. (2016). Obesity associated with increased brain age from midlife. *Neurobiology of aging*, 47, 63-70.

- Rosário, P., Núñez, J. C., Vallejo, G., Cunha, J., Nunes, T., Mourão, R., & Pinto, R. (2015). Does homework design matter? The role of homework's purpose in student mathematics achievement. *Contemporary Educational Psychology*, 43, 10-24.
- Rosenzweig, M.R., Breedlove, S.M., Leiman, A.L., (2002). *Biological Psychology*. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Rosselli, M. (2015). Desarrollo neuropsicológico de las habilidades visoespaciales y visoconstruccionales. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 15(1), 175-200.
- Rosselló, J. (1998). *Introducción al estudio del mecanismo atencional*. Psicología de la atención. Madrid: Pirámide.
- Rosselló, J., & Garrido, M. J. (2000). El estudio ontogénico de la selectividad atencional desde los inicios de la psicología. *Revista de Historia de la Psicología*, 21(2-3), 373-384.
- Rosselló, J., & Revert, X. (2008). Modelos teóricos en el estudio científico de la emoción. *Motivación y emoción*, 95-138.
- Rubenstein, R. (1982). *Principios de Psicología General*. La habana: Ediciones R. La Habana.
- Ruiter, M., Loyens, S., & Paas, F. (2015). Watch your step children! Learning two-digit numbers through mirror-based observation of self-initiated body movements. *Educational Psychology Review*, 27(3), 457-474.
- Ruiz, H., (2020). *¿Cómo aprendemos? Una aproximación científica al aprendizaje y la enseñanza (Educación basada en evidencias)*. Barcelona: Editorial Graó; N.º 1 edición. España.
- Ruiz-Vargas, J. M. (1987). *Esquizofrenia: un enfoque cognitivo*. Alianza Editorial.

Ruiz-Vargas, J. M. R. (1993). Atención y control: modelos y problemas para una integración teórica. *Revista de psicología general y aplicada: Revista de la Federación Española de Asociaciones de Psicología*, 46(2), 125-137.

S

Sallis, J. F., McKenzie, T. L., Alcaraz, J. E., Kolody, B., Faucette, N., & Hovell, M. F. (1997). The effects of a 2-year physical education program (SPARK) on physical activity and fitness in elementary school students. *Sports, Play and Active Recreation for Kids. American journal of public health*, 87(8), 1328-1334.

Saanijoki, T., Tuominen, L., Tuulari, J. J., Nummenmaa, L., Arponen, E., Kalliokoski, K., & Hirvonen, J. (2018). Opioid release after high-intensity interval training in healthy human subjects. *Neuropsychopharmacology*, 43(2), 246-254.

Sánchez, Y. M., & Escudero, J. A. M. (2017). La conciencia fonológica en el aprendizaje de la lectura convencional en un grupo de niños de 5 a 8 años. *Revista de Investigaciones UCM*, 17(29), 16-31.

Sans, A., Boix, C., Colomé, R., López-Sala, A., & Sanguinetti, A. (2012). Trastornos del aprendizaje. *Pediatría integral*, 16(9), 691-699.

Schmidt, M., Jäger, K., Egger, F., Roebbers, C. M., & Conzelmann, A. (2015). Cognitively engaging chronic physical activity, but not aerobic exercise, affects executive functions in primary school children: a group-randomized controlled trial. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 37(6), 575-591.

Schmidt, M., Benzing, V., & Kamer, M. (2016). Classroom-based physical activity breaks and children's attention: Cognitive engagement works! *Frontiers in Psychology*, 7, 1474. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01474>

Schmidt, M., Benzing, V., Wallman-Jones, A., Mavilidi, M. F., Lubans, D. R., & Paas, F. (2019). Embodied learning in the classroom: Effects on primary school children's attention and foreign language vocabulary learning. *Psychology of sport and exercise*, 43, 45-54.

- Schmolesky, M. T., Webb, D. L., & Hansen, R. A. (2013). The effects of aerobic exercise intensity and duration on levels of brain-derived neurotrophic factor in healthy men. *Journal of sports science & medicine*, 12(3), 502.
- Scott, L. D. (1934). Rapid methods for the quantitative determination of total protein and non-protein-nitrogen in human and cow's milk. *Biochemical Journal*, 28(4), 1193.
- Scudder, M. R., Lambourne, K., Drollette, E. S., Herrmann, S., Washburn, R., Donnelly, J. E., & Hillman, C. H. (2014). Aerobic capacity and cognitive control in elementary school-age children. *Medicine and science in sports and exercise*, 46(5), 1025.
- Seghier, M. L., Fahim, M. A., & Habak, C. (2019). Educational fMRI: From the Lab to the Classroom. *Frontiers in psychology*, 10, 2769. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02769>
- Selvaraju V, Babu JR, Geetha T. (2022). Salivary Neurotrophins Brain-Derived Neurotrophic Factor and Nerve Growth Factor Associated with Childhood Obesity: A Multiplex Magnetic Luminescence Analysis. *Diagnostics (Basel)*. 2022 May 3;12(5):1130.
- Sember, V., Jurak, G., Kovač, M., Morrison, S. A., & Starc, G. (2020). Children's Physical Activity, Academic Performance, and Cognitive Functioning: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in public health*, 8, 307. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00307>
- Seung, S., Lee, K., et al. (2019). Convolutional nets for reconstructing neural circuits from brain images acquired by serial section electron microscopy. *Current Opinion in Neurobiology* Volume 55, April 2019, Pages 188-198. Elsevier.
- Sharma, R., Goswami, V., & Gupta, P. (2016). Social skills: Their impact on academic achievement and other aspects of life. *International journal for innovative research in multidisciplinary field*, 2(7), 219-224.
- Sharman, R., & Illingworth, G. (2020). Adolescent sleep and school performance—the problem of sleepy teenagers. *Current opinion in physiology*, 15, 23-28.

- Shephard, R. J., Volle, M., Lavallee, H., LaBarre, R., Jequier, J. C., & Rajic, M. (1984). Required physical activity and academic grades: A controlled study. In *Children and sport* (pp. 58-63). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Shoval, E., & Shulruf, B. (2011). Who benefits from cooperative learning with movement activity?. *School Psychology International*, 32(1), 58-72.
- Shin, C. K., & Park, S. C. (1999). Memory and neural network based expert system. *Expert systems with applications*, 16(2), 145-155.
- Sibley, B. A. & Etnier, J. L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children: a metaanalysis. *Ped. Exerc. Sci.* 15, 243–256.
- 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.
- Silva, D., Vicente, B., & Valdivia, M. (2015). Factor neurotrófico derivado del cerebro como marcador de conducta suicida en pacientes con trastorno depresivo mayor. *Revista chilena de neuro-psiquiatría*, 53(1), 44-52.
- Singh A.S., Saliassi E, Van Den Berg V, Uijtdewilligen L, De GrootRHM, Jolles J, et al. (2019) Effects of physical activity interventions on cognitive and academic performance in children and adolescents: a novel combination of a systematic review and recommendations from an expert panel. *Br J Sports Med.* 53(10):640–647. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2017-098136>
- Singhal, J., Herd, C., Adab, P., & Pallan, M. (2021). Effectiveness of school-based interventions to prevent obesity among children aged 4 to 12 years old in middle-income countries: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 22(1), e13105.
- Sleiman, S. F., Henry, J., Al-Haddad, R., El Hayek, L., Abou Haidar, E., Stringer, T., ... & Chao, M. V. (2016). Exercise promotes the expression of brain derived neurotrophic factor (BDNF) through the action of the ketone body  $\beta$ -hydroxybutyrate. *elife*, 5, e15092.

- Slusher, A. L., Patterson, V. T., Schwartz, C. S., & Acevedo, E. O. (2018). Impact of high intensity interval exercise on executive function and brain derived neurotrophic factor in healthy college aged males. *Physiology & behavior*, 191, 116-122.
- Somerville, L. H., & Casey, B. J. (2010). Developmental neurobiology of cognitive control and motivational systems. *Current opinion in neurobiology*, 20(2), 236-241.
- Sousa, D. A. (2010). *Mind, brain, & education: Neuroscience implications for the classroom*. Solution Tree Press.
- Sousa, D. A. (2014). *Neurociencia educativa: Mente, cerebro y educación (Vol. 131)*. Narcea Ediciones.
- Spiriduso, W. W., Poon, L. W., & Chodzko-Zajko, W. E. (2008). Exercise and its mediating effects on cognition. In *Advanced Research Workshop*, Jun, 2003, Austin Lakeway Inn and Resort, Austin, TX, US. Human Kinetics.
- Steinmann, S., Leicht, G., & Mulert, C. (2014). Interhemispheric auditory connectivity: structure and function related to auditory verbal hallucinations. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 55. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00055>
- Stillman, C. M., Esteban-Cornejo, I., Brown, B., Bender, C. M., & Erickson, K. I. (2020). Effects of exercise on brain and cognition across age groups and health states. *Trends in neurosciences*, 43(7), 533-543.
- Stroth S, Reinhardt RK, Thone J, Hille K, Schneider M, (2010). Impact of aerobic exercise training on cognitive functions and affect associated to the COMT polymorphism in young adults. *Neurobiology of Learning and Memory*, 2010, 364-72. Elsevier.
- Suades-González, E., Forns, J., García-Esteban, R., López-Vicente, M., Esnaola, M., Álvarez-Pedrerol, M., Julvez, J., Cáceres, A., Basagaña, X., López-Sala, A., & Sunyer, J. (2017). A Longitudinal Study on Attention Development in Primary School Children with and without Teacher-Reported Symptoms of ADHD. *Frontiers in psychology*, 8, 655. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00655>

Szuhany, K. L., Bugatti, M., & Otto, M. W. (2015). A meta-analytic review of the effects of exercise on brain-derived neurotrophic factor. *Journal of psychiatric research*, 60, 56-64.

## **T**

Taylor, S. E. (1991). *Social cognition* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.

Tarp, J., Domazet, S. L., Froberg, K., Hillman, C. H., Andersen, L. B., & Bugge, A. (2016). Effectiveness of a school-based physical activity intervention on cognitive performance in Danish adolescents: Icomotion—learning, cognition and motion—a cluster randomized controlled trial. *PloS one*, 11(6), e0158087.

Thomas, A. G., Dennis, A., Rawlings, N. B., Stagg, C. J., Matthews, L., Morris, M., ... & Johansen-Berg, H. (2016). Multi-modal characterization of rapid anterior hippocampal volume increase associated with aerobic exercise. *Neuroimage*, 131, 162-170.

Thomas, A. W., Müller, K. R., & Samek, W. (2019). Deep transfer learning for whole-brain fMRI analyses. In *OR 2.0 context-aware operating theaters and machine learning in clinical neuroimaging* (pp. 59-67). Springer, Cham.

Thompson, J. (2007). Is Education 1.0 Ready for Web 2.0 Students?. *Innovate: Journal of Online Education*, 3(4),. Retrieved July 16, 2022 from <https://www.learntechlib.org/p/104227/>

Thoreau, H. D., & Sattelmeyer, R. (1992). *Journal: 1851-1852*. Princeton: Princeton University Press.

Thurstone, L. L., & Yela, M. (1985). *Test de percepción de diferencias (Caras)* [Differences perception test (Faces)]. Madrid: TEA Ediciones.

Thurstone, L. L., & Yela, M. (2012). *CARAS. Test de percepción de diferencias*. Madrid: TEA Ediciones.

- Tine, M. T., & Butler, A. G. (2012). Acute aerobic exercise impacts selective attention: An exceptional boost in lower-income children. *Educational Psychology*, 32(7), 821-834.
- Tomova, L., Andrews, J. L., & Blakemore, S. J. (2021). The importance of belonging and the avoidance of social risk taking in adolescence. *Developmental Review*, 61, 100981.
- Tomprowski, P. D., Davis, C. L., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2008). Exercise and children's intelligence, cognition, and academic achievement. *Educational psychology review*, 20(2), 111-131.
- Tomprowski, P. D., Lambourne, K., & Okumura, M. S. (2011). Physical activity interventions and children's mental function: an introduction and overview. *Preventive medicine*, 52, S3-S9.
- Tomprowski, P., McCullick, B., Pendleton, D., Pesce, C., (2015). Exercise and Children's Cognition: The Role of Exercise Characteristics and a Place for Metacognition. *Journal of Sport and Health Science* 4 (1): 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.09.003>
- Toumpaniari, K., Loyens, S., Mavilidi, M. F., & Paas, F. (2015). Preschool children's foreign language vocabulary learning by embodying words through physical activity and gesturing. *Educational Psychology Review*, 27(3), 445-456.
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., ... & Straus, S. E. (2018). PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. *Annals of internal medicine*, 169(7), 467-473.
- Tristán-Noguero A., García-Cazorla A. (2018). Synaptic metabolism: a new approach to inborn errors of neurotransmission. *Journal of Inherited Metabolic Disease*. Volume 41(6):1065-1075. doi: <https://doi.org/10.1007/s10545-018-0235-7>
- Trudeau, F., & Shephard, R. J. (2008). Physical education, school physical activity, school sports and academic performance. *International journal of behavioral nutrition and physical activity*, 5(1), 1-12.

V

- van Batenburg-Eddes, T., & Jolles, J. (2013). How does emotional wellbeing relate to underachievement in a general population sample of young adolescents: a neurocognitive perspective. *Frontiers in psychology*, 4, 673.
- van de Weijer-Bergsma, E., Wijnroks, L., & Jongmans, M. J. (2008). Attention development in infants and preschool children born preterm: A review. *Infant Behavior and Development*, 31(3), 333-351.
- van den Berg, V., Saliassi, E., de Groot, R. H., Jolles, J., Chinapaw, M. J., & Singh, A. S. (2016). Physical activity in the school setting: Cognitive performance is not affected by three different types of acute exercise. *Frontiers in Psychology*, 7 (723). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00723>
- van den Berg, V., Saliassi, E., de Groot, R. H., Chinapaw, M. J., & Singh, A. S. (2019). Improving cognitive performance of 9-12 years old children: Just dance? A randomized controlled trial. *Frontiers in Psychology*, 10, 174. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00174>
- van der Niet, A. G., Smith, J., Oosterlaan, J., Scherder, E. J., Hartman, E., & Visscher, C. (2016). Effects of a cognitively demanding aerobic intervention during recess on children's physical fitness and executive functioning. *Pediatric exercise science*, 28(1), 64-70.
- van der Schoot, M., Reijntjes, A., & van Lieshout, E. C. (2012). How do children deal with inconsistencies in text? An eye fixation and self-paced reading study in good and poor reading comprehenders. *Reading and Writing*, 25(7), 1665-1690.
- van der Wurff, I. S. M., Von Schacky, C., Bergeland, T., Leontjevas, R., Zeegers, M. P., Kirschner, P. A., & de Groot, R. H. M. (2019). Exploring the association between whole blood Omega-3 Index, DHA, EPA, DHA, AA and n-6 DPA, and depression and self-esteem in adolescents of lower general secondary education. *European journal of nutrition*, 58(4), 1429-1439.

- van Eimeren, L., Niogi, S. N., McCandliss, B. D., Holloway, I. D., & Ansari, D. (2008). White matter microstructures underlying mathematical abilities in children. *Neuroreport*, 19(11), 1117-1121.
- Van Praag, H. (2008). Neurogenesis and exercise: past and future directions. *Neuromolecular medicine*, 10(2), 128-140.
- Vasung, L., Abaci Turk, E., Ferradal, S. L., Sutin, J., Stout, J. N., Ahtam, B., Lin, P. Y., & Grant, P. E. (2019). Exploring early human brain development with structural and physiological neuroimaging. *NeuroImage*, 187, 226–254. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.07.041>
- Vazou, S., & Skrade, M. A. (2017). Intervention integrating physical activity with math: math performance, perceived competence, and need satisfaction. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 15(5), 508-522.
- Vazou, S., & Smiley-Oyen, A. (2014). Moving and academic learning are not antagonists: acute effects on executive function and enjoyment. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 36(5), 474-485.
- Vega, S. R., Strüder, H. K., Wahrmann, B. V., Schmidt, A., Bloch, W., & Hollmann, W. (2006). Acute BDNF and cortisol response to low intensity exercise and following ramp incremental exercise to exhaustion in humans. *Brain research*, 1121(1), 59-65.
- Veldsman M, Churilov L, Werden E, Li Q, Cumming T, Brodtmann A. (2017). Physical activity after stroke is associated with increased interhemispheric connectivity of the dorsal attention network. *Neurorehabil Neural Repair*. Sage Journals. <https://doi.org/10.1177/1545968316666958>
- Verjans-Janssen, S. R., van de Kolk, I., Van Kann, D. H., Kremers, S. P., & Gerards, S. M. (2018). Effectiveness of school-based physical activity and nutrition interventions with direct parental involvement on children's BMI and energy balance-related behaviors—A systematic review. *PLoS one*, 13(9), e0204560.
- Verstynen, T. D., Lynch, B., Miller, D. L., Voss, M. W., Prakash, R. S., Chaddock, L., ... & Erickson, K. I. (2012). Caudate nucleus volume mediates the link between

cardiorespiratory fitness and cognitive flexibility in older adults. *Journal of aging research*, 2012.

Vitale, J. M., Swart, M. I., & Black, J. B. (2014). Integrating intuitive and novel grounded concepts in a dynamic geometry learning environment. *Computers & Education*, 72, 231-248.

Voss, M. W., Prakash, R. S., Erickson, K. I., Basak, C., Chaddock, L., Kim, J. S., ... & Kramer, A. F. (2010). Plasticity of brain networks in a randomized intervention trial of exercise training in older adults. *Frontiers in aging neuroscience*, 2, 32.

Voss, M. W., Weng, T. B., Burzynska, A. Z., Wong, C. N., Cooke, G. E., Clark, R., ... & Kramer, A. F. (2016). Fitness, but not physical activity, is related to functional integrity of brain networks associated with aging. *Neuroimage*, 131, 113-125.

Vrijen C, Schenk HM, Hartman CA, Oldehinkel A., (2017). Measuring BDNF in saliva using commercial ELISA: Results from a small pilot study. *J.Psychiatry Res.* 2017 Aug;254:340-346.

Vygotski, L. S. (1984). Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar. *Infancia y aprendizaje*, 7(27-28), 105-116.

## **W**

Watts G. (2004). Scientists receive Nobel prize for unravelling secrets of smell. *BMJ* (Clinical research ed.), 329(7470), 815. <https://doi.org/10.1136/bmj.329.7470.815>

Watson, A., Timperio, A., Brown, H., Best, K., & Hesketh, K. D. (2017). Effect of classroom-based physical activity [interventions on](#) academic and physical activity outcomes: a systematic review and meta-analysis. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 14(1), 114. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0569-9>

Watson, J. B., Pavlov, I. P., Skinner, B. F., & Bandura, A. (1947). *Conductisme*.

Wechsler, D. (2003). Wechsler Intelligence Scale for Children-four edition. San Antonio, TS: Psychological Corporation.

Weinberger, N. M. (2004). Specific long-term memory traces in primary auditory cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(4), 279-290.

Weinstein, A. M., Voss, M. W., Prakash, R. S., Chaddock, L., Szabo, A., White, S. M., ... & Erickson, K. I. (2012). The association between aerobic fitness and executive function is mediated by prefrontal cortex volume. *Brain, behavior, and immunity*, 26(5), 811-819.

Weston, M., Taylor, K. L., Batterham, A. M., & Hopkins, W. G. (2014). Effects of low-volume high-intensity interval training (HIT) on fitness in adults: a meta-analysis of controlled and non-controlled trials. *Sports medicine*, 44(7), 1005-1017.

Wilson, K., & Fowler, J. (2005). Assessing the impact of learning environments on students' approaches to learning: Comparing conventional and action learning designs. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 30(1), 87-101.

Winter, B., Marghetis, T., & Matlock, T. (2015). Of magnitudes and metaphors: Explaining cognitive interactions between space, time, and number. *Cortex*, 64, 209-224.

## **Y**

Yanagisawa, H., Dan, I., Tsuzuki, D., Kato, M., Okamoto, M., Kyutoku, Y., & Soya, H. (2010). Acute moderate exercise elicits increased dorsolateral prefrontal activation and improves cognitive performance with Stroop test. *Neuroimage*, 50(4), 1702-1710.

Young, R. M. (1968). The functions of the brain: Gall to Ferrier (1808-1886). *Isis*, 59(3), 250-268.

## **Z**

- Zago, L., Pesenti, M., Mellet, E., Crivello, F., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2001). Neural correlates of simple and complex mental calculation. *Neuroimage*, 13(2), 314-327.
- Zagrebelsky, M., & Korte, M. (2014). Form follows function: BDNF and its involvement in sculpting the function and structure of synapses. *Neuropharmacology*, 76, 628-638.
- Zaporozhets, A. (1980). The importance of the first stages of childhood on children's personality development, *Journal for the Study of Education and Development*, 3:11, 69-75, DOI: 10.1080/02103702.1980.10821808
- Zeng, N., Ayyub, M., Sun, H., Wen, X., Xiang, P., & Gao, Z. (2017). Effects of physical activity on motor skills and cognitive development in early childhood: a systematic review. *BioMed research international*, 2017.
- Zervas, Y., Danis, A., & Klissouras, V. (1991). Influence of physical exertion on mental performance with reference to training. *Perceptual and Motor Skills*, 72(3\_suppl), 1215-1221.
- Zuccato, C., Marullo, M., Vitali, B., Tarditi, A., Mariotti, C., Valenza, M., ... & Cattaneo, E. (2011). Brain-derived neurotrophic factor in patients with Huntington's disease. *PLoS One*, 6(8), e22966.

## ANEXOS

## ANEXO 1: Presentación del proyecto

### Neurociència Educativa - Esport i funció sinàptica neuronal "Moore's i pensar"

**Resum** | Educar per mitjà de les investigacions i les bases que proposa la neurociència és una revolució que els mestres hem de portar a les aules i fer realitat.

Aquesta ciència –actualment en auge–, analitza i comprèn el cervell des de totes les perspectives possibles. Això permet descobrir que durant la pràctica d'exercici físic aeròbic es generen unes substàncies moleculars que permeten l'increment de factors neurotròfics i de neurotransmissors. Com a conseqüència d'aquestes reaccions químiques, capacitats com la memòria, la concentració i l'aprenentatge, milloren exponencialment.

L'objectiu d'aquest estudi és arribar a l'escola i comprovar si els alumnes, d'una determinada edat, obtenen millors resultats cognitius després d'haver participat en un pla aeròbic d'intensitat mesurada en comparació a no participar-hi i no rebre cap exercici físic addicional.

Un cop demostrada aquesta investigació, el repte és implicar a tota la comunitat escolar per fer ressò que l'exercici regular és un estil de vida que pot fer incrementar la salut física i mental al llarg dels anys. Per aquest motiu és primordial educar a fer i a gaudir de l'activitat física.

NEUROCIÈNCIA - EDUCACIÓ - EXERCICI FÍSIC - MEMÒRIA - RESULTATS

### Causa

Les neurociències estudien l'organització i el funcionament del sistema nerviós i com els diferents elements del cervell interactuen i donen origen a la conducta dels éssers humans. Estudien els fonaments de la nostra individualitat: les emocions, la consciència, la presa de decisions i les nostres accions sociopsicològiques.

El sistema nerviós, que l'encenem quan ens movem, controla totes les activitats del nostre cos. És responsable de funcions complexes com el llenguatge, l'aprenentatge,

**Abstract** | Teaching through the researches and the bases proposed by the Neuroscience is a revolution that teachers have to carry out in the classes and make it real.

This science -currently increasing- analyses and understands the brain from all possible perspectives. This reveals the fact that aerobic physical exercise generates molecular substances that allows the increase of neurotrophic factors and neurotransmitters. As a result of these chemical reactions capabilities such as memory, concentration and learning, improve exponentially.

The aim of this study is transfer it to the school and check if the students are getting better rote results (cognitive) after participating in plane intensity aerobic measured against not participate and will not receive any additional exercise.

Once this research is demonstrated, the challenge is involve the entire school community to diffuse that the regular exercise is a lifestyle factor that could lead to increased physical and mental health throughout life. For this reason is essential educate to do and enjoy the physical activity.

NEUROSCIENCE - EDUCATION - PHYSICAL EXERCISE - MEMORY - RESULTS

ge, la memòria i el pensament, permetent captar i assimilar la informació tant del cos com de l'entorn i elaborar les respostes corresponents per interactuar amb l'exterior.



La neuroeducació té com a objectiu el desenvolupament de nous mètodes d'ensenyament i aprenentatge, en combinar la pedagogia i els descobriments en neurobiologia i ciències cognitives. Es tracta així de la suma d'esforços entre científics i educadors, posant l'accent en la importància de les modificacions que es produeixen en el cervell a edat primerenca per al desenvolupament de capacitats d'aprenentatge i conducta que després ens caracteritzen com a adults.

La intenció és mostrar que aquesta ciència que estudia el funcionament del sistema nerviós aporta aspectes de gran interès per la formació integral de les persones, i per tant, molt a tenir en compte alhora de programar en les escoles. Creem que es poden mostrar els beneficis que representats en millors rendiments escolars—aquesta investigació pot transmetre als alumnes a nivell cognitiu i mental, social,

emocional i de salut interior. Ha d'emergir una nova línia de pensament i acció que té com a finalitat que els educadors aprofitem els aspectes més significatius del cervell per al desenvolupament d'habilitats competencials, com el processament i control de l'atenció, els sistemes sensorials i motors, la informació, les emocions i els sentiments, i fer una proposta de Projecte d'Intervenció Social com a nou paradigma de pràctica pedagògica.

BRAIN SIZE AND NEURON COUNT  
Cerebral cortex mass and neuron count for various mammals.



Capybara	Rhesus Macaque	Western Gorilla	Human	African Bush Elephant
non-primate	primate	primate	primate	non-primate
48.2 g	69.8 g	377 g	1232 g	2948 g
0.3 billion neurons	1.71 billion neurons	9.1 billion neurons	16.3 billion neurons	5.59 billion neurons

## Efecte

Moure'ns forma part de la nostra biologia, el sedentarisme actual li fa esguena i ens allunya del que en realitat

Evolutivament hem estat dissenyats per moure'ns i expressar-nos movent-nos. El nostre entorn ha canviat –en això estem tots d'acord– i de la mateixa manera que abans per aconseguir menjar, roba o desenvolupar una sèrie de necessitats diàries necessitàvem moure'ns i fer un exercici físic, ara no ens cal. El problema que tenim és que el nostre cos continua igual de codificat que el dels nostres avantpassats, pels que l'activitat física era una estratègia evolutiva ineludible per adaptar-se a les exigències de l'entorn. Es coneix que un dels factors que va fer desenvolupar el nostre cervell, des de l'origen, simple i primari, fins el que tenim avui, complex i ple de neurones, va ser precisament el moviment.

La proposta neix com a conseqüència de la necessitat que la societat actual tenim per moure'ns. Al llarg del temps hem anat

frenant el nostre creixement físic degut als canvis que el nostre dia a dia ha anat adoptant. Els nens no caminen tant, els carrers no són tan segurs per jugar durant hores i pràcticament no tenim temps per gaudir de l'exercici. En els últims anys s'ha pogut demostrar que algunes patologies mentals són més propenses a aparèixer sense una pràctica esportiva adequada.



Això ha ajudat a que el nostre cervell tingui una resposta insòlita fins ara en tota la seva història. Fer-se més petit! S'ha demostrat que al llarg dels últims 20.000 anys, el nostre cervell s'ha reduït. Aproximadament se li pot restar la dimensió d'una pilota de tennis. No s'han pogut establir uns factors inequívocs científicament, però tot indica a ser el resultat d'una acomodació anomenada

“cervell domesticat”, que ens ha fet baixar el nostre rendiment físic, sostingut per les feines industrials, el sedentarisme, l'alimentació i les càrregues psicològiques com l'estrès i la depressió que bloquegen part del nostre sistema nerviós.

El compromís amb la nostra evolució troba en l'educació física el substitut perfecte perquè els estudiants siguin conscients de la importància que té l'exercici i experimentin el privilegi i la responsabilitat que suposa conèixer i controlar el propi cos. L'activitat i l'exercici físic cardiovascular poden modificar la funció i l'estructura cerebral perquè durant la pràctica d'aquesta es creen una important quantitat de substàncies que incideixen –directa/indirectament– en els processos d'aprenentatge i memòria. Dues de les substàncies a destacar pel seu creixement durant l'exercici són:

### Factors Neurotròfics

Responsables d'adaptacions importants com l'augment del número de neurones (neuro-gènesis), l'increment de capil·lars sanguinis i la multiplicació de connexions neuronals, és a dir, de sinapsis. Una de les estructures que creix i que ens interessa per la seva funció en els processos de memòria, és l'hipocamp.

“El que fa un estudiant cada dia a l'escola és establir noves connexions entre neurones. Cada operació matemàtica, cada procés lingüístic i coneixement que adquireix està sostingut per milers de connexions entre neurones que apareixen i desapareixen en funció de l'ús”.

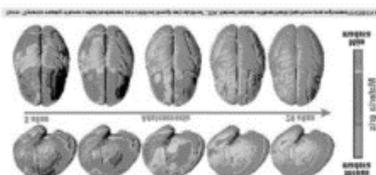
### Neurotransmissors

Aquestes molècules que utilitzen per transmetre, amplificar i modular senyals elèctrics entre una neurona i una cèl·lula també augmenten amb l'activitat física, ja que, aquesta comporta automàticament l'activació del nostre sistema nerviós. Aquesta resposta fisiològica –sumada al que ens aporten pròpiament els neuro-

transmissors– comporta una predisposició activa per estar atents i facilita l'aprenentatge.

**Neurotròfics + Neurotransmissors =**  
Concentració, Aprenentatge, Memorització

Si l'activitat física comporta que el nostre cos generi aquestes cèl·lules i molècules amb major quantitat, la suma serà multiplicada i el resultat creixerà exponencialment.



És durant l'etapa escolar quan les persones tenim més possibilitats de modificar i fer créixer el nostre cervell. És per aquest motiu pel que creiem que ha d'incorporar-se aquest pla d'esport, d'activitat física o de moviment aeròbic que pot potenciar el desenvolupament integral dels alumnes a nivell cerebral de forma positiva tant pel present com pel futur de les seves vides, ja que, altres estudis avancen que l'activitat promoguda durant les primeres etapes i fins l'adolescència permeten crear una reserva cognitiva a la que acudir en edat adulta, podent arribar a ser un factor que retardi l'aparició de malalties degeneratives com l'Alzheimer.

L'educació física és per tant el punt d'unió entre l'efecte neurociència i la realitat de les escoles.



## Proposta

Volem iniciar una investigació, a l'escola Garbí Pere Vergés Esplugues, per demostrar que l'exercici físic permet mantenir una bona salut i qualitat de vida, i a més, contribueix a una millora notable en diferents habilitats cognitives i d'aprenentatge. Així, integrar un pla d'esports, d'activitats aeròbiques en les que els nens gaudeixin del moviment, deixaria de ser un passatemps per convertir-se en una revolució cognitiva i sana.

Per aconseguir-ho, es mesurarà la influència que l'exercici físic té en el rendiment intel·lectual en dos grups d'alumnes prepuberals (cicle inicial de la primària).

**Grup A:** Alumnes que inicien el programa d'activitat física afegit a l'escolar.

**Grup B:** Alumnes que no fan el programa d'esport addicional.

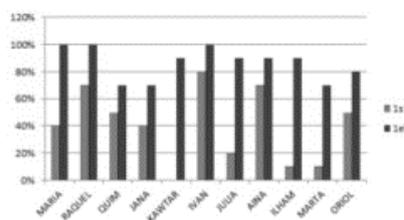
*El programa proposa 30' d'activitat física diària integrada dins del projecte i horari del centre.*

Els resultats del projecte mostraran la realitat de les investigacions teòriques sobre neurociència aplicada a l'educació i sobre l'impacte del moviment en el cervell. Podria servir de punt de partida per obrir un debat amb arguments contrastats per defensar la importància d'un pla d'activitats aeròbiques o esport, dins de les escoles com a eina per millorar el rendiment escolar.

## Què ho precedeix?

Durant el curs anterior, el mestre adjunt a aquesta investigació, va realitzar, partint d'aquesta mateixa base exposada, una petita prova en una escola de Sant Guim de Freixenet. La mostra escollida eren els alumnes de 6è de primària, diferenciant però el grup en A (quan els alumnes just acabaven de fer una activitat aeròbica intensa d'almenys trenta minuts) i en B (sense que fessin cap exercici), i se'ls hi van passar una sèrie de tests mentals memorístics.

Els resultats van mostrar que el Grup A (verd) superava els encerts del grup B (vermell), tot i tractar-se dels mateixos alumnes. Eren més intel·ligents després de moure's?



ALUMNES	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11a	12a	13a	14a	15a	16a	17a	18a
1	80%	100%	70%	70%	22%	77%	100%	100%	88%	88%	100%	100%	100%	100%	100%	77%	96%	
2	70%	100%	60%	80%	78%	91%	100%	100%	88%	100%	100%	94%	92%	92%				
3	50%	70%	70%	80%	78%	87%	94%	100%	88%	100%	50%	70%	29%	50%				
4	40%	70%	50%	70%	78%	64%	80%	88%	100%	67%	67%	87%	71%	87%				
5	2%	50%	50%	50%	44%	64%	100%	80%	0%	63%	88%	94%	40%	56%				
6	80%	100%	60%	90%	17%	77%	87%	88%	88%	88%	50%	87%	60%	90%				
7	20%	88%	30%	80%	54%	87%	73%	100%	88%	100%	87%	88%	58%	92%				
8	70%	90%	70%	90%	67%	100%	100%	100%	88%	100%	88%	87%	47%	65%				
9	10%	90%	40%	60%	44%	77%	59%	100%	50%	100%	70%	100%	87%	87%				
10	10%	70%	50%	60%	67%	77%	80%	100%	100%	84%	100%	89%	85%					
11	50%	80%	80%	90%	17%	100%	88%	100%	100%	56%	70%	69%	83%					

Taula total percentatges d'encerts de cada prova | font: Gabriel Díaz

## ANEXO 2: Pruebas de la evaluación

### BATERÍA LURIA INICIAL Y DESARROLLO DE LAS FUNCIONES PSICOLÓGICAS SUPERIORES INITIAL BATTERY LURIA AND DEVELOPMENT OF HIGHER PSYCHOLOGICAL FUNCTIONS

YASER RAMÍREZ BENÍTEZ

Cómo referenciar este artículo/How to reference this article:

Ramírez Benítez, Y. (2014). Batería Luria Inicial y desarrollo de las funciones psicológicas superiores [Initial Battery Luria and development of Higher Psychological Functions]. *Acción Psicológica*, 11(1), X-XX. <http://dx.doi.org/10.5944/ap.1.1.13868>

#### Resumen

La batería neuropsicológica Luria Inicial es un instrumento válido para evaluar y seguir el desarrollo de las funciones psicológicas superiores en la edad preescolar. El modelo neuropsicológico de Luria ofrece la posibilidad para conocer las funciones superiores del niño. Metodología: La investigación pretende determinar la utilidad clínica del instrumento Luria Inicial en la población cubana preescolar con alteraciones del neurodesarrollo. El objetivo se cumplió con la revisión de los trabajos científicos publicados en la fecha 2006-2013 en bases de datos electrónica (Scielo, EBSCO host, LILACS, Medigraphic). Resultados: El instrumento tiene una efectiva utilidad clínica para conocer el perfil neuropsicológico del niño preescolar con alteraciones del neurodesarrollo. Los resultados en varias poblaciones (TDAH, bajo peso al nacer, desórdenes metabólicos) informan que el acto motor con intencionalidad,

la inhibición conductual y la organización espacial son habilidades diana a cualquier evento que interrumpan el neurodesarrollo. La adquisición de la función reguladora del habla predice las condiciones preacadémicas del niño en conjunto con el estado real de las funciones superiores. La utilidad clínica del instrumento está en la posibilidad de describir - explicar el estado real de las funciones superiores y su potencial: el niño puede ejecutar e imitar movimientos, dibujar, reconocer los colores y hablar (*estado real*), pero si no organiza esas ejecuciones a través de la función reguladora del habla (*estado potencial*) estará sujeto a errores y a no aprender por orientaciones del adulto en la etapa escolar. La línea de pensamiento que ofrece Luria para estudiar a los niños es válida y confiable para diagnosticar y rehabilitar las secuelas del sistema nervioso en desarrollo.

**Palabras clave:** Luria Inicial; neuropsicología infantil; neurodesarrollo; modelo neuropsicológico de Luria; preescolar.

**Correspondencia:** Profesor Universidad de Cienfuegos «Carlos R Rodríguez». Investigador del Servicio de Neuropsicología. Centro Docente de Rehabilitación del Neurodesarrollo, Cárdenas, Matanzas, Cuba. Email: [yaser@deleg.perla.inf.cu](mailto:yaser@deleg.perla.inf.cu)

Recibido: 18/12/2013

Aceptado: 08/03/2014

# CARAS-R

## TEST DE PERCEPCIÓN DE DIFERENCIAS – REVISADO

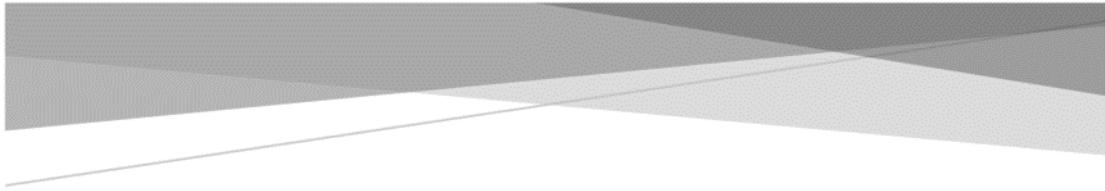
L. L. Thurstone y M. Yela

## MANUAL

(11.ª edición, revisada y ampliada)



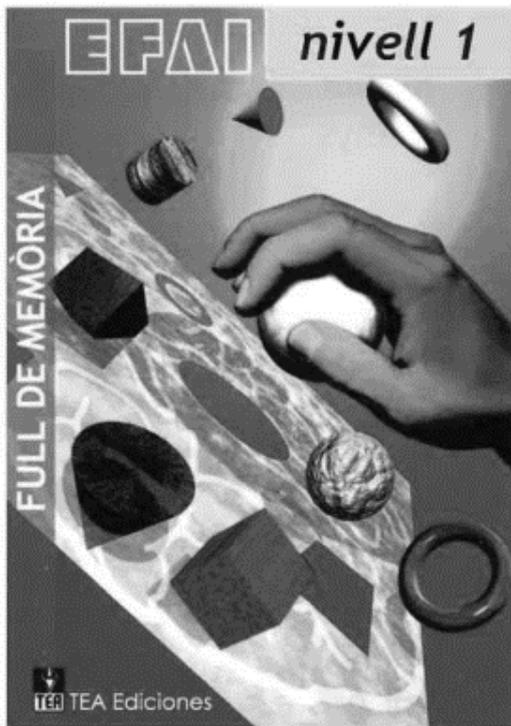
Madrid, 2012



# CPT PaGE

USER'S MANUAL – CPT Interpretation and use

by  
S. Stacul, I. Giusti & D. Lo Presti



¡ATENCIÓN!  
DEIXA AQUEST FULL  
SOBRE LA TAULA SENSE  
DONAR-HI LA VOLTA.



Copyright © 2003 by TEA Ediciones, S.A.

Edita: TEA Ediciones, S.A.; Fray Bernardino de Sahagún, 24; 28036 MADRID.

Prohibida la reproducció total o parcial. Tots els drets reservats.

Printed in Spain. Impres a Espanya.

# EVALUACIÓN DEL TEST **WISC-IV**



### CÁLCULO MENTAL

Operaciones básicas (suma y resta) con números naturales.

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Nº de aciertos →

Nota sobre 10 →

$6 + 3 =$ _____	$2 + 8 =$ _____	$5 + 4 =$ _____	$10 + 3 =$ _____
$4 + 10 =$ _____	$12 + 3 =$ _____	$3 + 9 =$ _____	$0 + 10 =$ _____
$7 - 2 =$ _____	$6 - 5 =$ _____	$12 - 3 =$ _____	$9 - 7 =$ _____
$15 + 5 =$ _____	$17 + 3 =$ _____	$11 + 10 =$ _____	$3 + 5 =$ _____
$6 - 6 =$ _____	$10 - 5 =$ _____	$14 - 5 =$ _____	$20 - 4 =$ _____



Connecting the growing brain  
NEUROTRANSMITTERS AND SYNAPTIC METABOLISM IN PEDIATRIC NEUROLOGY





**Cuestionario para padres: *práctica de ejercicio y actividades físicas de los hijos.***

**Nombre del alumno/a:** \_\_\_\_\_

1. ¿En la escuela realizan muchas actividades de ejercicio físico?
  - a) Sí, es una escuela muy concienciada con el ejercicio físico y el deporte.
  - b) Sí, aunque creo que deberían realizar aún más horas.
  - c) No, únicamente 2h de Educación Física es demasiado poco.
  
2. ¿Está apuntado a actividades físicas extraescolares (cualquier deporte o tipo de gimnasia)?
  - a) Sí, él/ella fue quien nos pidió que le apuntáramos porque le gusta.
  - b) Sí, aunque él/ella no lo pidiera sabemos que debe hacer más ejercicio.
  - c) No. En la escuela realiza suficiente ejercicio, preferimos que dedique el tiempo libre a realizar otras actividades. Puntualmente hace ejercicio con nosotros.

¿A qué actividad extraescolar está apuntado? \_\_\_\_\_

3. ¿Cuántas horas de ejercicio físico realiza a la semana? Incluye sábado/domingo
  - a) Horas en la escuela + 1/3h sumando las realizadas durante la semana (3/6h).
  - b) Horas escuela + 3/6h sumando las realizadas durante la semana (6/9h).
  - c) Horas escuela + actividades de ocio y familia (parque/excursiones, 2/3h)

Observaciones (Concretar N° de horas): \_\_\_\_\_

4. ¿Va caminando a la escuela?
  - a) Sí, vivimos muy cerca y siempre vamos y volvemos caminando (5-10 minutos).
  - b) Sí, hay que caminar durante 10 – 20 minutos pero preferimos que sea así.
  - c) No, vivimos lejos y no hay posibilidad de ir caminando (coche u otro transporte)
  
5. El proyecto "deporte y función sináptica neuronal" sugiere que los alumnos realicen una sesión diaria de (30-45') de ejercicio físico en horario escolar, combinando deporte y aprendizaje (contenidos curriculares).
  - a) Creemos que es una buena propuesta pero demasiado complicada de integrar.
  - b) Pensamos que sería demasiado, 5 sesiones + EF es mucha actividad física.
  - c) Nos gusta la idea. Y no sería necesario realizar una actividad deportiva extra, sino únicamente realizar un deporte cuando él específicamente lo pide.

### ANEXO 3: Autorización de las familias

#### INFORMACIÓ : ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL

Benvolgudes famílies,

Us informem que el projecte d'investigació que us hem presentat, "esport i funció sinàptica neuronal", és promogut per l'equip de la fundació Sant Joan de Déu de Barcelona amb l'objectiu de relacionar la pràctica d'exercici físic (adaptat a determinats objectius d'aprenentatge) amb millores en el rendiment escolar.

Per a dur a terme aquesta investigació es prendran dades d'habilitats cognitives dels nens (tests de lògica, habilitat numèrica, de llenguatge...), així com mostres biològiques de saliva i orina (marcadors moleculars). Aquestes mostres s'obtenen fàcilment i sense ocasionar cap molèstia addicional en els alumnes. Això ens permetrà establir una comparativa del procés de cada estudiant amb fonaments científics, qualitius i quantitius que permetran treure conclusions.

En cap cas s'aplicarà una prova invasiva com és l'anàlisi de sang.

Segons el document per a l'organització i el funcionament dels centres educatius, concretament per la intervenció i la realització de proves amb motiu de recerca, és necessari rebre abans l'autorització del pare/mare/tutor dels alumnes implicats de primer de primària de l'escola Garbí Pere Vergés de l'Esplugues. D'altra banda, d'acord amb la Llei Orgànica de Protecció de Dades de Caràcter Personal, les dades dels alumnes seran totalment anonimitzades (rebran un codi numèric) i utilitzades només per l'equip investigador.

Ens agradaria molt comptar amb la vostra col·laboració.

#### MODEL D'AUTORITZACIÓ

En/na \_\_\_\_\_ pare-mare-tutor/a de l'alumne/a \_\_\_\_\_ autoritza als investigadors de la fundació de recerca de l'hospital Sant Joan de Déu de Barcelona, a realitzar el programa d'esport i funció sinàptica neuronal, així com el consentiment pel recull de dades, d'acord amb els punts explicats prèviament, podent-se retirar del mateix en qualsevol moment sense cap inconvenient. Tanmateix informa si el seu fill...

	SÍ	NO
Té alguna condició limitant de la seva salut que l'impedeix la pràctica d'exercici físic		
Segueix una dieta equilibrada: verdures, hortalisses, peix, carn i pasta.		
És al·lèrgic a un nutrient o aliment bàsic : _____		
Preneu una medicació diària a tenir en compte : _____		

Data:

Signatura pare, mare, tutor/a:



## ANEXO 4: Concreció de las fases

### 2-Punts a discutir

#### - Proposta d'activitat física conjugada amb exercicis cognitius

El projecte presenta una proposta d'activitat física que pretén "moure" als alumnes durant 30' diaris al mateix temps que se'ls hi apliquen una sèrie de proves cognitives (de memòria i atenció) que podran ser abans, durant o després del moviment. L'exercici que s'aplicarà vindrà determinat per un precís estudi sobre "activitats adequades en intensitat, dificultat i gust dels usuaris a qui van destinades".

#### - Quin tipus d'anàlisi es farà als alumnes per fer el seguiment?

Les eines que utilitzarem per conèixer d'on partim, fer el seguiment anecdòtic i els resultats i comparativa final, seran: Recollida d'orina, saliva, tests cognitius (memòria, concentració, llenguatge, etc) i registre d'activitat elèctrica cerebral. Sempre amb el consentiment previ dels pares.

#### - Durant quina franja horària podriem dur-lo a terme?

Comprenem que ens hem d'adequar a l'horari de l'escola el màxim possible per no interferir massa ni crear problemes als docents, per això presentarem diferents opcions:



**Neurociència Educativa**  
Esport i funció sinàptica neuronal  
"Moure's i pensar"



### 1-Presentació del projecte

Diapositives

- o Part científica: Àngels Garcia
- o Part experimental: Gabriel Díaz

#### A) De 8:30 a 9:00.

Aprofitant que el centre obre les portes per l'acollida, creiem que seria doblement interessant dur-lo a terme en aquesta franja diària. Primer perquè no implicaria cap modificació de l'horari establert i segon perquè els estudis demostren que l'activitat física és ideal per iniciar el dia.

#### B) Hores de PROJECTE INTEGRAT.

L'aplicació podria ser de 30' estipulats cada dia en una de les franges dedicades al projecte integrat, ja que, creiem que podríem adaptar-lo i aprofitar-lo com un estimul intrínsec dins del projecte de centre. Adaptariem les activitats per assegurar que els 30' diaris dedicats al nostre projecte, també sumessin en el projecte del centre.

\* Pensem que fer-ho al mig dia o a la tarda després de les classes no és una bona opció perquè no podríem treure'n profit cognitiu de l'exercici físic i a més provocaria alteracions en el programa de menjador o en les activitats extraescolars dels alumnes.

#### - Quina edat/curs s'ajusta més a les necessitats del projecte?

Nosaltres creiem que seria interessant iniciar-lo amb els alumnes de primer cicle d'educació primària, ja que, sobre ells, podríem fer un estudi i una mesura real de com la nostra intervenció pot o no influir en el seu desenvolupament pre-puberal. La idea és començar amb els que ara fan 1er o 2n i seguir-los durant el seu procés evolutiu i maduratiu, tant físic com cognitiu.

#### - Reunió amb els pares per presentar el projecte i rebre el consentiment.

Facilitariem un tríptic o full informatiu breu i concís on aparegués tot el que s'explicaria a la reunió; entregariem el paper que haurien d'omplir i firmar donant el consentiment; agrairíem molt les ganes de col·laborar i permetre'ns investigar per sumar en l'educació.

### 3-Cronograma

Durant aquest primer any escolar, proposem:



**ANEXO 5: Instrumento de evaluación cualitativa y académica de la intervención (para el docente).**

RÚBRICA DE EVALUACIÓN POR CONTENIDOS ACADÉMICOS			ADQUISICIÓN DE LOS CONTENIDOS				
			1	2	3	4	5
			Muy bajo	Bajo	Normal	Alt o	Muy alto
CARACTERÍSTICAS DEL INVIERNO	ATENCIÓN	Reacción ante un estímulo/objeto del invierno					
	MEMORIA	Recuerdo y aplicación de un concepto/imagen del invierno					
	CÁLCULO	Asimilación de un conjunto de números que corresponden a características del invierno.					
	EJERCICIO FÍSICO	Movimientos y actividades mediante las que se consiguen los aprendizajes del invierno.					
	ATENCIÓN	Reacción ante un cambio de unidad a decena o de suma a resta.					
	MEMORIA	Capacidad para recordar los números y las operaciones indicadas.					
	CÁLCULO	Resolución correcta de las operaciones matemáticas propuestas.					
	EJERCICIO FÍSICO	Movimientos y actividades realizadas mientras se piensa y obtiene una respuesta matemática.					
PATRONES BÁSICOS DE MOVIMIENTO	ATENCIÓN	Capacidad para fijarse en los pequeños detalles que explica y muestra el maestro para imitarle correctamente cuando realiza patrones de movimiento.					
	MEMORIA	Capacidad de retener y realizar los patrones de movimiento (actividades propuestas) de manera correcta.					
	CÁLCULO	Relacionar cada patrón de movimiento con un número concreto y su adecuada realización.					
	EJERCICIO FÍSICO	Realizar los patrones de movimiento más básicos (gateo, marcha y <i>sprint</i> ) con coordinación, estabilidad y una adecuada postura corporal.					

## ***ANEXO 4: Sesiones del programa Moverse y Pensar***

Plantillas y secuencias didácticas de las 30 sesiones preparadas para el programa de AF diaria del proyecto “Moverse y Pensar”.

PROYECTO "MOVERSE Y PENSAR"			
Escuela GPV	Sesión Nº: 1	Nº alumnos: 27	Ubicación: Pista
<b>Objetivo:</b> Participar en actividades/ejercicios físicos que provoquen moverse y pensar indistintamente para promover la activación total de las funciones ejecutivas y motrices.			
<b>Contenidos</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suma y resta de números naturales de una cifra.</li> <li>• Vocabulario sobre objetos o características del invierno como estación del año.</li> <li>○ Correr, desplazarse uno mismo y los diferentes objetos y materiales.</li> <li>○ Agilidad, velocidad, reacción, atención.</li> </ul>			
<b>Material:</b> CONOS (9*8=72), AROS (2*8=16). PELOTAS VARIAS (15-20). PELOTA DE TENNIS (8).			
Duración	Planificación		Feedback
10'	<p><i>Calentamiento</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Limpiar el Jardín:</u> Se separa la clase en dos grupos, uno a cada mitad del campo, este además tendrá una zona en la que no se puede entrar (para evitar que chuten demasiado cerca de los otros).</li> </ul> <p>Se esparcirá todo tipo de pelotas que no hagan daño y las tendrán que ir desplazando de un campo al otro con el pie o la mano. Al acabar la cuenta atrás, el equipo que tenga más pelotas a su campo (acumulará más puntos y perderá). Algunas pelotas suman más (ellos lo sabrán) y habrá una que resta (no lo sabrán, el maestro lo dirá al final). *Se harán dos partidas.</p>		<p><i>¡Vigilar no hagáis daño a nadie!</i>  <i>¡Recordar que haremos cuenta atrás!</i>  <i>¡¡¡A partir del 3 nadie puede chutar ninguna pelota!!!</i>  <i>Sumamos todos juntos, ¡atención a la pelota que resta!</i></p>
20'	<p><i>Parte principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Relevos de suma:</u> Se divide la clase rápidamente en 8 grupos (lo indica el maestro con números del 1 al 8).</li> </ul> <p>La mitad de cada pequeño grupo se coloca una en cada extremo de la pista (relevos), de forma que queden 16 filas en total y 8 equipos. Delante de cada fila habrá una recta numérica formada por 9 conos (uno para cada unidad) y por dos aros (uno para el 0 y el otro para el 10). Cada fila tendrá una pelota de tenis colocada en el inicio (número 0).</p> <p>Los 8 primeros (uno de cada fila ubicados detrás del punto 0) escucharán la indicación del maestro "+ 7" y deberán coger la pelota y colocarla en la unidad 7 y después correr hasta el final de la pista para chocar la mano al compañero (que está detrás del punto 10) y pasarle el relevo (turno). El maestro irá dando indicaciones y la pelota siempre estará colocada en el resultado de la última indicación, para que el compañero sepa a qué número (posición de la recta numérica) está ubicada la pelota y debe sumar o restar las unidades indicadas.</p>		<p><i>¡¡¡Estad preparados y atentos!!!!</i></p> <p><i>¡Recordad que no es lo mismo sumar que restar!</i>  <i>Vigilad cuando cambiáis de fila,</i>  <i>¡¡¡la recta es a la inversa!!!!</i></p>
10'	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>¿Invierno o no?:</u> Consiste en descubrir si la palabra que dice el maestro es o no característica del invierno. Se divide el grupo en 2 y se enfrentan espalda contra espalda. Se les dice que tienen que correr hacia un lado cuando la palabra sí es del invierno y hacia el otro cuando no es. Tienen que llegar al final de la pista primeros o intentar tocar la espalda (no empujar) del compañero antes de que llegue. Variante: Añadir pelota: tendrán que cogerla botar y plantarla al final.</li> </ul>		<p><b>Navidad   Fiestas   Enero   Nieve   Esquiar   Guantes   Bufanda   Trineo   Resfriado   Verano   Castañas   Semana Santa   Octubre   Primavera   Florecer   Playa  </b></p>
5'	<p><i>Reflexión y Relajación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Los alumnos se sientan o estiran en el suelo y el maestro les invita a compartir la experiencia con él.</li> </ul>		<p><i>¿Qué os ha parecido? ¿Divertido?</i>  <i>¿Qué hemos aprendido?</i>  <i>¿Podréis recordarlo mañana?</i></p>

PROYECTO “MOVERSE Y PENSAR”			
Escuela GPV	Sesión Nº: 2	Nº alumnos: 27	Ubicación: Pista
<b>Objetivo:</b> Participar en actividades/ejercicios físicos que provoquen moverse y pensar indistintamente para promover la activación total de las funciones ejecutivas y motrices.			
<b>Contenidos</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para recordar e identificar imágenes y palabras sobre objetos o conceptos característicos de una estación del año, por ejemplo, el invierno.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para identificar y recordar diferentes valores numéricos mediante colores y poder sumarlos correctamente.</li> <li>○ Habilidad para desplazarse uno mismo y atrapar o escaparse dependiendo de lo que sea más oportuno en cada situación.                   <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Consolidación de patrones básicos de movimiento.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>			
<b>Material:</b> PETOS (28: de diferentes colores). AROS (6*4=24). CONOS (20*4=80). CUERDAS (2*4=8).			
Duración	Planificación		Feedback
10'	<p style="text-align: center;"><i>Calentamiento</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Atrapacolas sumando</u>: Los alumnos se escaparán por toda la pista, cada cual de ellos con un peto metido como cola. Habrá diferentes colores y asignaremos una puntuación (tan alta cómo queramos trabajar) para cada uno. Cuando el maestro dé la señal de inicio del juego, tendrán que conseguir coger el máximo número de colas posibles a sus compañeros. No será determinante que les quiten la suya, pues el objetivo es conseguir sacar la de los otros y guardarlas en la mano porque después, cada alumno, sumará los puntos que ha “robado”, dependiendo del valor numérico asignado a cada color de peto.</li> </ul>		<p><i>¡Recordad que si me roban mi cola yo sigo jugando!</i></p> <p><i>Cuando cojo una cola no me la pongo yo de cola... ¡la guardo en la mano para después sumar los puntos!</i></p>
25'	<p style="text-align: center;"><i>Parte principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Circuito+Memoria</u>: Los alumnos empiezan haciendo un circuito en el que tienen que hacer zig-zag, gatear, saltar, andar a 4 patas, sprint (patrones básicos de movimiento) y, después, tienen que levantar un cono, y seguidamente otro (si coinciden los dibujos se quedan levantados, si no, se vuelven a poner los conos encima de los dibujos), al acabar, el alumno vuelve al inicio de la cola, donde tendrá que esperar a su turno (estirarse al suelo y respirar). Tendrán que ir haciendo el circuito y el <i>memory</i> hasta que todas las imágenes estén emparejadas y a la vista. * Los 28 alumnos estarán repartidos en cuatro equipos de 7, por lo tanto, habrá 4 circuitos que funcionarán simultáneamente.</li> <li>▪ <u>Juego de las sillas del invierno</u>: juego popular que consiste en conseguir sentarse en la silla cuando la música deja de sonar. Aquí, pero, las sillas serán círculos y los alumnos tendrán que ir corriendo en círculo hasta que el maestro dé una indicación (concepto, frase o idea) característica de la estación del invierno, entonces deberán entrar en un aro. Los que no consiguen entrar tendrán que hacer la siguiente partida (ronda) a la pata coja, hasta que puedan entrar dentro del círculo y recuperen “las dos piernas”. *Si un alumno se equivoca y entra dentro cuando el maestro da una indicación que no es del invierno, también tendrá que salir y desplazarse a la pata coja durante una partida.</li> </ul>		<p><i>Debo estar atento a cuando el maestro indica las salidas.</i></p> <p><i>Si me fijo bien e intento recordar las imágenes seré capaz de crear parejas.</i></p> <p><i>Los ejercicios del circuito deben ser muy importantes, ¡tenemos que hacerlos bien!</i></p>
10'			
5'	<p><i>Reflexión y Relajación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Los alumnos se sientan o estiran en el suelo y el maestro les invita a compartir la experiencia con él.</li> </ul>		<p><i>¿Qué os ha parecido? ¿Os habéis cansado mucho? ¿Es complicado estar atento y moviéndose?</i></p>

PROYECTO “MOVERSE Y PENSAR”		
Escuela GPV	Sesión Nº: 3	Nº alumnos: 27
Ubicación: Pista		
<b>Objetivo:</b> Participar en actividades/ejercicios físicos que provoquen moverse y pensar indistintamente para promover la activación total de las funciones ejecutivas y motrices.		
<b>Contenidos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Familiarización con las diferentes monedas (euros) que en la vida real utilizamos para comprar (2€, 1€, 50cent, 20cent, 10cent y 5cent), así como los diferentes alimentos.</li> <li>• Capacidad para elaborar una operación matemática mental a partir de monedas (euros) mientras se está corriendo y se decide qué alimentos mediterráneos “comprar”.</li> <li>○ Ejercitar el cuerpo y mejorar el estado físico con la realización de ejercicios de entrenamiento motriz (patrones de movimiento).</li> <li>○ Agilidad, velocidad, reacción, atención.</li> </ul>		
<b>Material:</b> CONOS (14+9*4=50), AROS (2*9=18). PETOS (28 repartidos en tres colores). MONEDAS (tarjetas plastificadas: 6*9=54).		
Duración	Planificación	Feedback
10'	<p><i>Calentamiento</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Movimientos dirigidos:</b> para introducir las diferentes monedas: 2€, 1€, 50cent, 20cent, 10cent y 5cent (seis en total). Utilizaremos un juego en el que tendrán que recordar el movimiento (acción motriz) que representa cada moneda, de tal manera que cuando el maestro muestre la tarjeta de los 2€, todos los alumnos sepan que tienen que correr hacia adelante, atrás, saltar o gatear, por ejemplo. Hasta que muestre la siguiente moneda (50cien) y tengan que cambiar a la acción motriz correspondiente.</li> </ul> <p>* 5cent = correr adelante; 10cent = correr atrás; 20cent = saltar; 50cent = gatear; 1€ = pie cojo; 2€ = dar tres palmadas.</p>	<p><i>¡Recordad que cada “moneda” representa un movimiento concreto!</i></p> <p><i>¡Cuando vamos hacia atrás debemos ir con precaución!</i></p>
20'	<p><i>Parte principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>¡Corre! Ve a hacer la compra:</b> Esta actividad combinará la incertidumbre del dinero que tenemos, con el ejercicio físico que se tendrá que realizar mientras se suman las monedas y se decide qué alimentos se pueden comprar con aquel dinero. Unos alimentos que estarán al final en forma de tarjeta (cada tipo de alimento estará debajo de un cono y los alumnos tendrán que recordar el valor de cada alimento). Al inicio habrá 9 filas, cuando el maestro toca el silbato sale uno de cada una. Cada cual hará el ejercicio siguiendo su carril y cuando lleguen a medio campo, al círculo central, habrá 14 conos, cada cual levantará 1 y cogerá las 3 monedas que haya. Las tendrán que sumar (1€ + 50 cien + 10 cien = 1.60€) mientras siguen realizando el ejercicio y, cuando lleguen al final, tendrán que decidir qué alimento/s pueden coger con aquel dinero.</li> </ul>	<p><i>Debemos hacer bien todos los ejercicios, no hay prisa, no se acabarán las monedas, ¡cada uno a su ritmo!</i></p> <p><i>No hay que ir más rápido de la cuenta, hay que pensar y sumar bien, así podremos elegir y no equivocarnos con los alimentos.</i></p>
10'	<p>*Ejercicios: Saltar la cuerda + gatear (hasta los conos) + correr atrás + 3 saltos + sprint adelante (hasta los alimentos).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Las gallinas, los zorros y los leones:</b> Primero distribuimos los alumnos en 3 grupos: unos serán gallinas (tendrán que comerse a los leones); unos zorros (comerán gallinas); y los otros leones (comerán zorros). Todos comen y son comidos, así que cada cual tendrá una madriguera (que tendrá una forma geométrica) y tendrá que conseguir llenarla de comida por cuando llegue el invierno... ¡vigilando no ser comido!</li> </ul>	<p><i>¡Cada madriguera tiene una forma geométrica determinada!</i></p> <p><i>Algunos animales guardan los alimentos que cazan.</i></p>
5'	<p><i>Reflexión y Relajación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Los alumnos se sientan o estiran en el suelo y el maestro les invita a compartir la experiencia con él.</li> </ul>	<p><i>¿Cómo os habéis sentido? ¿Es complicado comprar? ¿Creéis que ahora podéis ayudar a los padres?</i></p>

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL		
Escola GPV	Sessió N°: 4	N° alumnes: 28
Espai: Pista		
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .		
<b>Continguts</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suma i resta de números naturals d’una xifra. Unitat, zero i desena.</li> <li>• Figures geomètriques: nom, descripció i representació.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i els diferents mòbils mentre es pensa en números, operacions simples o figures geomètriques.</li> <li>○ Agilitat, velocitat, reacció, atenció i cooperació.</li> </ul>		
<b>Material:</b> CONS (72), CÈRCOLS (16). PILOTES PETITES (4 I 4). TARGETES IMATGES FIGURES GEOMÈTRIQUES.		
Durada	Planificació	Feedback
15’	<p><i>Escalfament</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Relleus de suma:</u> Es divideix la classe en 8 grups; cada equip estarà format per 3 o 4 jugadors. Se’ls hi presentarà la recta numèrica que va des de la posició inicial (0) on estaran els alumnes i on comença la pilota, fins el punt final (10) on de moment ni hi haurà ningú. A davant de cada fila hi haurà per tant les unitats (de l’1 al 9), i el primer de cada fila (8 primers) hauran d’escolar la indicació del mestre i col·locar la pilota a la unitat corresponent. Per exemple el mestre dirà: Ho col·loquem a la unitat 5 (els primers hauran de córrer fins el con número 5, deixar la pilota i tornar a la fila per tal de xocar la mà al company i passar el relleu. Seguidament s’introduirà la suma o la resta: més 2 unitats: els 8 segons hauran de córrer i desplaçar la pilota dos cons més enllà (a la posició de la unitat 7). Quan tots ho hagin fet dos o tres cops (entre 8 i 10 indicacions), ho complicarem: Explicarem novament que comencen des del 0, i que els cons són les unitats (1-9) i que al final tenim 1 desena (el 10). Aquí es col·locarà la meitat de cada equip (1 o 2 jugadors). De manera que seran conscients que estan a la posició del 10. Per tant, aquí, l’exemple de 5+2, els obligarà a ser conscients de la posició que ocupen en la recta i que han de portar la pilota del 5 al 7, no portar-la al 3.</li> </ul>	<p><i>Estigueu preparats i atents!!!!</i></p> <p><i>Recordeu que no és el mateix sumar que restar!</i></p> <p><i>Vigileu quan canvieu de fila, no és el mateix començar al 0 que al 10 és al revés!!!!</i> <i>(inici i final de la recta numèrica)</i></p> <p><i>Parlarem de 0 unitats, 1 unitat, 2 unitats,... i 1 desena (el 10).</i></p>
15’	<p><i>Part principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Creem figures geomètriques:</u> Primer de tot ensenyarem les diferents formes, recordarem el nom i contarem els costats (alumnes que necessitem per representar-la). Llavors deixarem que s’escampin i hauran d’escoltar la indicació per saber quina figura han de representar i amb quants companys.</li> </ul>	<p><i>Començarem per; Línia recta; Fletxes; Triangle; Quadrat; Cercle; Rectangle; Estrella; Rombe.</i></p>
5’	<p><i>Tornada a la calma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d’entendre?</i></li> </ul>	<p><i>Preguntes sobre unitats, desenes; i figures geomètriques.</i></p>

<b>PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL</b>		
<b>Escola</b> GPV	<b>Sessió N°:</b> 5	<b>N° alumnes:</b> 28
<b>Espai:</b> Pista		
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .		
<b>Continguts</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimentació dels éssers vius: hivernar; supervivència.</li> <li>• Figures geomètriques: nom, descripció i representació.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat, reacció, atenció i cooperació.</li> </ul>		
<b>Material:</b> PITRALLS (9+9+9, tres colors). TARGETES IMATGES FIGURES GEOMÈTRIQUES.		
<b>Durada</b>	<b>Planificació</b>	<b>Feedback</b>
15'	<p><i>Escalfament</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Les gallines, les guineus i els lleons:</u> Primer distribuïm els alumnes en 3 grups: uns seran gallines (hauran de menjar-se als lleons); uns guineus (menjaran gallines); i els altres lleons (menjaran guineus). Tots mengen i són menjats, així que cadascú tindrà un cau (que tindrà una forma geomètrica) i haurà d'aconseguir omplir-lo de menjar per quan arribi l'hivern, vigilant no ser menjat!!!</li> </ul>	<p><i>Estigueu preparats i atents!!!!</i></p> <p><i>Recordeu que a vosaltres també us volen capturar per a menjar-vos!</i></p>
15'	<p><i>Part principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Creem figures geomètriques:</u> Primer de tot ensenyarem les diferents formes, recordarem el nom i contarem els costats (alumnes que necessitem per representar-la). Llavors deixarem que s'escampin i hauran d'escoltar la indicació per saber quina figura han de representar i amb quants companys.</li> </ul> <p>Per exemple: Fem un cercle per parelles! ; Fem un rectangle amb grups de 4 ; fem una estrella de 5 persones!</p>	<p><i>Començarem per; Línia recta; Fletxes; Triangle; Quadrat; Cercle; Rectangle; Estrella; Rombe.</i></p>
5'	<p><i>Tornada a la calma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d'entendre?</i></li> </ul>	<p><i>Preguntes sobre unitats, desenes; i figures geomètriques.</i></p>
<b>Reflexió / Observacions després de la sessió:</b>		
<p><i>Gabriel Díaz Cobos</i> <i>Hospital Sant Joan de Déu (Barcelona)</i></p>		

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL			
Escola GPV	Sessió Nº: 6	Nº alumnes: 28	Espai: Pista
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; “ <i>moure’s i pensar</i> ”.			
<b>Continguts</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unitats i Desenes: interpretar un número natural (o una indicació en unitats i/o desenes) i representar-lo per mitjà de material.</li> <li>○ Agilitat, velocitat, reacció, atenció i cooperació.</li> </ul>			
<b>Material:</b> CONS (60), CÈRCOLS (6). CORDES (6). PILOTES DE TOTES MIDES (6*6=36).			
Durada	Planificació	Feedback	
15’	<p><i>Escalfament</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Aranya:</b> Normes comuns del joc + variant de transport de material (desenes i unitats). Els alumnes que volen creuar la línia de l’aranya han de transportar el número d’unitats i/o desenes o número natural indicat pel mestre, a través del material del que disposen. Cada peça de material (corda, pilota o con) pot representar tantes unitats o desenes com ells vulguin, però no pot ser al mateix moment unitat i desena.</li> </ul> <p>És a dir, si el mestre diu que han de transportar 5 unitats, no cal que agafin 5 peces, sinó que poden agafar-ne 1 i dir que aquesta té un valor de 5 unitats. Però si el mestre diu 15, hauran d’agafar almenys 2 peces, una que representi 1 desena i l’altra per representar les 5 unitats. La idea és que no hagin de portar més de 2 objectes, per tant, tenint en compte que 2 alumnes començaran sent aranyes, i que per tant 26 han de creuar la línia, necessitarem almenys <math>26 \cdot 2 = 52</math> objectes que puguin agafar per transportar.</p> <p>* Els alumnes que discuteixen pel material, s’enfaden, empipen, etc, passaran a ser aranyes o no jugar.</p>	<p><i>Estigueu preparats i atents!!!!</i>  <i>Abans de crear heu d’estar segurs del material que porteu:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Quantes desenes?</li> <li>- Unitats?</li> </ul> <p><i>Si l’aranya us atrapa també es queda el material!</i>  <i>Penseu que heu d’aconseguir primer creuar amb els objectes i llavors mirarem que tots corresponguin a la indicació donada, si està bé, haureu de tornar a creuar per retornar-lo, si està malament, sereu aranyes!</i></p>	
20’	<p><i>Part principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Portem les desenes i les unitats!:</b> El grup es divideix en 6 equips (per tant cada equip tindrà 4 o 5 jugadors). Cada equip tindrà 6 pilotes (seran les desenes) i 10 unitats (seran els cons). Cada equip tindrà el seu material (desenes i unitats) a dins d’una figura geomètrica (corda) a l’inici de la pista, i haurà de transportar les desenes i unitats corresponents a la indicació del mestre (per exemple número 24) a dins del cercle que té cada equip al final de la pista i en línia recta a ells, abans que s’acabi el temps, uns <b>20s</b>.</li> </ul> <p>* Tots els membres de l’equip (4 o 5) hauran de transportar algun material, sinó no serà vàlid.          * Cada cursa es farà seguint les indicacions del mestre (corrent endavant, endarrere, a peu coix, amb salts, etc.          * Després de comprovar quin grup ho ha fet bé i quin no, tots recolliran el material i tornaran a l’inici.          * Cada cop que ho facin bé se’ls hi assignarà 1 punt al grup.</p>	<p><i>Començarem per:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 unitats</li> <li>- 8 unitats</li> <li>- 1 desena</li> <li>- 9 unitats</li> <li>- Número 11</li> <li>- Número 18</li> <li>- 10 unitats</li> <li>- Número 25 (...)</li> </ul>	
5’	<i>Tornada a la calma</i>		

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL		
Escola GPV	Sessió Nº: 7	Nº alumnes: 28
Espai: Pista		
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .		
<b>Continguts</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptes, idees i frases característiques de les diferents estacions de l’any (diferenciant específicament entre hivern i la resta).</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció i cooperació.</li> </ul>		
<b>Material:</b> PITRALLS (4 del mateix color).		
Durada	Planificació	Feedback
15’	<b>Escalfament</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Stop!:</b> joc popular que consisteix en que dos o tres paren (porten un pitrall de color a la mà per diferenciar-se) i que han d’aconseguir atrapar algú per deixar de parar i passar-li el pitrall i canviar els papers. Els que s’escapen, però, poden salvar-se si abans que els toquin diuen Stop (obrint els braços en creu). La variant serà que quan diuen Stop, hauran de dir 3 conceptes, frases o idees de l’hivern a l’alumne que els vol atrapar, si aquestes són correctes podrà quedar-se en Stop fins que un company vingui a salvar-lo (fent-li una abraçada), si no són correctes (s’equivoca o triga més de 30 segons), agafarà el pitrall i parará!</li> </ul>	<i>Recordeu que si dieu STOP haureu de pensar ràpidament i dir 3 conceptes, idees o frases relacionades amb l’hivern abans que qui us vol atrapar compti fins a 30.</i>
15’	<b>Part principal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>És hivern o no?:</b> Els alumnes s’aparellaran al centre de la pista, esquena contra esquena, de manera que cadascun estigui dins d’una meitat del camp. Una meitat representa l’hivern, i l’altra pot ser la tardor, la primavera o l’estiu. Els alumnes hauran de córrer cap a la meitat que és característica del concepte (paraula) que diu el mestre. Si la indicació és “neu” i per tant pertany a l’estació d’hivern, els alumnes hauran de córrer direcció la tanca gatejant (doncs per la neu i el gel no es pot córrer). Si en canvi, la indicació pertany a qualsevol altra estació, hauran d’agafar-se la mà (parella) i córrer cap a l’esquerra.</li> </ul> <p>* Han de vigilar perquè són molts i poden xocar i fer-se mal. Han d’intentar córrer i gatejar en línia recta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Està començant a nevar!</li> <li>* Les fulles cauen dels arbres!</li> <li>* Com crema el sol!</li> <li>* Ja ha arribat Nadal!</li> <li>* Celebrem la Setmana Santa a l’Abril.</li> <li>* Arriba la castanyera és l’hora...</li> <li>* Serà millor que et fiquis crema de sol</li> <li>* Com crema la calefacció de l’escola!</li> <li>* El cap de setmana aniré a esquiar!</li> <li>* S’acosta el final de curs, fa calor!</li> <li>* Avui mateix, a quina estació estic?</li> </ul>
5’	<b>Tornada a la calma</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d’entendre?</i></li> </ul>	

<b>PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL</b>			
<b>Escola</b> GPV	<b>Sessió N°:</b> 8	<b>N° alumnes:</b> 28	<b>Espai:</b> Pista
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .			
<b>Continguts</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptes, idees i frases característiques de les diferents estacions de l’any (diferenciant específicament entre hivern i la resta).</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul>			
<b>Material:</b> PITRALLS (28 – diferents colors no equitatius). CERCLES (20-25).			
<b>Durada</b>	<b>Planificació</b>	<b>Feedback</b>	
10’	<p><i>Escalfament</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Joc de les cadires de l’hivern!:</b> joc popular que consisteix en aconseguir seure a la cadira quan la música deixi de sonar. Aquí, però, les cadires seran cercles (s’haurà d’entrar) i els alumnes hauran d’anar corrents pel voltant fins que el mestre doni una indicació (concepte, frase o idea) característica de l’estació de l’hivern. Els que no aconseguen entrar dins del cercle, hauran de fer la següent partida corrents a peu coix, fins que puguin entrar dins del cercle i recuperin “les dues cames”. Si un alumne s’equivoca i entra dins del cercle quan el mestre dona una indicació que no és de l’hivern, també haurà de sortir i desplaçar-se a peu coix.</li> </ul>	<p><i>Recordeu que no podeu córrer tota l’estona donant tombos al cercle!</i></p> <p><i>Escolteu amb atenció i no copieu el que fan els companys, sinó quan s’equivoca un, ho farem tots!</i></p>	
15’	<p><i>Part principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Arrenca-cues sumant:</b> Els alumnes s’escaparan per tota la pista, cadascú d’ells amb un pitrall ficat com a cua. Hi hauran diferents colors i assignarem una puntuació (tan alta com vulguem treballar) a cadascun. Quan el mestre doni la senyal d’inici del joc, hauran d’aconseguir agafar el màxim número de cues possibles als seus companys. No serà rellevant que els hi prenguin la seva, doncs l’objectiu és aconseguir treure les dels altres i guardar-les a la mà, perquè després, cada alumne, sumará els punts que ha “robat”.</li> </ul> <p>Vermell = 5 punts; Blau = 7 punts; Groc = 10 punts; Taronja = 15 punts.</p>	<p><i>Recordeu que si em prenen la meua cua jo segueixo jugant!</i></p> <p><i>Quan agafo una cua no me la fico jo de cua, sinó que la guardo a la mà per després sumar els punts!</i></p>	
5’	<p><i>Tornada a la calma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d’entendre?</i></li> </ul>		
<b>Reflexió / Observacions després de la sessió:</b>			
<p><i>Gabriel Díaz Cobos</i> <i>Hospital Sant Joan de Déu (Barcelona)</i></p>			

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL		
Escola GPV	Sessió Nº: 9	Nº alumnes: 28
Espai: Pista		
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .		
<b>Continguts</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat per recordar imatges sobre objectes característics de l’hivern.</li> <li>• Capacitat per identificar diferents valors numèrics i ser capaç de sumar els números naturals que representen.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul>		
<b>Material:</b> CERCLES (6*4=24). PITRALLS (8*4=32 diferents colors no equitatius). CONS (20*4=80). CORDES (2*4=8). PILOTES		
Durada	Planificació	Feedback
10’	<b>Escalfament</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Arrenca-cues sumant:</b> Els alumnes s’escaparan per tota la pista, cadascú d’ells amb un pitrall ficat com a cua. Hi hauran diferents colors i assignarem una puntuació (tan alta com vulguem treballar) a cadascun. Quan el mestre doni la senyal d’inici del joc, hauran d’aconseguir agafar el màxim número de cues possibles als seus companys. No serà rellevant que els hi prenguin la seva, doncs l’objectiu és aconseguir treure les dels altres i guardar-les a la mà, perquè després, cada alumne, sumarà els punts que ha “robat”.</li> </ul>	<i>Recordeu que si em prenen la meua cua jo segueixo jugant!</i>  <i>Quan agafo una cua no me la fico jo de cua, sinó que la guardo a la mà per després sumar els punts!</i>
20’	<b>Part principal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Circuit+Memory:</b> Els alumnes comencen fent un circuit en el que han de fer zig-zag, gatejar, saltar, caminar 4 potes, sprint i, després, han d’aixecar un con, i seguidament un altre (si coincideixen els dibuixos es queden aixecats, sinó, es tornen a ficar els cons a damunt dels dibuixos), en acabar l’alumne torna a l’inici de la cua, on haurà d’esperar al seu torn (estirar-se al terra i respirar). Hauran d’anar fent el circuit i el memory fins que totes les imatges estiguin emparellades i a la vista.</li> </ul> <p>* Els 28 alumnes estaran repartits en quatre equips de 7, per tant hi haurà 4 circuits simultanis.</p> 	<i>Pareu atenció a com es fa tot el circuit, l’heu de fer bé!!</i>  <i>El següent de la fila no pot sortir fins que el company acabi de gatejar!</i>  <i>Mai puc avançar, ni estar en la mateixa estació que el company del davant!</i>  <i>Un cop aixequi els dos cons, si no són la mateixa imatge els he de tornar a girar (intento recordar-los).</i>
5’	<b>Tornada a la calma</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d’entendre?</i></li> </ul>	

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL																																																	
Escola GPV		Sessió Nº: 11		Nº alumnes: 28		Espai: Pista																																											
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; “ <i>moure’s i pensar</i> ”.																																																	
<b>Continguts</b>																																																	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les unitats i les desenes; suma, identificació, relació i memòria de les unitats i les desenes representades per diferents pilotes.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul>																																																	
<b>Material:</b> PITRALLS (28: 10 vermells, 10 blaus, 6 grocs, 2 taronges). CERCLES (7). PILOTES (Blaves petites = 14; Bàsquet = 7; Futbol = 7; Tennis = 7).																																																	
Durada	Planificació						Feedback																																										
10'	<p><i>Escalfament</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Passar-se unitats i desenes fins arribar a la meta:</u> El grup es divideix en 7, de manera que hi ha 4 alumnes a cada grup. Cada grup farà fila davant del cercle que té el seu material (pilotes que representen unitats i desenes) i mirant en la direcció del final de la pista. L'últim de cada grup haurà d'estar atent a la indicació del mestre que dirà quantes unitats o desenes han d'agafar (ells hauran de reconèixer quina pilota és la que han d'agafar). En agafar-la, hauran de córrer fins al principi de la fila, i llavors passarà la pilota al segon, i el segon al tercer i aquest al quart, que en agafar-la, com és l'últim, haurà d'avançar i col·locar-se el primer... i repetir el procés fins que arribin al final del terreny de joc.</li> </ul> <p>* La pilota l'han d'anar passant “costat dret, costat esquerra” o bé “per a dalt”, “per a baix”.</p> <p>* Les primeres 4 partides tots els grups (7) tindran les mateixes indicacions. Després cada grup en tindrà una.</p> <p>* <u>Pilota blava = 1 unitat ; Pilota bàsquet = 5 unitats ; Pilota futbol = 1 desena ; Pilota de tennis = 2 desenes.</u></p>						<p>1. Heu de portar 1 unitat!</p> <p>2. Heu de portar 1 desena!</p> <p>3. Heu de portar 2 unitats!</p> <p>4. Heu de portar 5 unitats!</p>																																										
							<table border="1"> <thead> <tr> <th>G1</th> <th>G2</th> <th>G3</th> <th>G4</th> <th>G5</th> <th>G6</th> <th>G7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1d</td> <td>2d</td> <td>1u</td> <td>5u</td> <td>1d</td> <td>1u</td> <td>5u</td> </tr> <tr> <td>2u</td> <td>5u</td> <td>2d</td> <td>1d</td> <td>2d</td> <td>5u</td> <td>2u</td> </tr> <tr> <td>5u</td> <td>2u</td> <td>1d</td> <td>2d</td> <td>1u</td> <td>1d</td> <td>2d</td> </tr> <tr> <td>1u</td> <td>1d</td> <td>5u</td> <td>2u</td> <td>5u</td> <td>2u</td> <td>1u</td> </tr> <tr> <td>2d</td> <td>1u</td> <td>2u</td> <td>1u</td> <td>2u</td> <td>2d</td> <td>1d</td> </tr> </tbody> </table>	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	1d	2d	1u	5u	1d	1u	5u	2u	5u	2d	1d	2d	5u	2u	5u	2u	1d	2d	1u	1d	2d	1u	1d	5u	2u	5u	2u	1u	2d	1u	2u	1u	2u	2d	1d
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7																																										
	1d	2d	1u	5u	1d	1u	5u																																										
	2u	5u	2d	1d	2d	5u	2u																																										
	5u	2u	1d	2d	1u	1d	2d																																										
1u	1d	5u	2u	5u	2u	1u																																											
2d	1u	2u	1u	2u	2d	1d																																											
15'	<p><i>Part principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Arrenca-cues sumant:</u> Els alumnes s'escaparan per tota la pista, cadascú d'ells amb un pitrall ficat com a cua. Hi hauran diferents colors i assignarem una puntuació (tan alta com vulguem treballar) a cadascun. Quan el mestre doni la senyal d'inici del joc, hauran d'aconseguir agafar el màxim nombre de cues possibles als seus companys. No serà rellevant que els hi prenguin la seva, doncs l'objectiu és aconseguir treure les dels altres i guardar-les a la mà, perquè després, cada alumne, sumarà els punts que ha “robat”.</li> </ul> <p><u>Vermell = 5 unitats; Blau = 1 desena; Groc = 3 desenes; Taronja = 5 desenes.</u></p>						<p>Recordeu que si em prenen la meua cua jo segueixo jugant!</p> <p>Quan agafo una cua no me la fico jo de cua, sinó que la guardo a la mà per després sumar les unitats i desenes que tinc!</p>																																										
5'	<p><i>Tornada a la calma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d'entendre?</i></li> </ul>																																																

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL			
Escola GPV	Sessió Nº: 12	Nº alumnes: 28	Espai: Pista
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; “ <i>moure's i pensar</i> ”.			
<b>Continguts</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les unitats i les desenes; suma, identificació, relació i memòria de les unitats i les desenes representades per diferents pilotes.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul>			
<b>Material:</b> PITRALLS (28: 10 vermells, 10 blaus, 6 grocs, 2 taronges). CERCLES (4 grans + 16 pel circuit). CONS (per muntar el circuit 10*4=40). CORDES (2*4=8). PILOTES (Blaves petites = 16; Bàsquet = 4; Futbol =8; Tennis = 4; Voleibol = 4).			
Durada	Planificació	Feedback	
20'	<p><i>Escalfament</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Circuit + cursa d'unitats i desenes:</u> El grup es divideix en 4, creant equips de 7. Cada equip tindrà diferents mòbils que s'hauran de repartir entre els membres i transportar (depenent de les indicacions del mestre) al llarg del circuit fins arribar al final, on hauran d'endreçar els mòbils de manera que representin la indicació donada. És a dir, tindran diferents tipus de pilotes i cadascuna amb un valor determinat (1 unitat, 5 unitats, 1 desena o 2 desenes), i quan el mestre digui “1 desena i 4 unitats” hauran d'agafar un total de cinc pilotes i transportar-les al llarg del circuit, un cop arribin totes al final, les hauran de col·locar de manera que la que representa la desena vagi primera, i seguida de les unitats.</li> </ul> <p>* Ningú pot estar dos partides sense portar cap pilota!</p> <p>* <u>Pilota blava = 1 unitat</u> ; <u>Pilota bàsquet = 5 unitats</u> ; <u>Pilota futbol = 1 desena</u> ; <u>Pilota de tennis = 2 desenes</u>.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Heu de portar 6 unitats!</li> <li>2. Heu de portar 8 unitats!</li> <li>3. Heu de portar 2 desenes i 2 unitats!</li> <li>4. Heu de portar 3 desenes i 4 unitats!</li> <li>5. Heu de portar 1 desena i 9 unitats!</li> <li>6. Heu de portar 9 unitats!</li> <li>7. Heu de portar 2 desenes i 7 unitats!</li> <li>8. Heu de portar 4 desenes i 2 unitats!</li> <li>9. Heu de portar 1 desena i 5 unitats!</li> <li>10. Heu de portar 4 desenes+7 unitats!</li> </ol>	
10'	<p><i>Part principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Aranya arrenca-cues sumant:</u> Els alumnes hauran de creuar la meitat de la pista i esquivar l'aranya, cadascú d'ells amb un pitrall ficat com a cua. Hi hauran diferents colors i assignarem una puntuació (tan alta com vulguem treballar) a cadascun. Quan el mestre doni la senyal d'inici del joc, hauran d'aconseguir agafar el màxim número de cues possibles als seus companys. No serà rellevant que els hi prenguin la seva, doncs l'objectiu és aconseguir treure les dels altres i guardar-les a la mà, perquè després, cada alumne, sumará els punts que ha “robat”.</li> </ul> <p><u>Vermell = 5 unitats</u>; <u>Blau = 1 desena</u>; <u>Groc = 3 desenes</u>; <u>Taronja = 5 desenes</u>.</p>	<p><i>Recordeu que les aranyes aniran acumulant les cues i després les sumarem entre tots!</i></p> <p><i>Hi hauran moltes unitats i desenes!!!</i></p>	
5'	<p><i>Tornada a la calma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d'entendre?</i></li> </ul>		

<b>PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL</b>			
<b>Escola</b> GPV	<b>Sessió N°:</b> 14	<b>N° alumnes:</b> 28	<b>Espai:</b> Pista
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .			
<b>Continguts</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat per recordar imatges sobre objectes característics de l’hivern.</li> <li>• Capacitat per identificar diferents valors numèrics i ser capaç de sumar els números naturals que representen.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul>			
<b>Material:</b> CERCLES (6*4=24). PITRALLS (8*4=32 diferents colors no equitatius). CONS (22*4=88). CORDES (2*4=8). PILOTES. TARGETES HIVERN (22*4=88).			
<b>Durada</b>	<b>Planificació</b>	<b>Feedback</b>	
5’	<p><i>Escalfament</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Cadena:</b> tots els alumnes s’escampen per la pista menys dos que paren. Aniran separats, i a partir de llavors s’aniran formant dues cadenes a mesura que els dos que paren van agafant a companys. El joc s’acabarà quan tothom formi part d’una cadena.</li> </ul>	<p><i>Recordeu que si em prenen la meua cua jo segueixo jugant!</i></p> <p><i>Quan agafo una cua no me la fico jo de cua, sinó que la guardo a la mà per després sumar els punts!</i></p>	
25’	<p><i>Part principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Circuit+Memory:</b> Els alumnes es dividiran en 4 grups, per tant hi haurà un total de 4 circuits. Comencen fent el circuit, en el que han de fer zig-zag, gatejar, saltar, caminar 4 potes, sprint i, després, han d’aixecar un con, i seguidament un altre (si els dibuixos coincideixen es queden aixecats, sinó, es tornen a ficar els cons a damunt dels dibuixos), en acabar, l’alumne, torna a l’inici de la cua, on haurà d’esperar al seu torn (estirar-se al terra i respirar). Hauran d’anar fent el circuit i el memory fins que totes les imatges estiguin emparellades i a la vista.</li> </ul> <p>* La intenció és que el circuit pugui ser llarg i entretingut, a fi que puguin estar fent-ho almenys 3 alumnes de cada grup alhora, per evitar que la cua sigui de més de 3 nens.</p> <p>* Una variant que es pot afegir és que transportin, a més, el número d’unitats o desenes que el mestre indiqui, per mitjà de pilotes.</p> <p>* El memori està compost per 11 imatges de l’hivern amb la seva parella corresponent (total de 22 imatges).</p>	<p><i>Pareu atenció a com es fa tot el circuit, l’heu de fer bé!!</i></p> <p><i>El següent de la fila no pot sortir fins que el company acabi de gatejar!</i></p> <p><i>Mai puc avançar, ni estar en la mateixa estació que el company del davant!</i></p> <p><i>Un cop aixequi els dos cons, si no són la mateixa imatge els he de tornar a girar (intento recordar-los).</i></p>	
5’	<p><i>Tornada a la calma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d’entendre?</i></li> </ul>		

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL		
Escola GPV	Sessió Nº: 15	Nº alumnes: 28
Espai: Pista		
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .		
<b>Continguts</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat per assimilar fets característics de l’hivern i córrer en la direcció oportuna.</li> <li>• Capacitat per identificar diferents valors numèrics i sumar unitats i desenes, comprenent per què són diferents.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul>		
<b>Material:</b> CÈRCOLS (3 grans). PITRALLS (28 diferents colors no equitatius). CORDES (2).		
Durada	Planificació	Feedback
10’	<p><i>Escalfament</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Hivern o no?:</b> els alumnes s’aparellen, un a cada meitat de la pista, i s’hauran de tocar amb la part que indiqui el mestre (esquena-esquena, cul-cul, cap-cap, mans-mans, peus-peus, etcètera) i esperar que doni la indicació. El mestre dirà una petita frase i els alumnes hauran d’analitzar-la i decidir si és característica de l’hivern o pertany a una de les 3 altres estacions. Per tant, per exemple la dreta del mestre serà hivern i l’esquerra la resta d’estacions, i els alumnes hauran d’estar atents per saber cap a quin costat hauran de córrer. El mestre col·locarà una corda al final de cada camp, és el que hauran d’anar a tocar abans que ho faci el company amb qui estan aparellats.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <i>Crec que avui s’acaba l’any!</i></li> <li>* <i>Per Set.Santa encara no fa calor!</i></li> <li>* <i>Al Gener fa molt fred!</i></li> <li>* <i>Avui aniré a la platja a banyar-me!</i></li> <li>* <i>No em ficaré guants mentre esquiu...</i></li> <li>* <i>La iaia ha fet massa menjar de nadal</i></li> <li>* <i>Som al Maig i tots el arbres floreixen</i></li> <li>* <i>Comença fer una mica de fred!</i></li> <li>* <i>Ara es fa fosc, de nit, abans!</i></li> </ul>
15’	<p><i>Part principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Arrenca-cues (desenes i unitats):</b> Cada alumne tindrà un pitrall que li farà de cua i que intentarà protegir escapant-se dels altres. Tot i així, l’objectiu també serà el d’aconseguir robar el major número de cues possibles als seus companys (mai quan les porten a la mà). Cada color de pitrall representarà una unitat o desena concreta, de manera que, quan a ningú li quedi cua, es pugui fer un recompte treballant la suma entre unitats i desenes.</li> </ul> <p>* Es coloraran 3 cercols grans, un serà la centena, l’altre la desena i l’altre la unitat. És important que entenguin que a cada cercol només podran haver-hi un màxim de 10 pitralls. El problema el trobaran quan hagin d’anar passant unitats a desenes i potser desenes a centenes.</p> <p><b>Vermell = 1 unitats; Blau = 5 unitats; Groc = 1 desena; Taronja = 5 desenes.</b></p>	<p><i>Recordeu que si em prenen la meua cua jo segueixo jugant!</i></p> <p><i>Quan agafo una cua no me la fico jo de cua, sinó que la guardo a la mà per després sumar els punts!</i></p>
5’	<p><i>Tornada a la calma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d’entendre?</i></li> </ul>	

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL		
Escola GPV	Sessió Nº: 16	Nº alumnes: 28
Espai: Pista		
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .		
<b>Continguts</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat per assimilar fets característics de l’hivern i córrer en la direcció oportuna.</li> <li>• Capacitat per identificar diferents valors numèrics i sumar unitats i desenes, comprenent per què són diferents.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul>		
<b>Material:</b> CÈRCOLS (3 grans). PITRALLS (28 diferents colors no equitatius). CORDES (2).		
Durada	Planificació	Feedback
10’	<p><i>Escalfament</i></p> <p><b>Aranya:</b> Normes comuns del joc + variant de transport de material (desenes i unitats). Els alumnes que volen creuar la línia de l’aranya han de transportar el número d’unitats i/o desenes o número natural indicat pel mestre, a través del material del que disposen.</p> <p>* El material estarà sempre a un costat de la pista (inici) per tant primer hauran de crear la línia per transportar el material i després hauran de tornar a creuar-la per retornar el material. Cada cop que les aranyes intercepten a un alumne, el material que transportava aquest també pertany a les aranyes, per tant, quan el joc s’acaba quan les aranyes agafen tot els objectes o no queda ningú que els transporti.</p>	
15’	<p><i>Part principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>“Anar a buscar unitats i desenes”:</b> El grup es reparteix en 9 files, de manera que quedin 3 alumnes a cada fila (seria ideal fer 14 files, així només s’esperarien 1 partida, el temps just de recuperació).</li> </ul> <p>Els objectes i materials que s’han d’anar a buscar són els que paral·lelament estan fent servir a les classes d’EF que, és a dir, si estan treballant les HMB amb pilotes d’escuma, toves i altres alternatius com la índica, els cercols, etc. Això sí, s’intenta que els colors coincideixin amb els treballats a les altres sessions, per evitar confusions.</p> <p><b>Vermell = 1 unitats; Blau = 5 unitats; Groc = 1 desena; Taronja = 5 desenes.</b></p>	
5’	<p><i>Tornada a la calma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil?</i></li> </ul>	
<b>Reflexió / Observacions després de la sessió:</b>		

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL																																																																
Escola GPV		Sessió N°: 17			N° alumnes: 28			Espai: Pista																																																								
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .																																																																
<b>Continguts</b>																																																																
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat per recordar fets característics de l’hivern alhora que es fa una activitat física aeròbica.</li> <li>• Capacitat per estar atent i recordar els patrons bàsics de moviment associats a cada valor numèric per tal de fer-ho de manera corresponent.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul>																																																																
<b>Material:</b> PITRALLS (28 meitat de cada color + 4*9=45 (saltar)). CORDES (9 llargues + 9curtes). CONS (4*9=45).																																																																
Durada	Planificació								Feedback																																																							
10’	<p><i>Escalfament</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Atrapo o m’escapo?</u>: els alumnes estaran dividits en 2 equips (dos colors de pitralls). Hauran d’estar atents perquè el joc tindrà 2 consignes, la primera és que hauran d’escoltar si el número que diu el mestre indica que han d’atrapar a l’altre equip o bé escapar-se; i la segona que depenent del número que hagi dit el mestre, hauran de desplaçar-se d’una manera o una altra.</li> </ul> <p>* Els colors: <u>blau</u> i <u>vermell</u>. Indicació número parell: vermells paren i blaus s’escapen; Imparell (a la inversa).</p>								<p><i>N. 1 – endavant</i> <i>N. 3 – endarrere</i> <i>N. 5 – gatejar</i> <i>N. 7 – 4 grapes</i> <i>N. 9 – arrossegar</i> <i>N. 11 – salts</i></p> <p><i>N. 2 – endavant</i> <i>N. 4 – endarrere</i> <i>N. 6 – 4 grapes</i> <i>N. 8 – gatejar</i> <i>N. 10 – arrossegar</i> <i>N. 12 – salts</i></p>																																																							
15’	<p><i>Part principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>“Corro i recordo”</u>: El grup es reparteix en 9 files (3 a cada fila). A cadascun dels 9 primers se’ls hi dirà una sèrie de conceptes (relació hivern) que hauran de recordar i dir al mestre en arribar al final del circuit.</li> </ul> <p>* Els conceptes s’ajunten a continuació.</p> <p>* Parts del circuit: gatejar seguir una corda, fer una mica de zig-zag i desplaçar-se saltant la corda o els pitralls.</p> <p>* Si disposem de material el circuit podrà créixer exponencialment, però ha de ser igual per les 9 files.</p>								<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td></tr> <tr><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td></tr> <tr><td>C</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td><td>G</td></tr> <tr><td>J</td><td>A</td><td>K</td><td>I</td><td>H</td><td>F</td><td>G</td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>L</td><td>N</td><td>M</td><td>L</td><td>N</td><td>M</td><td>L</td><td>N</td><td>M</td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	A	B	C	D	E	B	C	D	A	B	C	D	E	F	C	D	E	F	C	D	E	F	G	J	A	K	I	H	F	G	A	B	L	N	M	L	N	M	L	N	M
1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																								
A	B	C	D	A	B	C	D	E																																																								
B	C	D	A	B	C	D	E	F																																																								
C	D	E	F	C	D	E	F	G																																																								
J	A	K	I	H	F	G	A	B																																																								
L	N	M	L	N	M	L	N	M																																																								
5’	<p><i>Tornada a la calma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d’entendre?</i></li> </ul>																																																															
<b>Reflexió / Observacions després de la sessió:</b>																																																																
<p><i>Gabriel Díaz Cobos</i> <i>Hospital Sant Joan de Déu (Barcelona)</i></p>																																																																

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL																																																																									
Escola GPV			Sessió Nº: 18			Nº alumnes: 28			Espai: Pista																																																																
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .																																																																									
<b>Continguts</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat per recordar fets característics de l’hivern alhora que es fa una activitat física aeròbica.</li> <li>• Capacitat per elaborar una operació matemàtica mental mentre s’està corrent i relacionar la resposta amb el material corresponent.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul>																																																																									
<b>Material:</b> CÈRCOLS (9). PITRALLS (9). P. HANDBOL (9). P.FUTBOL (9). P. TENNIS (9).																																																																									
Durada	Planificació								Feedback																																																																
10’	<i>Escalfament</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Stop!:</b> joc popular que consisteix en que dos o tres paren (porten un pitrall de color a la mà per diferenciar-se) i que han d’aconseguir atrapar algú per deixar de parar i passar-li el pitrall i canviar els papers. Els que s’escapen, però, poden salvar-se si abans que els toquin diuen Stop (obrint els braços en creu). La variant serà que quan diuen Stop, hauran de dir 2 conceptes o idees de l’hivern a l’alumne que els vol atrapar, si aquestes són correctes podrà quedar-se en Stop fins que un company vingui a salvar-lo (fent-li una abraçada), si no són correctes (s’equivoca o triga més de 30 segons), agafarà el pitrall i parará!</li> </ul>								<i>Recordeu que heu de dir ràpid els dos conceptes si no voleu que us atrapin!</i>  <i>Penseu que hauríeu de tenir al cap tota l’estona els conceptes que aneu dient o no tindreu temps de dir-ho!</i>																																																																
15’	<i>Part principal</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Córrer i sumar:</b> El grup es reparteix en 9 files (3 a cada fila). A cadascun dels 9 primers se’ls hi dirà una operació matemàtica just abans de començar a córrer. Quan el mestre toqui el xiulet hauran d’anar al final de la pista mentre pensen la resposta, en arribar al seu cercol, hauran d’agafar el material corresponent d’acord amb la resposta numèrica, tornar corrents i dir el resultat exacte de l’operació matemàtica. Si l’operació és 7+4, com el resultat és 11, hauran d’agafar 2 desenes, perquè amb 1 no en tenen prou per arribar a la resposta. Si fos 4-4 = 0, haurien d’agafar la Unitat (pitrall).</li> </ul> <b>Pitrall = Unitat ; Handbol = Desena ; Fútbol = 2 desenes ; Tennis = 3 desenes.</b>								<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td></tr> <tr><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td></tr> <tr><td>C</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td><td>G</td></tr> <tr><td>J</td><td>A</td><td>K</td><td>I</td><td>H</td><td>F</td><td>G</td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>L</td><td>N</td><td>M</td><td>L</td><td>N</td><td>M</td><td>L</td><td>N</td><td>M</td></tr> <tr><td>M</td><td>O</td><td>J</td><td>O</td><td>K</td><td>O</td><td>J</td><td>O</td><td>L</td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	A	B	C	D	E	B	C	D	A	B	C	D	E	F	C	D	E	F	C	D	E	F	G	J	A	K	I	H	F	G	A	B	L	N	M	L	N	M	L	N	M	M	O	J	O	K	O	J	O	L
1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																																	
A	B	C	D	A	B	C	D	E																																																																	
B	C	D	A	B	C	D	E	F																																																																	
C	D	E	F	C	D	E	F	G																																																																	
J	A	K	I	H	F	G	A	B																																																																	
L	N	M	L	N	M	L	N	M																																																																	
M	O	J	O	K	O	J	O	L																																																																	
5’	<i>Tornada a la calma</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d’entendre?</i></li> </ul>																																																																								
<b>Reflexió / Observacions després de la sessió:</b>																																																																									
<i>Gabriel Díaz Cobos</i> <i>Hospital Sant Joan de Déu (Barcelona)</i>																																																																									

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL			
Escola GPV	Sessió Nº: 19	Nº alumnes: 28	Espai: Pista
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .			
<b>Continguts</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat per assimilar fets característics de l’hivern i córrer en la direcció oportuna.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul>			
<b>Material:</b> PITRALLS (28). CORDES (3) per delimitar les zones de cada estació.			
Durada	Planificació	Feedback	
10’	<p><i>Escalfament</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Aranya caça cues</u>: els alumnes hauran d’aconseguir passar d’un extrem de la pista a l’altra sense que les aranyes els hi prenguin la cua (pitral que porten al final de l’esquena).</li> </ul>	<p><i>Per convertir-me en aranya m’han de treure la cua, no val que em toquin o m’agafin a mi.</i></p>	
15’	<p><i>Part Principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Hivern, tardor o altres?</u>: els alumnes estaran escampats pel centre de la pista, s’hauran d’anar movent d’acord amb la indicació del mestre i quan aquest llegeixi una oració, hauran d’identificar si el contingut d’aquesta parla de l’hivern, de la tardor o d’una altra estació, un cop reconegut, hauran de córrer cap a l’espai (zona) dedicat a l’estació corresponent. Qui s’equivocui haurà d’estar una partida assegut.</li> </ul>	<p>* Hauran de desplaçar-se corrents:</p> <p><i>endavant; endarrere; gatejant; a quatre grapes; arrossegant-se; fent salts.</i></p>	
5’	<p><i>Tornada a la calma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d’entendre?</i></li> </ul>		
<b>Reflexió / Observacions després de la sessió:</b>			
<p><i>Gabriel Díaz Cobos</i> <i>Hospital Sant Joan de Déu (Barcelona)</i></p>			

<b>PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL</b>			
<b>Escola</b> GPV	<b>Sessió N°:</b> 20	<b>N° alumnes:</b> 28	<b>Espai:</b> Pista
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .			
<b>Continguts</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat per recordar imatges sobre objectes característics de l’hivern.</li> <li>• Capacitat per entendre el joc i per identificar els companys que paren i els que no.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> <li>○ Patrons bàsics de moviment (gatejar, saltar, arrossegar-se, córrer).</li> </ul>			
<b>Material:</b> CERCLES (6*2=12). PITRALLS (12+44= 56). CONS (12+12=24). CORDES (2+2=4). PILOTES (14 de tennis). TARGETES HIVERN (22*4=88).			
<b>Durada</b>	<b>Planificació</b>	<b>Feedback</b>	
5’	<p><i>Escalfament</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Els llops i les cabretes:</u> Les cabretes s’han d’escapar dels llops. Poden estar protegides quan estan dins d’un cercle (casa), on els llops mai podran entrar, però cada cop que una cabreta entri a un cercle on ja hi havia una cabreta, la que ja hi era haurà de marxar. Si el llop toca a la cabreta hi ha canvi de papers. Els llops s’identifiquen perquè porten un pitrall a la mà.</li> </ul>	<p><i>Recordeu que si sou una cabreta i esteu descansant a un cercol i arriba una altra cabreta per salvar-se del llop, vosaltres haureu de sortir ràpid perquè no us atrapi el llop!</i></p>	
25’	<p><i>Part principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Circuit+Memory:</u> els alumnes es divideixen en dos grups (14 i 14), i començaran el circuit des de dos punts diferents. Tot i així aniran fent exactament els mateixos exercicis. Hauran de realitzar les diferents estacions del circuit fins arribar a la última, en la que, han d’aixecar un con, i seguidament un altre. Si els dibuixos coincideixen es queden aixecats, sinó, es tornen a ficar els cons a damunt dels dibuixos. Just després de fer el memori hauran d’esprintar en diagonal, anant a la fila contraria.</li> <li>* Hauran d’anar fent el circuit i el memory fins que totes les imatges estiguin emparellades i a la vista.</li> <li>* La intenció és que el circuit pugui ser llarg i entretingut, a fi que puguin estar la major part dels alumnes fent alguna part del circuit sense haver-se d’esperar massa temps fent fila.</li> <li>* Una variant que es pot afegir és que transportin pilotes de diferents mides (primer tennis, després handbol...).</li> <li>* El memori està compost per 11 imatges de l’hivern amb la seva parella corresponent (total de 22 imatges).</li> </ul>	<p><i>Pareu atenció a com es fa tot el circuit, l’heu de fer bé!!</i></p> <p><i>El següent de la fila no pot sortir fins que el company arribi al punt indicat!</i></p> <p><i>Mai puc avançar, ni estar en la mateixa estació que el company del davant!</i></p> <p><i>Si els dos cons no són la mateixa imatge els he de tornar a girar.</i></p>	
5’	<p><i>Tornada a la calma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d’entendre?</i></li> </ul>		

<b>PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL</b>			
<b>Escola</b> GPV	<b>Sessió N°:</b> 21	<b>N° alumnes:</b> 28	<b>Espai:</b> Pista
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure's i pensar”</i> .			
<b>Continguts</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat per reconèixer l'esquerra i la dreta (davant i darrere) del propi cos en situacions de respostes ràpides.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul>			
<b>Material:</b> PITRALLS (7*4= 28: 9 de cada color). CORDES (7) per separar els carrils.			
<b>Durada</b>	<b>Planificació</b>	<b>Feedback</b>	
10'	<p><i>Escalfament</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Les gallines, les guineus i els lleons:</u> Primer distribuïm els alumnes en 3 grups: uns seran gallines (hauran de menjar-se als lleons); uns guineus (menjaran gallines); i els altres lleons (menjaran guineus). Tots mengen i són menjats, així que cadascú tindrà un cau (que tindrà una forma geomètrica) i haurà d'aconseguir omplir-lo de menjar per quan arribi l'hivern, vigilant no ser menjat!!!</li> </ul>	<p><i>Estigueu preparats i atents!!!!</i></p> <p><i>Recordeu que a vosaltres també us volen capturar per a menjar-vos!</i></p>	
20'	<p><i>Part principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Els 4 mocadors:</u> La classe es dividirà en grups de 4, de manera que <math>28/4= 7</math>files. Participaran 14 (7 de cada costat) alhora, i els altres 14 esperaran el seu torn. Cada cop que el company arriba amb el mocador, li haurà de donar al company que seguidament ho farà perquè el col·loqui (al mateix lloc d'on l'ha tret el company abans) i tornin a haver 4 mocadors. El joc consisteix en agafar cada cop el mocador corresponent a la indicació que diu el mestre (dreta, esquerra, davant o darrere) i tornar al punt de sortida abans ho faci el rival que tinc davant. El mestre primer toca el xiulet i 7 de cada extrem de la pista esprinten fins situar-se trepitjant la línia de mig camp, de manera que cada alumne tingui un mocador a la dreta, un a l'esquerra, un davant i un darrere. En aquest moment (quan els 14 alumnes estan trepitjant la línia de mig camp) el mestre donarà la indicació: Esquerra! Hauran d'agafar el mocador que està a la seva esquerra i tornar a la fila per passar el relleu al company que espera.</li> </ul>	<p><i>Penseu que la vostra esquerra no és la mateixa que la del company del davant perquè fa efecte mirall!</i></p> <p><i>Mai heu d'agafar el mateix mocador que el company del davant, si això passa és perquè un dels dos s'està confonent!</i></p> <p><i>Em de pensar ràpid, agafar el mocador i tornar a la fila per fer relleu!</i></p>	
5'	<p><i>Tornada a la calma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d'entendre?</i></li> </ul>		
<b>Reflexió / Observacions després de la sessió:</b>			
<p><i>Gabriel Díaz Cobos</i> <i>Hospital Sant Joan de Déu (Barcelona)</i></p>			

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL		
Escola GPV	Sessió Nº: 22	Nº alumnes: 28
Espai: Pista		
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .		
<b>Continguts</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat per resoldre una operació matemàtica (suma o resta) mentalment i trobar el punt de la recta numèrica que correspon a la unitat del resultat.</li> <li>• Capacitat per relacionar un determinat color amb un determinat valor numèric (unitat o desena) per després poder-lo comptar i classificar.</li> <li>• Capacitat per situar-se al present i reconèixer el propi passat/futur i la pròpia dreta/esquerra sense confondre’s amb el company que fa l’efecte mirall.             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul> </li> </ul>		
<b>Material:</b> CERCLES (14). PITRALLS (28). CONS (56+14 alts). CORDES (6). PILOTES PETITES (14).		
Durada	Planificació	Feedback
10’	<p><i>Escalfament</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Arrenca-cues sumant:</u> Els alumnes s’escaparan per tota la pista, cadascú d’ells amb un pitrall ficat com a cua. Hauran d’aconseguir agafar el màxim número de cues possibles als seus companys. L’objectiu és aconseguir treure les cues per poder-les col·locar a un dels dos colors de cercles. Un color representa les desenes i l’altre les unitats. Quan a ningú li quedi cua, entre tots, s’hauran d’ordenar i passar unitats a desena. Valor de les cues: <u>Vermell = 1 unitat; Blau = 5 unitats; Groc = 1 desena; Taronja = 5 desenes.</u></li> </ul>	<p><i>Recordeu que si em prenen la meua cua jo segueixo jugant i...</i></p> <p><i>Quan agafo una cua no me la fico sinó que penso quin valor numèric té (desena o unitat) i la fico dins d’un dels dos cercles.</i></p>
25’	<p><i>Part principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>La recta numèrica:</u> els alumnes estaran situats al punt 0 (cèrcol) i la recta estarà composta per 4 cons que aniran sumant de dos en dos representant els valors: 2,4,6,8, i un últim cercol amb valor = 10. Començaran amb una pilota al valor 0 i hauran d’escoltar l’operació (suma o resta) que diu el mestre per resoldre-la i col·locar la pilota al punt de la recta corresponent. En acabar tornaran per cedir el torn.</li> <li>▪ <u>Els animals de les estacions:</u> Tot el grup s’escampa per la pista i està atent a quina indicació dona el mestre. Podrà dir una de les 4 estacions de l’any i els alumnes s’hauran de convertir en un animal propi d’aquella estació. El joc consisteix en pensar l’animal i en córrer ràpid i sense tocar a ningú.</li> </ul>	<p><i>El company ha de saber en quin punt de la recta es troba la pilota per poder sumar o restar tenint el compte del valor que parteix.</i></p> <hr/> <p><i>Atenció! Els animals que xoquin s’hauran de seure al terra fins la següent indicació.</i></p>
5’	<p><i>Tornada a la calma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d’entendre?</i></li> </ul>	

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL		
Escola GPV	Sessió Nº: 23	Nº alumnes: 28
Espai: Pista		
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .		
<b>Continguts</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat per recordar conceptes sobre objectes característics de l’hivern.</li> <li>• Capacitat per entendre el joc i per identificar els companys que paren i els que no.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> <li>○ Patrons bàsics de moviment (gatejar, saltar, arrossegar-se, córrer).</li> </ul>		
<b>Material:</b> CERCLES (6*2=12). PITRALLS (12+44= 56). CONS (12+12=24). CORDES (2+2=4). PILOTES (14 de tennis). TARGETES CONCEPTES HIVERN (22*2=44).		
Durada	Planificació	Feedback
5’	<p><i>Escalfament</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Els llops i les cabretes:</u> Les cabretes s’han d’escapar dels llops. Poden estar protegides quan estan dins d’un cercle (casa), on els llops mai podran entrar, però cada cop que una cabreta entri a un cercle on ja hi havia una cabreta, la que ja hi era haurà de marxar. Si el llop toca a la cabreta hi ha canvi de papers. Els llops s’identifiquen perquè porten un pitrall a la mà.</li> </ul>	<p><i>Recordeu que si sou una cabreta i esteu descansant a un cercol i arriba una altra cabreta per salvar-se del llop, vosaltres haureu de sortir ràpid perquè no us atrapi el llop!</i></p>
25’	<p><i>Part principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Circuit+Memory:</u> els alumnes es divideixen en dos grups (14 i 14), i començaran el circuit des de dos punts diferents. Tot i així aniran fent exactament els mateixos exercicis. Hauran de realitzar les diferents estacions del circuit fins arribar a la última, en la que, han d’aixecar un con, i seguidament un altre. <u>Si les paraules coincideixen</u> es queden aixecats, sinó, es tornen a ficar els cons a damunt dels conceptes. Just després de fer el memori hauran d’esprintar en diagonal, anant a la fila contraria de la que han sortit.</li> <li>* Hauran d’anar fent el circuit i el memori fins que totes les <b>paraules</b> estiguin emparellades i a la vista.</li> <li>* La intenció és que el circuit pugui ser llarg i entretingut, a fi que puguin estar la major part dels alumnes fent alguna part del circuit sense haver-se d’esperar massa temps fent fila.</li> <li>* Una variant que es pot afegir és que transportin pilotes de diferents mides (primer tennis, després handbol...).</li> <li>* El memori està compost per 11 paraules de l’hivern amb la seva parella corresponent (total de 22 paraules).</li> </ul>	<p><i>Pareu atenció a com es fa tot el circuit, l’heu de fer bé!!</i></p> <p><i>El següent de la fila no pot sortir fins que el company arribi al punt indicat!</i></p> <p><i>Mai puc avançar, ni estar en la mateixa estació que el company del davant!</i></p> <p><i>Si els dos cons no són la mateixa paraula els he de tornar a girar.</i></p>
5’	<p><i>Tornada a la calma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d’entendre?</i></li> </ul>	

<b>PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL</b>			
<b>Escola</b> GPV	<b>Sessió N°:</b> 24	<b>N° alumnes:</b> 28	<b>Espai:</b> Pista
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure's i pensar”</i> .			
<b>Continguts</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat per assimilar fets característics de l'hivern o la tardor i córrer en la direcció oportuna.</li> <li>• Capacitat per recordar les lletres de l'alfabet i fer una acció motriu amb cadascuna d'elles.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul>			
<b>Material:</b> CÈRCOLS (8).			
<b>Durada</b>	<b>Planificació</b>	<b>Feedback</b>	
5'	<p><i>Escalfament</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Els llops i les cabretes:</u> Les cabretes s'han d'escapar dels llops. Poden estar protegides quan estan dins d'un cercle (casa), on els llops mai podran entrar, però cada cop que una cabreta entri a un cercle on ja hi havia una cabreta, la que ja hi era haurà de marxar.</li> </ul> <p>Si el llop toca a la cabreta hi ha canvi de papers. Els llops s'identifiquen perquè porten un pitrall a la mà.</p>	<p><i>Recordeu que si sou una cabreta i esteu descansant a un cercle i arriba una altra cabreta per salvar-se del llop, vosaltres haureu de sortir ràpid perquè no us atrapi el llop!</i></p>	
10' +	<p><i>Part Principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Tardor o Hivern?:</u> els alumnes estaran asseguts al centre de la pista, esquena contra esquena, el mestre llegirà una oració i seguidament tocarà el xiulet, serà llavors quan els alumnes hauran d'aixecar-se i córrer en la direcció oportuna abans arribi el company.</li> </ul>	<p><i>No s'han d'atrapar ni empentar, només arribar al final de la pista.</i></p>	
15'	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Ens movem amb l'abecedari:</u> Els alumnes estaran escampats per mitja pista, i hauran d'escoltar les indicacions del mestre. Entre tots anirem dient les lletres de l'abecedari (per ordre), i seguida de cadascuna anirà una acció motriu que hauran de realitzar: per exemple, A -&gt; <i>Abraçar a dos companys</i>.</li> </ul>	<p><i>Serà important que tots diguin les lletres perquè així les memoritzaran. Es farà dos cops.</i></p>	
5'	<p><i>Tornada a la calma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d'entendre?</i></li> </ul>		
<b>Reflexió / Observacions després de la sessió:</b>			
			<p><i>Gabriel Díaz Cobos Hospital Sant Joan de Déu (Barcelona)</i></p>

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL			
Escola GPV	Sessió Nº: 25	Nº alumnes: 28	Espai: Pista
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .			
<b>Continguts</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat per elaborar una operació matemàtica mental mentre s’està corrent i relacionar la resposta amb la posició de la recta numèrica (unitat i desena).</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul>			
<b>Material:</b> CÈRCOLS (18). PITRALLS (27). CONS (36). P. TENNIS (9).			
Durada	Planificació	Feedback	
10’	<p><i>Escalfament</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>El llop, la mare i les cabretes</u>: els alumnes es distribueixen en grups de 9 (3 grups). 7 seran cabretes i aniran agafades per la cintura i davant, la mare serà la primera (total fila de 8). El llop està fora de la fila i ha d’aconseguir atrapar (tocar) a la última cabreta mentre la mare i el la resta de cabretes intenten protegir-se. Quan el llop atrapa passa a ser la darrera cabreta, la darrera avança una posició i la que abans estava darrere de la mare passa a ser mare i qui era mare serà llop.</li> </ul>	<p><i>Us heu d’agafar de la cintura, no de la samarreta!</i></p> <p><i>La mare ha de protegir fintant amb el cos (dreta, esquerra) no picant!</i></p> <p><i>* El llop només ha de tocar.</i></p>	
20’	<p><i>Part principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Relleus de suma</u>: Es divideix la classe en 9 grups; cada equip estarà format per 3 jugadors. Se’ls hi presentarà la recta numèrica que va des de la posició inicial (0) on estaran els alumnes i on comença la pilota, fins el punt final (40) on hi haurà ningú. Per ser el primer dia se’ls hi dirà una mateixa operació per a tots (adjuntes al final de la taula per ordre). Pot ser que tendeixin a copiar-se, ens fixarem en aquells que plantin correctament la pilota primers. Després de plantar-la tornaran i es col·locaran al final de la fila.</li> </ul> <p>* Les desenes 0 i 4 (2 en total) estaran indicades amb cercols (<math>2 \cdot 9 = 18</math>).</p> <p>* Les desenes 1, 2 i 3 estaran indicades amb pitralls (<math>3 \cdot 9 = 27</math>).</p> <p>* Les unitats estaran repartides en 5, 15, 25, 35 i representades per cons (<math>4 \cdot 9 = 36</math>).</p>	<p><i>Recordeu que els cercols ens marquen l’inici i el final de la recta (0 al 40unitats).</i></p> <p><i>Heu de deixar la pilota a damunt del número (unitat o desena) que és resultat de la operació (suma o resta) indicada.</i></p> <p><i>* Sempre heu de tornar a la fila.</i></p>	
5’	<p><i>Tornada a la calma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d’entendre?</i></li> </ul>		

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL																																																																																																													
Escola GPV			Sessió Nº: 26			Nº alumnes: 28			Espai: Pista																																																																																																				
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .																																																																																																													
<b>Continguts</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat per elaborar una operació matemàtica mental mentre s’està corrent i relacionar la resposta amb la posició de la recta numèrica (unitat i desena).</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul>																																																																																																													
<b>Material:</b> CÈRCOLS (18). PITRALLS (27). CONS (36). P. TENNIS (9).																																																																																																													
Durada	Planificació								Feedback																																																																																																				
10'	<i>Escalfament</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>El pastor i les cabretes:</b> hi haurà 4 alumnes que faran de pastors i la resta seran cabretes. Els pastors han d’aconseguir reunir a totes les cabretes a dins del cau perquè no es tornin a escapar.</li> </ul>								<i>Atenció! Una cabreta no atrapada pot salvar a la resta!</i>																																																																																																				
15'	<i>Part principal</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Relleus de suma:</b> Es divideix la classe en 9 grups; cada equip estarà format per 3 jugadors. Se’ls hi presentarà la recta numèrica que va des de la posició inicial (0) on estaran els alumnes i on comença la pilota, fins el punt final (40) on hi haurà ningú. És el segon cop que realitzem aquesta activitat, per això avui cada alumne farà una operació diferent a la resta, així evitarem que es copiïn.</li> <li>* Es seguirà la seqüència mostrada a la taula de la dreta.</li> <li>* Les desenes 0 i 4 (2 en total) estaran indicades amb cercols (2*9=18).</li> <li>* Les desenes 1, 2 i 3 estaran indicades amb pitralls (3*9=27).</li> <li>* Les unitats estaran repartides en 5, 15, 25, 35 i representades per cons (4*9=36).</li> </ul>								<table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td> </tr> <tr> <td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td> </tr> <tr> <td>B</td><td>C</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>A</td> </tr> <tr> <td>C</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>A</td><td>B</td> </tr> <tr> <td>D</td><td>E</td><td>F</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td> </tr> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td><td>D</td> </tr> <tr> <td>F</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td><td>D</td><td>E</td> </tr> <tr> <td>G</td><td>H</td><td>I</td><td>G</td><td>H</td><td>I</td><td>G</td><td>H</td><td>I</td> </tr> <tr> <td>H</td><td>I</td><td>G</td><td>H</td><td>I</td><td>G</td><td>H</td><td>I</td><td>G</td> </tr> <tr> <td>I</td><td>G</td><td>H</td><td>I</td><td>G</td><td>H</td><td>I</td><td>G</td><td>H</td> </tr> <tr> <td>J</td><td>J</td><td>J</td><td>J</td><td>J</td><td>J</td><td>J</td><td>J</td><td>J</td> </tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	A	B	C	A	B	C	B	C	A	B	C	A	B	C	A	C	A	B	C	A	B	C	A	B	D	E	F	D	E	F	D	E	F	E	F	D	E	F	D	E	F	D	F	D	E	F	D	E	F	D	E	G	H	I	G	H	I	G	H	I	H	I	G	H	I	G	H	I	G	I	G	H	I	G	H	I	G	H	J	J	J	J	J	J	J	J	J
1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																																																																					
A	B	C	A	B	C	A	B	C																																																																																																					
B	C	A	B	C	A	B	C	A																																																																																																					
C	A	B	C	A	B	C	A	B																																																																																																					
D	E	F	D	E	F	D	E	F																																																																																																					
E	F	D	E	F	D	E	F	D																																																																																																					
F	D	E	F	D	E	F	D	E																																																																																																					
G	H	I	G	H	I	G	H	I																																																																																																					
H	I	G	H	I	G	H	I	G																																																																																																					
I	G	H	I	G	H	I	G	H																																																																																																					
J	J	J	J	J	J	J	J	J																																																																																																					
5'	<i>Tornada a la calma</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d’entendre?</i></li> </ul>																																																																																																												

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL		
Escola Garbí Pere Vergés	Sessió Nº: 27	Nº alumnes: 27
Espai: Pista		
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; "moure's i pensar".		
<b>Continguts</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat per assimilar fets característics de la primavera i diferenciar-los de les altres per a córrer en la direcció oportuna.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul>		
<b>Material:</b> PITRALLS (28). CORDES (3). CONS (4) 2 de cada color. CÈRCOLS (4).		
Durada	Planificació	Feedback
10'	<p><i>Escalfament</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Aranya caça cues</u>: els alumnes hauran d'aconseguir passar d'un extrem de la pista a l'altra sense que les aranyes els hi prenguin la cua (pitrall que porten al final de l'esquena)</li> </ul>	<i>Per convertir-me en aranya m'han de treure la cua, no val que em toquin o m'agafin a mi.</i>
15'	<p><i>Part Principal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Primavera o altres?</u>: els alumnes estaran emparellats, un a cada extrem de la pista. Quan el mestre toqui el xiulet s'aniran a trobar tots a mig camp, un davant de l'altre. El mestre llegirà una oració i llavors hauran d'identificar si el contingut d'aquesta parla de la <i>primavera</i> o d'una de les altres estacions, un cop reconegut, hauran d'escapar-se o bé atrapar al company, depenent de qui sigui primavera o les altres.</li> </ul>	<i>Després d'escoltar al mestre hauran de decidir si és primavera o no (estiu, tardor o hivern), i per tant, si han d'escapar-se o atrapar al company.</i>
5'	<p><i>Tornada a la calma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d'entendre?</i></li> </ul>	
<b>Reflexió / Observacions després de la sessió:</b>		
Quina estació hem treballat? És a la que estem ara? Hem après alguna característica nova de la primavera?		Gabriel Díaz Cobos Hospital Sant Joan de Déu (Barcelona)

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL		
Escola GPV	Sessió Nº: 28	Nº alumnes: 28
Espai: Pista		
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .		
<b>Continguts</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Familiarització amb les diferents monedes (euros) que a la vida real utilitzem per comprar (2€, 1€, 50cent, 20cent, 10cent i 5cent).</li> <li>• Capacitat per elaborar una operació matemàtica mental a partir de monedes (euros) mentre s’està corrent i es decideix quins aliments “comprar”.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul>		
<b>Material:</b> CÈRCOLS (18). PITRALLS (27). CONS (36). P. TENNIS (9).		
Durada	Planificació	Feedback
10’	<i>Escalfament</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Moviments dirigits:</u> per introduir les diferents monedes: 2€, 1€, 50cent, 20cent, 10cent i 5cent, sis en total, utilitzarem un joc en el que hauran de recordar el moviment (acció motriu) que representa cada moneda, de tal manera que quan el mestre mostri la targeta dels 2€, tots el alumnes sàpiguen que han de córrer cap endavant, endarrere, saltar o gatejar, per exemple. Fins que mostri la següent moneda (50cent) i hagin de canviar a l’acció motriu corresponent: <b>5cent</b> = córrer endavant ; <b>10cent</b> = córrer endarrere ; <b>20cent</b> = saltar ; <b>50cent</b> = gatejar ; <b>1€</b> = peu coix ; <b>2€</b> = picar tres cops de mans.</li> </ul>	<p><i>Atenció! Hem de recordar el que s’ha de fer amb cada moneda!</i></p> <p><i>Al final comprovarem que es recorden totes les monedes (6) i quina té major valor i quina menys.</i></p>
15’	<i>Part principal</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Corre! Ves a fer la compra:</u> A vegades hem de córrer perquè la botiga està a punt de tancar i ens podem quedar sense els aliments que necessitem per fer el dinar i agafem la cartera i marxem sense saber quants diners portem. Aquesta activitat combinarà la incertesa dels diners que tenim, amb l’exercici físic que s’haurà de realitzar mentre es sumen les monedes i es decideix quins aliments es poden comprar amb aquells diners. Uns aliment que estaran al final en forma de targeta (cada tipus d’aliment estarà sota d’un con. Els alumnes hauran de recordar el valor de cada aliment).</li> </ul> <p>*A l’inici hi haurà 9 files, quan el mestre toca el xiulet surt un de cadascuna. Cadascú farà l’exercici seguint el seu carril i quan arribin a mig camp, al cercle central, hi haurà 14 cons, cadascú aixecarà 1 i agafarà les 3 monedes que hi hagin. Les hauran de sumar (1€ + 50 cent + 10 cent = 1.60€) mentre segueixen realitzant l’exercici i, quan arribin al final, hauran de decidir quin/ns aliment/s poden/volen agafar amb aquells diners. *Saltar la corda + gatejar (fins els cons) + córrer endarrere + 3 salts + sprint endavant (fins els aliments).</p>	<p>* Serà important que cada alumne segueixi sempre la seva fila, per no perdre l’ordre.</p> <p>* Un cop hagin escollit l’aliment i el mestre ho hagi comprovat, hauran de tornar primer els aliment i després les monedes (intentant sempre no molestar als següents companys).</p> <p><u>Variants:</u>  <i>Heu de portar una fruita i una verdura.            Heu de portar 1er i 2n plat i postres.</i></p>
5’	<i>Tornada a la calma</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d’entendre?</i></li> </ul>	
<b>A: 2u+8u = 1d   B: 1d+5u = 15u   C: 2u+13u = 15u   D: 8u-3u = 5u   E: 2d+10u = 3d   F: 0u+15u = 15u   G: 3d-5u = 35u   H: 11u+14u = 25u   I: 5u-25u = 35u   J: 21u+9u = 3d</b>		

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL			
Escola Garbí Pere Vergés		Sessió Nº: 29	Nº alumnes: 28
Espai: Pista			
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; <i>“moure’s i pensar”</i> .			
<b>Continguts</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat per reconèixer un número natural i realitzar mentalment l’operació matemàtica (suma o resta) mentre es fa una cursa de relleus.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment, així com cooperar amb el company.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> </ul>			
<b>Material:</b> PITRALLS (28). CORDES (3) per delimitar les zones de cada estació.			
Durada	Planificació	Feedback	
10’	<b>Escalfament</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Aranya caça cues:</u> els alumnes hauran d’aconseguir passar d’un extrem de la pista a l’altra sense que les aranyes els hi prenguin la cua (pitrall que porten al final de l’esquena).</li> </ul>	<i>Per convertir-me en aranya m’han de treure la cua, no val que em toquin o m’agafin a mi.</i>	
15’	<b>Part Principal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>El mocador amb suma:</u> els alumnes es distribueixen en 4 equips (7 a cadascú) i es reparteixen un número de l’1 al 7 (ambdós inclosos), per tant si algun equip són 5 o 6 hi haurà qui dobli número. Cada equip serà un color i estarà col·locat a una cantonada del camp. Al seu costat tindrà una recta numèrica que anirà des del 0 fins al 10. El mestre dirà una operació (suma o resta) i els alumnes que representin els número de l’operació, per exemple 2+3: el dos i el tres de cada equip (2*4= 8 alumnes en total) hauran de sortir a córrer fins la meitat del camp, on hauran d’agafar (el més ràpid de cada equip) la pilota del color del seu equip i donar-li (relleu) al seu company (ha sigut més lent) perquè ell s’encarregui de col·locar-la al punt de la recta correcte, per exemple el punt 5 (2+3). Quan es comprovi si està bé, el ràpid, haurà de tornar la pilota al centre del camp.</li> </ul>	$1 + 5 = 6$ $6 + 2 = 8$ $7 - 2 = 5$ $4 - 2 = 2$ $4 + 6 = 10$	$3 + 7 = 10$ $4 + 5 = 9$ $6 - 3 = 3$ $5 - 1 = 4$ $3 + 7 = 10$
5’	<b>Tornada a la calma</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d’entendre?</i></li> </ul>		
<b>Reflexió / Observacions després de la sessió:</b>			
<i>Gabriel Díaz Cobos Hospital Sant Joan de Déu (Barcelona)</i>			

PROJECTE ESPORT I FUNCIO SINÀPTICA NEURONAL		
Escola GPV	Sessió N°: 30	N° alumnes: 28
Espai: Pista		
<b>Objectiu:</b> Realitzar activitats físiques aeròbiques que incloguin un aprenentatge escolar que desenvolupi la memòria, el càlcul o el llenguatge; “ <i>moure’s i pensar</i> ”.		
<b>Continguts</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat per recordar imatges sobre aliments de la dieta diària: pa, fruites i verdures.</li> <li>• Capacitat per entendre el joc i per identificar els companys que paren i els que no.</li> <li>○ Habilitat per desplaçar-se un mateix i atrapar o escapar-se depenent del que sigui més oportú en cada moment.</li> <li>○ Agilitat, velocitat per córrer i pensar, reacció, atenció.</li> <li>○ Patrons bàsics de moviment (gatejar, saltar, arrossegar-se, córrer).</li> </ul>		
<b>Material:</b> CERCLES (10*2=20). PITRALLS (12*2= 24). CONS (12*4=48). CORDES (4*2=8). TARGETES ALIMENTS (12*4=48).		
Durada	Planificació	Feedback
5'	<b>Escalfament</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Els llops i les cabretes:</b> Les cabretes s’han d’escapar dels llops. Poden estar protegides quan estan dins d’un cercle (casa), on els llops mai podran entrar, però cada cop que una cabreta entri a un cercle on ja hi havia una cabreta, la que ja hi era haurà de marxar. Si el llop toca a la cabreta hi ha canvi de papers. Els llops s’identifiquen perquè porten un pitrall a la mà.</li> </ul>	<i>Recordeu que si sou una cabreta i esteu descansant a un cercol i arriba una altra cabreta per salvar-se del llop, vosaltres haureu de sortir ràpid perquè no us atrapi el llop!</i>
25'	<b>Part principal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Circuit+Memory:</b> els alumnes es divideixen en dos grups (14 i 14), i començaran el circuit des de dos punts diferents. Tot i així aniran fent exactament els mateixos exercicis. Hauran de realitzar les diferents estacions del circuit fins arribar a la última, en la que han d’aixecar un con i seguidament un altre. Si els dibuixos coincideixen es queden aixecats, sinó, es tornen a ficar els cons a damunt dels dibuixos. Just després de fer el memori hauran d’esprintar en diagonal, anant a la fila contraria de la que han sortit ells.</li> <li>* Hauran d’anar fent el circuit i el memory fins que totes les imatges estiguin emparellades i a la vista.</li> <li>* La intenció és que el circuit pugui ser llarg i entretingut, a fi que puguin estar la major part dels alumnes fent alguna part del circuit sense haver-se d’esperar massa temps fent fila.</li> <li>* Una variant que es pot afegir és que transportin pilotes de diferents mides (primer tennis, després handbol...).</li> <li>* El memori està compost per 12 targetes (aliments: fruites i verdures) amb la seva parella corresponent.</li> </ul>	<i>Pareu atenció a com es fa tot el circuit, l’heu de fer bé!!</i>  <i>El següent de la fila no pot sortir fins que el company arribi al punt indicat!</i>  <i>Mai puc avançar, ni estar en la mateixa estació que el company del davant!</i>  <i>Si els dos cons no són la mateixa imatge els he de tornar a girar.</i>
5'	<b>Tornada a la calma</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ens asseurem a terra i parlarem de la sessió: <i>Us ha agradat? Us heu cansat molt? Era difícil d’entendre?</i></li> </ul>	

*Movernos nos da la vida,  
y la actividad física puede ayudarnos a disfrutar de ella.*