

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**PROGRAMA OFICIAL DE DOCTORADO EN
DESARROLLO PSICOLÓGICO, APRENDIZAJE Y
SALUD**

TESIS DOCTORAL

**Programa de intervención virtual para
mejorar los procesos cognitivos en
Educación Infantil**

AUTORA:

Raquel Fernández Abella

DIRECTOR:

Manuel Peralbo Uzquiano

A Coruña, 2018


Departamento de Psicología




El abajo firmante, Dr. D. Manuel Peralbo Uzquiano, catedrático de la Universidad de A Coruña, informo de que la tesis doctoral realizada por Dña. Raquel Fernández Abella, titulada *Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil* reúne todos los requisitos de rigor teórico y metodológico exigibles a un trabajo de esta naturaleza. Por ello considero que procede su tramitación para la lectura y defensa pública.
A Coruña, 31 de octubre de 2018

Manuel Peralbo Uzquiano

Facultade de Ciencias da Educación
Campus de Elviña s/n 15071 A Coruña
Tel.: 981 167 000 Ext.: 1873
manuel.peralbo@udc.es www.udc.es

Código Seguro De Verificación	YMzaOjiHgVwluV6TP46xYw==	Estado	Data e hora	
Asinado Por	Manuel Peralbo Uzquiano	Asinado	01/11/2018 12:56:50	
Observacións		Página	1/2	
Uri De Verificación	https://sede.udc.gal/services/validation/YMzaOjiHgVwluV6TP46xYw==			

Código Seguro De Verificación	YMzaOjiHgVwluV6TP46xYw==	Estado	Data e hora	
Asinado Por	Manuel Peralbo Uzquiano	Asinado	01/11/2018 12:56:50	
Observacións		Páxina	2/2	
Uri De Verificación	https://sede.udc.gal/services/validation/YMzaOjiHgVwluV6TP46xYw==			

A mis abuelos, a mis padres, a mi hermana y a mi novio Jesús:
sin vuestro apoyo y comprensión nunca hubiera podido llegar hasta aquí.

Agradecimientos

Parafraseando a Antonio Machado es complicado hacer el camino sin caminar y, aún más, sin apoyo y sin ayuda. Por lo que quiero aprovechar estas líneas para dar las gracias a todas aquellas personas que han contribuido a que este trabajo sea posible.

En primer lugar, merecen una especial mención mi director de tesis doctoral Manuel Peralbo, quien ha sabido conducirme en la realización de este proyecto, y Montserrat Durán que ha sido una pieza muy importante dentro del engranaje de esta investigación.

En segundo lugar, quiero agradecer la contribución del Centro Singular de Investigación en Tecnoloxías da Información (CITIUS) y del C.E.I.P. Ponte dos Brozos y a todas las personas que trabajaban en ambas instituciones, sin ellos nunca hubiera podido realizar este proyecto. Especialmente quiero dar las gracias a las maestras de Educación Infantil Cristina Bouzada, Cristina Nieto, Miriam Pardo y Rebeca Moledo, quienes han confiado en nosotros para poder realizar en su centro y con su alumnado esta investigación, a todas las familias que han dado su consentimiento y, sobre todo, a los niños y a las niñas de Educación Infantil que han participado día a día conmigo en el desarrollo de este trabajo.

En tercer lugar, quiero agradecer a los profesores y a las profesoras todos los conocimientos que me han facilitado asimilar, así como al resto de personal universitario. Ya fuera una duda sobre una asignatura, una consulta en la biblioteca o un papeleo en la secretaría del centro, siempre me han ayudado en la medida de lo posible y con una cara amable.

En cuarto lugar, quiero dar las gracias a los innumerables amigos y amigas y compañeros y compañeras que he conocido, los cuales me han facilitado este gran camino realizado.

Por último, quiero dar las gracias a mis abuelos, a mis padres, a mi hermana y a mi novio Jesús, quienes siempre han estado a mi lado, sobre todo en los momentos más difíciles.

¡Muchas gracias a todos y a todas!

Resumen

El objetivo principal de la investigación fue emplear un programa de interacción virtual persona-ordenador para desarrollar las Funciones Ejecutivas, memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva y control inhibitorio, con la finalidad de observar sus efectos sobre las Habilidades Matemáticas Básicas en alumnos y en alumnas del tercer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil.

La investigación se desarrolló empleando un diseño factorial de medidas repetidas con un factor inter-grupo (grupo control, grupo papel y lápiz y grupo tecnológico) y un factor intra-grupo (pre-test y post-test). El grupo papel y lápiz (n=30) recibió igual intervención educativa que el grupo tecnológico (n=30), pero sin recursos tecnológicos, por lo que actuó como control del efecto de la tecnología, y el grupo control (n=30) no recibió intervención educativa, actuando como control de la intervención educativa.

Antes y después del programa de intervención educativa se evaluaron las Funciones Ejecutivas del alumnado a través de dos tareas. Con la Tarea Corsi se evaluó la memoria de trabajo y con la Tarea Flanker se evaluó la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio. Además, se evaluaron las Habilidades Matemáticas Básicas del alumnado mediante el Test para el Diagnóstico de las Competencias Básicas en Matemáticas (TEDI-MATH). Tras la implementación del programa se emplearon los mismos instrumentos para valorar los efectos de la intervención educativa en las variables objeto de estudio.

Los resultados mostraron cambios en las variables investigadas a favor del grupo tecnológico y del grupo papel y lápiz. Finalmente, destacar que además del impacto que los resultados puedan tener en la mejora de los procesos cognitivos investigados y su influencia en las Habilidades Matemáticas Básicas, se considera fundamental apostar por tecnologías educativas innovadoras que demuestren su aportación real a la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje, ya que es garantía de que las nuevas generaciones tendrán un mejor acceso al conocimiento.

Palabras clave: Funciones Ejecutivas, Habilidades Matemáticas Básicas, TIC, Educación Infantil.

Resumo

O obxectivo principal da investigación foi empregar un programa de interacción virtual persoa-ordenador para desenvolver as Funcións Executivas, memoria de traballo, flexibilidade cognitiva e control inhibitorio, coa finalidade de observar os seus efectos sobre as Habilidades Matemáticas Básicas en alumnos e en alumnas do terceiro nivel do segundo ciclo de Educación Infantil.

A investigación desenvolveuse empregando un deseño factorial de medidas repetidas cun factor inter-grupo (grupo control, grupo papel e lapis e grupo tecnolóxico) e un factor intra-grupo (pre-test e post-test). O grupo papel e lapis (n=30) recibiu igual intervención educativa que o grupo tecnolóxico (n=30), pero sen recursos tecnolóxicos, polo que actuou como control do efecto da tecnoloxía, e o grupo control (n=30) non recibiu intervención educativa, actuando como control da intervención educativa.

Antes e despois do programa de intervención educativa avaliáronse as Funcións Executivas do alumnado a través de dúas tarefas. Coa Tarefa Corsi avalíase a memoria de traballo e coa Tarefa Flanker avalíase a flexibilidade cognitiva e o control inhibitorio. Ademais, avaliáronse as Habilidades Matemáticas Básicas do alumnado mediante o Test para o Diagnóstico das Competencias Básicas en Matemáticas (TEDI-MATH). Tras a implantación do programa empregáronse os mesmos instrumentos para valorar os efectos da intervención educativa nas variables obxecto de estudo.

Os resultados mostraron cambios nas variables investigadas a favor do grupo tecnolóxico e do grupo papel e lapis. Finalmente, destacar que ademais do impacto que os resultados poidan ter na mellora dos procesos cognitivos investigados e a súa influencia nas Habilidades Matemáticas Básicas, considérase fundamental apostar por tecnoloxías educativas innovadoras que demostren a súa achega real á mellora dos procesos de ensino-aprendizaxe, xa que é garantía de que as novas xeracións terán un mellor acceso ao coñecemento.

Palabras clave: Funcións Executivas, Habilidades Matemáticas Básicas, TIC, Educación Infantil.

Abstract

The main objective of the research was to use a program of virtual interaction person-computer to develop the Executive Functions, working memory, cognitive flexibility and inhibitory control, with the purpose of observing its effects on the Basic Mathematical Skills in students of the third level of the second cycle of Early Childhood Education.

The research was developed using a factorial design of repeated measurements with an inter-group factor (control group, paper and pencil group and technology group) and an intra-group factor (pre-test and post-test). The group paper and pencil (n=30) received the same educational intervention as the technology group (n=30), but without technological resources, so it acted as a control of the effect of the technology, and the control group (n=30) did not receive educational intervention, acting as control of the educational intervention.

Before and after the educational intervention program, Executive Functions of the students were evaluated through two tasks. With Corsi Task was used to evaluate the working memory and with Task Flanker was used to evaluate the cognitive flexibility and the inhibitory control. In addition, were used to evaluate Basic Mathematical Skills of the students through the Test for the Diagnosis of Basic Competencies in Mathematics (TEDI-MATH). After the implementation of the program, the same instruments were used to assess the effects of the educational intervention on the variables under study.

The results showed changes in the variables researched in favour of the technology group and the paper and pencil group. Finally, it should be noted that in addition to the impact that the results may have on the improvement of the cognitive processes researched and their influence on Basic Mathematical Skills, it is considered essential to bet on innovative educational technologies that demonstrate their real contribution to the improvement of the teaching-learning processes, as it is a guarantee that new generations will have better access to knowledge.

Keywords: Executive Functions, Basic Mathematical Skills, ICT, Early Childhood Education.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PRIMERA PARTE: MARCO TEÓRICO.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
CAPÍTULO I: FUNCIONES EJECUTIVAS.....	9
1. Visión histórica del origen del concepto de Funciones Ejecutivas.....	10
2. Aproximaciones psicológicas al concepto de Funciones Ejecutivas.....	16
2.1. Aproximación psicológica al concepto de Funciones Ejecutivas desde el Conductismo.....	17
2.2. Aproximación psicológica al concepto de Funciones Ejecutivas desde la Psicología Cognitiva.....	19
2.3. Aproximación psicológica al concepto de Funciones Ejecutivas desde la Neuropsicología.....	24
3. Acotación del término Funciones Ejecutivas.....	27
3.1. Definición de Funciones Ejecutivas.....	27
3.2. Componentes de las Funciones Ejecutivas.....	29
4. Teorías y modelos explicativos de las Funciones Ejecutivas.....	38
4.1. Modelos de constructo único.....	39
4.1.1. Modelo de Memoria de Trabajo de Baddeley y Hitch.....	39
4.1.2. Modelo de Memoria de Trabajo de Goldman-Rakic.....	40
4.2. Modelos de sistema simple.....	41
4.2.1. Teoría de la Información Contextual.....	41
4.2.2. Teoría del Acontecimiento Complejo Estructurado.....	42
4.3. Modelos de procesos múltiples.....	43
4.3.1. Modelo Jerárquico de Stuss y Benson.....	43
4.3.2. Sistema Atencional Supervisor de Norman y Shallice.....	44
4.3.3. Teoría Integradora del Córtex Prefrontal.....	45
4.3.4. Modelos factoriales y de control ejecutivo.....	46
4.3.5. Modelo del Marcador Somático de Damasio.....	47
4.4. Modelo Integrador de las Funciones Ejecutivas.....	48
5. Desarrollo de las Funciones Ejecutivas.....	49
6. Intervención en Funciones Ejecutivas en Educación Infantil.....	53

CAPÍTULO II: HABILIDADES MATEMÁTICAS BÁSICAS.....	62
1. Evolución y desarrollo de los planteamientos didácticos en la educación matemática.....	63
1.1. Conductismo.....	64
1.1.1. Aportaciones del Conductismo a la educación matemática.....	65
1.1.1.1. Teoría del Aprendizaje de Edward Thorndike.....	65
1.1.1.2. Aprendizaje Programado de Burrhus Skinner.....	66
1.1.1.3. Jerarquías de Aprendizaje de Robert Gagné.....	67
1.1.2. Ejemplos de actividades matemáticas.....	68
1.1.3. Limitaciones pedagógicas del Conductismo.....	70
1.2. Psicología Cognitiva.....	71
1.2.1. Aportaciones de la Psicología Cognitiva a la educación matemática.....	72
1.2.1.1. La Teoría del Procesamiento de la Información.....	72
1.2.2. Ejemplos de actividades matemáticas.....	73
1.2.3. Limitaciones pedagógicas de la Psicología Cognitiva.....	75
1.3. Constructivismo.....	76
1.3.1. Aportaciones del Constructivismo a la educación matemática.....	77
1.3.1.1. La Teoría Evolutiva de Jean Piaget.....	77
1.3.1.2. La Teoría del Aprendizaje Sociohistórico de Lev Vygotski.....	81
1.3.1.3. El currículo en espiral de Jerome Bruner.....	82
1.3.1.4. El aprendizaje por descubrimiento de Jerome Bruner.....	84
1.3.1.5. La Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel.....	86
1.3.2. Ejemplos de actividades matemáticas.....	88
1.3.3. Limitaciones pedagógicas del Constructivismo.....	90
2. Teorías específicas del aprendizaje de las matemáticas.....	91
3. Acotación del término Habilidades Matemáticas Básicas.....	97
3.1. Habilidades Matemáticas Básicas.....	98
3.1.1. Habilidades Matemáticas Básicas de memorización simple.....	98
3.1.2. Habilidades Matemáticas Básicas de elaboración y de utilización de procedimientos algorítmicos.....	99
3.1.3. Habilidades Matemáticas Básicas de elaboración y de utilización de conceptos y de propiedades.....	101
3.1.4. Habilidades Matemáticas Básicas de resolución de problemas.....	104
4. Desarrollo de las Habilidades Matemáticas Básicas en la infancia.....	106

CAPÍTULO III: LAS FUNCIONES EJECUTIVAS Y SU RELACIÓN CON LAS MATEMÁTICAS.....	110
1. Incidencia de la memoria de trabajo en las Habilidades Matemáticas Básicas.....	112
2. Incidencia de la flexibilidad cognitiva en las Habilidades Matemáticas Básicas.....	116
3. Incidencia del control inhibitorio en las Habilidades Matemáticas Básicas.....	118

CAPÍTULO IV: TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y DE LA COMUNICACIÓN Y SU INTEGRACIÓN EN LAS AULAS DE EDUCACIÓN INFANTIL.....	121
1. Visión histórica de la introducción de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en los centros educativos.....	122
2. Teorías de aprendizaje y Tecnologías de la Información y de la Comunicación.....	126
2.1. Conductismo.....	127
2.2. Psicología Cognitiva.....	128
2.3. Constructivismo.....	130
3. Definición de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación.....	132
4. Características de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación.....	133
5. Integración de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en los centros educativos.....	136
5.1. Formación del profesorado para la integración de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en los centros educativos.....	137
6. Condiciones para la integración de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en los centros educativos.....	140
7. Aspectos positivos y aspectos negativos de la integración de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en los centros educativos.....	141
7.1. Aspectos positivos.....	141
7.2. Aspectos negativos.....	142
8. Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la etapa de Educación Infantil.....	143

SEGUNDA PARTE: MARCO EMPÍRICO.....146

CAPÍTULO V: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....147

1. Objetivos de la investigación.....	148
2. Hipótesis de la investigación.....	149
3. Método.....	150
3.1. Diseño.....	150
3.2. Participantes.....	151
3.3. Instrumentos de medida.....	162
3.3.1. Tareas para evaluar las Funciones Ejecutivas.....	162
3.3.1.1. Tarea Corsi.....	162
3.3.1.2. Tarea Flanker.....	165
3.3.2. Test para evaluar las Habilidades Matemáticas Básicas.....	168
3.3.2.1. Test para el Diagnóstico de las Competencias Básicas en Matemáticas.....	168
3.4. Instrumentos de intervención.....	170
3.5. Procedimiento.....	171
3.5.1. Técnicas de análisis de datos.....	172

CAPÍTULO VI: PROGRAMA DE INTERVENCIÓN VIRTUAL PARA MEJORAR LOS PROCESOS COGNITIVOS EN LA ETAPA DE EDUCACIÓN INFANTIL.....173

1. Descripción del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.....	177
1.1. Acceso al “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.....	177
1.2. Juegos del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.....	178
1.2.1. Juegos de memoria de trabajo.....	180
1.2.2. Juegos de control inhibitorio.....	183
1.2.3. Juegos de flexibilidad cognitiva.....	186
2. Contenidos que se trabajarán en el “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil” además de las Funciones Ejecutivas y de las Habilidades Matemáticas Básicas.....	192

CAPÍTULO VII: DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS.....	193
1. Funciones Ejecutivas.....	194
1.1. Memoria de trabajo.....	194
1.2. Flexibilidad cognitiva y control inhibitorio.....	198
2. Habilidades Matemáticas Básicas.....	210
2.1. Prueba 1. Contar.....	210
2.2. Prueba 2. Numerar.....	214
2.3. Prueba 3. Comprensión del sistema numérico.....	218
2.3.1. Sistema numérico arábigo.....	218
2.3.2. Decisión numérica escrita.....	222
2.3.3. Comparación de números arábigos.....	226
2.3.4. Sistema numérico oral.....	230
2.3.5. Decisión numérica oral.....	234
2.4. Prueba 4. Operaciones lógicas.....	238
2.4.1. Operaciones lógicas.....	238
2.4.2. Series numéricas.....	242
2.4.3. Clasificación numérica.....	246
2.4.4. Conservación numérica.....	250
2.4.5. Inclusión numérica.....	254
2.5. Prueba 5. Operaciones.....	258
2.5.1. Operaciones con apoyo de imágenes.....	258
2.5.2. Operaciones con enunciado aritmético.....	262
2.5.3. Sumas simples.....	266
2.5.4. Operaciones con enunciado verbal.....	270
2.6. Prueba 6. Estimación del tamaño.....	274
3. Correlaciones entre las Funciones Ejecutivas y las Habilidades Matemáticas Básicas.....	275
3.1. Correlaciones entre la memoria de trabajo y las Habilidades Matemáticas Básicas.....	275
3.2. Correlaciones entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio y las Habilidades Matemáticas Básicas.....	280
CAPÍTULO VIII: DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES.....	295

BIBLIOGRAFÍA.....	313
--------------------------	------------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla V.1. Características de la muestra.....	152
Tabla V.2. ANOVA.....	153
Tabla V.3. Comparaciones múltiples.....	156
Tabla V.4. Valores estadísticos del Test para el Diagnóstico de las Competencias Básicas en Matemáticas (TEDI-MATH).....	169
Tabla VII.1. Análisis descriptivos de la variable amplitud de memoria.....	195
Tabla VII.2. Prueba de Levene de la variable amplitud de memoria.....	195
Tabla VII.3. Análisis multivariante de la variable amplitud de memoria.....	196
Tabla VII.4. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable amplitud de memoria.....	196
Tabla VII.5. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable amplitud de memoria.....	197
Tabla VII.6. Análisis descriptivos de la variable precisión global porcentual.....	199
Tabla VII.7. Prueba de Levene de la variable precisión global porcentual.....	199
Tabla VII.8. Análisis multivariante de la variable precisión global porcentual....	200
Tabla VII.9. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable precisión global porcentual.....	200
Tabla VII.10. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable precisión global porcentual.....	201
Tabla VII.11. Análisis descriptivos de la variable tiempos de reacción globales.....	203
Tabla VII.12. Prueba de Levene de la variable tiempos de reacción globales.....	203
Tabla VII.13. Análisis multivariante de la variable tiempos de reacción globales.....	204

Tabla VII.14. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable tiempos de reacción globales.....	204
Tabla VII.15. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable tiempos de reacción globales.....	205
Tabla VII.16. Análisis descriptivos de la variable puntuación de conflicto.....	207
Tabla VII.17. Prueba de Levene de la variable puntuación de conflicto.....	207
Tabla VII.18. Análisis multivariante de la variable puntuación de conflicto.....	208
Tabla VII.19. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable puntuación de conflicto.....	208
Tabla VII.20. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable puntuación de conflicto.....	209
Tabla VII.21. Análisis descriptivos de la variable contar.....	211
Tabla VII.22. Prueba de Levene de la variable contar.....	211
Tabla VII.23. Análisis multivariante de la variable contar.....	212
Tabla VII.24. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable contar.....	212
Tabla VII.25. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable contar.....	213
Tabla VII.26. Análisis descriptivos de la variable numerar.....	215
Tabla VII.27. Prueba de Levene de la variable numerar.....	215
Tabla VII.28. Análisis multivariante de la variable numerar.....	216
Tabla VII.29. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable numerar.....	216
Tabla VII.30. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable numerar.....	217
Tabla VII.31. Análisis descriptivos de la variable sistema numérico arábigo.....	219
Tabla VII.32. Prueba de Levene de la variable sistema numérico arábigo.....	219
Tabla VII.33. Análisis multivariante de la variable sistema numérico arábigo....	220

Tabla VII.34. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable sistema numérico arábigo.....	220
Tabla VII.35. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable sistema numérico arábigo.....	221
Tabla VII.36. Análisis descriptivos de la variable decisión numérica escrita.....	223
Tabla VII.37. Prueba de Levene de la variable decisión numérica escrita.....	223
Tabla VII.38. Análisis multivariante de la variable decisión numérica escrita.....	224
Tabla VII.39. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable decisión numérica escrita.....	224
Tabla VII.40. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable decisión numérica escrita.....	225
Tabla VII.41. Análisis descriptivos de la variable comparación de números arábigos.....	227
Tabla VII.42. Prueba de Levene de la variable comparación de números arábigos.....	227
Tabla VII.43. Análisis multivariante de la variable comparación de números arábigos.....	228
Tabla VII.44. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable comparación de números arábigos.....	228
Tabla VII.45. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable comparación de números arábigos.....	229
Tabla VII.46. Análisis descriptivos de la variable sistema numérico oral.....	231
Tabla VII.47. Prueba de Levene de la variable sistema numérico oral.....	231
Tabla VII.48. Análisis multivariante de la variable sistema numérico oral.....	232
Tabla VII.49. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable sistema numérico oral.....	232

Tabla VII.50. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable sistema numérico oral.....	233
Tabla VII.51. Análisis descriptivos de la variable decisión numérica oral.....	235
Tabla VII.52. Prueba de Levene de la variable decisión numérica oral.....	235
Tabla VII.53. Análisis multivariante de la variable decisión numérica oral.....	236
Tabla VII.54. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable decisión numérica oral.....	236
Tabla VII.55. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable decisión numérica oral.....	237
Tabla VII.56. Análisis descriptivos de la variable operaciones lógicas.....	239
Tabla VII.57. Prueba de Levene de la variable operaciones lógicas.....	239
Tabla VII.58. Análisis multivariante de la variable operaciones lógicas.....	240
Tabla VII.59. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable operaciones lógicas..	240
Tabla VII.60. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable operaciones lógicas.....	241
Tabla VII.61. Análisis descriptivos de la variable series numéricas.....	243
Tabla VII.62. Prueba de Levene de la variable series numéricas.....	243
Tabla VII.63. Análisis multivariante de la variable series numéricas.....	244
Tabla VII.64. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable series numéricas.....	244
Tabla VII.65. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable series numéricas..	245
Tabla VII.66. Análisis descriptivos de la variable clasificación numérica.....	247
Tabla VII.67. Prueba de Levene de la variable clasificación numérica.....	247
Tabla VII.68. Análisis multivariante de la variable clasificación numérica.....	248

Tabla VII.69. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable clasificación numérica.....	248
Tabla VII.70. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable clasificación numérica.....	249
Tabla VII.71. Análisis descriptivos de la variable conservación numérica.....	251
Tabla VII.72. Prueba de Levene de la variable conservación numérica.....	251
Tabla VII.73. Análisis multivariante de la variable conservación numérica.....	252
Tabla VII.74. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable conservación numérica.....	252
Tabla VII.75. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable conservación numérica.....	253
Tabla VII.76. Análisis descriptivos de la variable inclusión numérica.....	255
Tabla VII.77. Prueba de Levene de la variable inclusión numérica.....	255
Tabla VII.78. Análisis multivariante de la variable inclusión numérica.....	256
Tabla VII.79. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable inclusión numérica...	256
Tabla VII.80. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable inclusión numérica.....	257
Tabla VII.81. Análisis descriptivos de la variable operaciones con apoyo de imágenes.....	259
Tabla VII.82. Prueba de Levene de la variable operaciones con apoyo de imágenes.....	259
Tabla VII.83. Análisis multivariante de la variable operaciones con apoyo de imágenes.....	260
Tabla VII.84. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable operaciones con apoyo de imágenes.....	260

Tabla VII.85. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable operaciones con apoyo de imágenes.....	261
Tabla VII.86. Análisis descriptivos de la variable operaciones con enunciado aritmético.....	263
Tabla VII.87. Prueba de Levene de la variable operaciones con enunciado aritmético.....	263
Tabla VII.88. Análisis multivariante de la variable operaciones con enunciado aritmético.....	264
Tabla VII.89. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable operaciones con enunciado aritmético.....	264
Tabla VII.90. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable operaciones con enunciado aritmético.....	265
Tabla VII.91. Análisis descriptivos de la variable sumas simples.....	267
Tabla VII.92. Prueba de Levene de la variable sumas simples.....	267
Tabla VII.93. Análisis multivariante de la variable sumas simples.....	268
Tabla VII.94. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable sumas simples.....	268
Tabla VII.95. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable sumas simples....	269
Tabla VII.96. Análisis descriptivos de la variable operaciones con enunciado verbal.....	271
Tabla VII.97. Prueba de Levene de la variable operaciones con enunciado verbal.....	271
Tabla VII.98. Análisis multivariante de la variable operaciones con enunciado verbal.....	272
Tabla VII.99. Prueba de efectos inter-sujetos de la variable operaciones con enunciado verbal.....	272

Tabla VII.100. Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable operaciones con enunciado verbal.....	273
Tabla VII.101. Análisis descriptivos de la variable estimación del tamaño y de la variable comparación de modelos de puntos dispersos.....	274
Tabla VII.102. Análisis de correlación entre la memoria de trabajo (amplitud de memoria) y las HMB.....	276
Tabla VII.103. Análisis de correlación entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio (precisión global porcentual) y las HMB.....	281
Tabla VII. 104. Análisis de correlación entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio (tiempos de reacción globales) y las HMB.....	286
Tabla VII.105. Análisis de correlación entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio (puntuación de conflicto) y las HMB.....	291

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1. Modelo Integrador de las Funciones Ejecutivas de Tirapu-Ustárrroz et al. (2002) (Fuente: Tirapu-Ustárrroz et al., 2002).....	48
Figura II.1. Actividad para trabajar los números basada en el Conductismo.....	68
Figura II.2. Actividad para trabajar la cantidad basada en el Conductismo.....	68
Figura II.3. Actividad para trabajar las formas geométricas basada en el Conductismo.....	69
Figura II.4. Actividad para trabajar las medidas basada en el Conductismo.....	69
Figura II.5. Actividad para trabajar los números basada en el Método ABN.....	73
Figura II.6. Actividad para trabajar la cantidad basada en el Método Montessori.....	73
Figura II.7. Actividad para trabajar las formas geométricas basada en la Psicología Cognitiva.....	74
Figura II.8. Taller de cocina para trabajar las medidas basado en la Psicología Cognitiva.....	74
Figura II.9. Actividad para trabajar los números basada en el Constructivismo.....	88
Figura II.10. Actividad con el Escornabot para trabajar la cantidad basada en el Constructivismo.....	88
Figura II.11. Actividad para trabajar las formas geométricas basada en el Constructivismo.....	89
Figura II.12. Actividad para trabajar las medidas basada en el Constructivismo.....	89
Figura II.13. Bloques Aritméticos Multibase de Zoltán Dienes.....	92
Figura II.14. Bloques Lógicos de Zoltán Dienes.....	92
Figura V.1. Tarea Corsi: pantalla explicativa.....	162

Figura V.2. Tarea Corsi: presentación de la secuencia.....	163
Figura V.3. Tarea Corsi: realización de la secuencia.....	163
Figura V.4. Tarea Corsi: feedback positivo.....	164
Figura V.5. Tarea Corsi: resultado de la prueba.....	164
Figura V.6. Tarea Flanker: estímulo congruente I.....	165
Figura V.7. Tarea Flanker: estímulo congruente II.....	165
Figura V.8. Tarea Flanker: estímulo incongruente I.....	165
Figura V.9. Tarea Flanker: estímulo incongruente II.....	165
Figura V.10. Tarea Flanker: prueba de peces azules congruente.....	166
Figura V.11. Tarea Flanker: prueba de peces azules incongruente.....	166
Figura V.12. Tarea Flanker: prueba de peces rosas congruente.....	166
Figura V.13. Tarea Flanker: prueba de peces rosas incongruente.....	166
Figura VI.1. Pantalla de acceso del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.....	177
Figura VI.2. Pantalla de bienvenida al profesorado del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.....	177
Figura VI.3. Pantalla de menú principal del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.....	178
Figura VI.4. Pantalla de selección del juego del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.....	179
Figura VI.5. Pantalla de selección del jugador del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.....	179
Figura VI.6. Juego de memoria de trabajo del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.....	180

Figura VI.7. Juego de memoria de trabajo del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”	181
Figura VI.8. Juego de memoria de trabajo del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”	182
Figura VI.9. Juego de control inhibitorio del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”	183
Figura VI.10. Juego de control inhibitorio del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”	184
Figura VI.11. Juego de control inhibitorio del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”	185
Figura VI.12. Juego de flexibilidad cognitiva del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”	186
Figura VI.13. Juego de flexibilidad cognitiva del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”	187
Figura VI.14. Juego de flexibilidad cognitiva del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”	189
Figura VI.15. Juego de flexibilidad cognitiva del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”	189
Figura VI.16. Juego de flexibilidad cognitiva del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”	190
Figura VI.17. Juego de flexibilidad cognitiva del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”	190

PRIMERA PARTE:
MARCO TEÓRICO

Introducción

Las nuevas Tecnologías de la Información y de la Comunicación (en adelante TIC) constituyen un conjunto convergente de tecnologías derivadas de la microelectrónica, de la informática, de la telecomunicación y de la optoelectrónica, que están produciendo en la actualidad una revolución (Tejedor, 2003). Las TIC tienen una presencia en nuestra sociedad cada vez mayor y sustituyen a los antiguos medios como la televisión o la radio, promoviendo la necesidad de fomentar una alfabetización visual debido a la aparición del lenguaje digital (Coll y Monereo, 2008). Esta nueva sociedad se caracteriza por la capacidad de su ciudadanía para construir conocimiento conjuntamente gracias a poder seleccionar, elaborar y compartir todo tipo de información y de conocimiento de forma instantánea, desde cualquier lugar y en cualquier formato (Silva, Jiménez y Elías, 2012).

La funcionalidad de estas herramientas las convierte en un recurso práctico en muchos ámbitos como, por ejemplo, en la educación, ya que aproximan el conocimiento necesario para la adquisición de competencias muy diversas (Ríos y Cebrián, 2000). La posibilidad de acceder de forma rápida a diversas fuentes de información, capturar, transformar o comunicar datos e ideas en diversos formatos, convierte a las TIC en vehículos esenciales para transformar las aulas en espacios de exploración y de indagación, fomentando una actitud activa del estudiante en el desarrollo de aprendizajes significativos (Talanquer, 2009) y representando una ayuda pedagógica de primera magnitud para el desarrollo de competencias básicas, como las relacionadas con las matemáticas. La nueva sociedad de la información y del conocimiento requiere de una amplia habilidad para utilizar los dispositivos y los medios electrónicos. Esto implica desarrollar unas buenas habilidades en la lectura y en la escritura (García-Valcárcel y Domingo-González, 2011) pero, a su vez, la economía del conocimiento exige un aprendizaje más temprano y de mayor nivel que permita una mejor comprensión y contribución al progreso socioeconómico de un país. Por ello, la incorporación de las TIC en instituciones culturales y educativas se convierte en un recurso de importancia desde la perspectiva de la formación de ciudadanos competentes en una sociedad que exige, cada vez más, del aprendizaje a lo largo de la vida. De ahí la importancia de los proyectos que integran las TIC en los centros educativos como, por ejemplo, el Proyecto Abalar (<https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/es/espazo/proxecto-abalar/faq/que-es-el-proyecto-abalar>) que incorpora las TIC a la práctica educativa.

Esta situación de aprendizaje continuo se incrementa porque la tecnología evoluciona rápidamente. En los últimos años, con los nuevos dispositivos de captura de movimiento se están desarrollando nuevos paradigmas de interacción persona-ordenador. Esta interacción está teniendo cada vez mayor impacto en la sociedad, por lo que es interesante llevar esta tecnología al aula tanto para que el alumnado aprenda a través de recursos digitales, como para comprobar su potencialidad para desarrollar diferentes capacidades. En esta investigación se usan nuevas interfaces que mejoran la interacción persona-ordenador gracias al reconocimiento de gestos mediante la utilización de un dispositivo Kinect (<https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect>) en un entorno que permita el trabajo educativo sobre algunos procesos básicos en Educación Infantil. Este tipo de dispositivos se está comenzando a integrar en los centros educativos.

A pesar de que la integración en el aula de esta tecnología es reciente, Wainer e Ingersoll (2011) destacan el uso que puede ofrecer a la intervención, sobre todo la dirigida a los déficits básicos de comunicación social. Estos autores usan la tecnología para ofrecer una intervención centrada en el desarrollo de habilidades sociales y de comunicación en personas con trastorno del espectro autista.

Otros autores como Bölte, Golan, Goodwin y Zwaigenbaum (2010) señalan que los avances tecnológicos pueden permitir desarrollar estrategias más efectivas para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad y de sus familias. Entre ellas se encontrarían el uso de Internet, las comunidades online, la robótica, los dispositivos alternativos de comunicación, la instrucción guiada por ordenador, los metrónomos interactivos, el modelado a través del vídeo, la instrucción a través de video o de DVD, la realidad virtual, los dispositivos de comunicación mediante la voz, los sensores biológicos, la telecomunicación, el entrenamiento por ordenador (afectividad, cognición social, lenguaje) y el juego mediante ordenadores (Goodwin, 2008).

El entrenamiento a través de ordenador para el desarrollo de habilidades diversas, ha sido, quizás el más utilizado, pero la generalización de sus ganancias aún no ha sido bien confirmada. Como tampoco lo ha sido el modo en que otras variables, no relacionadas con los programas, pero si con los agentes sociales que intervienen en ellos, contribuyen a los buenos resultados obtenidos.

Así, en esta investigación partiendo de nuevas interfaces de interacción persona-ordenador se intentarán desarrollar las Funciones Ejecutivas (en adelante FE) con la finalidad de observar sus efectos sobre las Habilidades Matemáticas Básicas (en adelante HMB). Para ello, no se trabajarán las competencias o los procesos involucrados en estas destrezas, si no que servirán como contexto en el que se insertarán las actividades que desarrollan la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio.

Las FE se refieren a procesos cognitivos de alto nivel, autorregulatorios, que ayudan en la supervisión y en el control del pensamiento y de la acción. Estas habilidades incluyen, entre otras capacidades, la planificación, la flexibilidad atencional, el control inhibitorio, la corrección y la detección de errores y la resistencia a la interferencia (Carlson, 2005).

En la actualidad no hay un acuerdo sobre cómo definir las FE, pero la mayoría de los autores y de las autoras que investigan en este campo coinciden en que se refieren a procesos de control de arriba-abajo que están implicados en la regulación de la acción y, por ello, estos procesos son clave en la etapa de Educación Infantil. Para algunos investigadores las FE están constituidas por: inhibición, planificación, flexibilidad, memoria de trabajo y fluencia, mientras que otros sugieren tres funciones: una función temporalmente retrospectiva, una función temporalmente prospectiva dedicada a la anticipación y a la preparación de respuestas y un mecanismo de control de las interferencias que suprima las conductas incompatibles con la meta establecida. Aunque el modelo de mayor acuerdo quizá sea el de Miyake et al. (2000). Para ellos existen tres aspectos básicos en el funcionamiento ejecutivo: inhibición de las respuestas dominantes, actualización y supervisión de las representaciones en la memoria de trabajo y cambio entre tareas o conjuntos mentales. Será precisamente en el marco establecido por estos autores donde se sitúa la presente investigación, si bien no conviene olvidar que Hughes, Ensor, Wilson y Graham (2009), en un estudio longitudinal con niños entre cuatro y seis años de edad en el que emplearon tareas de control inhibitorio (*Day-Night Stroop*), tareas de planificación (Torre de Londres) y tareas de memoria de trabajo (*Beads*) encuentran que sus resultados se pueden explicar desde un factor único.

En los últimos años se han realizado una gran cantidad de investigaciones sobre la evaluación de las FE (Gathercole y Pickering, 2000a; 2000b). Dicha evaluación permite tener un amplio conocimiento sobre las mismas, por lo que se puede afirmar que las FE se empiezan a desarrollar en los primeros años de vida (Diamond, 1990; Romine y Reynolds, 2005) hasta la edad adulta (Huizinga, Dolan, y Van der Molen, 2006). El proceso de construcción es unitario con componentes parcialmente dissociables (Garon, Bryson y Smith, 2008) y parece mostrar una fuerte asociación con factores familiares relacionados con el nivel socioeconómico (Hughes y Ensor, 2005; Mezzacappa, 2004) como con características cognitivas como la capacidad lingüística y la comprensión de falsas creencias (Hughes, 1998). Estas capacidades parecen predecir el rendimiento escolar (Blair y Peters, 2003) y el éxito en lengua y en matemáticas (Blair y Peters, 2007) y pueden ser mejoradas con programas de intervención (Diamond, Barnett, Thomas y Munro, 2007).

En relación con las FE y el desarrollo de las HMB, cabe destacar que una competencia matemática se vincula con el ser capaz de hacer, relacionado con cómo, cuándo y por qué utilizar determinado conocimiento como una herramienta (Cardoso y Cerecedo, 2008). Las dimensiones que abarca el ser matemáticamente competente son: comprensión conceptual de las nociones, de las propiedades y de las relaciones matemáticas; desarrollo de destrezas procedimentales; pensamiento estratégico: formular, representar y resolver problemas; habilidades de comunicación y de argumentación matemática y actitudes positivas hacia las situaciones matemáticas y a sus propias capacidades matemáticas (Chamorro, 2005). Para Nunes y Bryant (2005) solamente quién reconozca las reglas lógicas puede entender y realizar adecuadamente incluso las tareas matemáticas más elementales.

De las diversas nociones y habilidades matemáticas que se han de adquirir en Educación Infantil y en los primeros años de Educación Primaria, destacan las relacionadas con comprender el concepto de número (principio cardinal), con la capacidad de seriar (seriación simple, seriación múltiple e inferencia transitiva) y con la capacidad de clasificar (clasificación simple, clasificación múltiple e inclusión de clases). Por su importancia como precursora de habilidades y de operaciones posteriores consideraremos el desarrollo del concepto de número, las seriaciones y las clasificaciones como ejes de actuación en este proyecto.

Existen numerosas investigaciones que relacionan las FE y las HMB (Brock, Rimm-Kaufman, Nathanson y Grimm, 2009; Bull, Espy y Wiebe, 2008; Bull y Scerif, 2001; Clark, Pritchard y Woodward, 2010; Clark, Sheffield, Wiebe, y Espy, 2013; Espy et al., 2004; Fuhs, Nesbitt, Farran y Dong, 2014; Geary, Hoard, Byrd-Craven, Nugent y Numtee, 2007; Li y Geary, 2013; Mahone et al., 2002; Mcauley, Chen, Goos, Schachar y Crosbie, 2010; Monette, Bigras y Guay, 2011; Rosas, Espinoza, Garolera y San-Martín, 2017; Stock, Desoete y Roeyers, 2007; Swanson y Jerman, 2006; Thorell y Nyberg, 2008; Thorell, Veleiro, Siu y Mohammadi, 2013; Toll, Van der Ven, Kroesbergen y Van Luit, 2011; Van der Ven, Kroesbergen, Boom y Leseman, 2012). Entre estas investigaciones destacan la de Bull et al. (2008) y la de Geary et al. (2007).

Bull et al. (2008) hallaron que el desempeño en tareas de memoria a corto plazo y las FE está asociado a un mejor rendimiento inicial del alumnado en lectura y en matemáticas. Dicha superioridad en el rendimiento, se sostenía a lo largo de los años en Educación Primaria. Por otro lado, el rendimiento del alumnado en las tareas de memoria visoespacial, durante Educación Infantil, sería un buen predictor de la capacidad matemática de los mismos durante la Educación Primaria. En particular, la memoria de trabajo y la memoria visoespacial operaban como predictores del desempeño matemático infantil en todos los períodos en los cuales fueron evaluados. El resto de las FE actuaban como indicadores de la capacidad de aprendizaje general, no asociadas a un rendimiento específico.

Por su parte Geary et al. (2007) realizaron un estudio en el cual evaluaron la relación entre el rendimiento de niños y de niñas en pruebas matemáticas y su desempeño en tareas de memoria de trabajo y de velocidad de procesamiento. Hallaron que los niños y que las niñas con un rendimiento normal en matemáticas eran más rápidos y tenían mayor precisión a la hora de responder a tareas que presentaban demandas de identificación de conjuntos numéricos, recuperación y retención de información numérica, estimación lineal y capacidad de conteo. Asimismo, la capacidad de reconocimiento de conjuntos numéricos se hallaba relacionada con el desempeño de los mismos en tareas de memoria de trabajo visoespacial. Los niños con dificultades procesaban dicha información de modo más lento, requiriendo mayor esfuerzo en la determinación del tamaño de los conjuntos.

Desde otra perspectiva, Blair y Peters (2007) realizaron un estudio longitudinal sobre la relación existente entre algunas FE como, el control de la atención y el control inhibitorio, y el rendimiento en tareas de lengua y de matemáticas. Los niños y las niñas fueron evaluados dos veces. La primera vez, entre los tres y los cinco años de edad y, la segunda vez, entre los cinco y los seis años de edad. Se evaluaron capacidades de *effortful control* (factor temperamental asociado al autocontrol), comprensión de creencias falsas, control inhibitorio, cambio de atención e inteligencia. Los resultados de la primera medición en control inhibitorio se hallaban vinculados al desempeño en las tareas matemáticas durante ese periodo y en la segunda medición las puntuaciones en control inhibitorio, cambio de atención, inteligencia y comprensión de falsas creencias se hallaban vinculadas a la capacidad matemática de los infantes. Tales resultados indicarían que la influencia de las FE sobre el desempeño académico, dependería del período evolutivo y de la competencia académica.

Por tanto, se trata de considerar, como lo más importante, que el alumnado realice una manipulación de los objetos matemáticos, desarrolle su creatividad, reflexione sobre su propio proceso de pensamiento a fin de mejorarlo, adquiera confianza en sí mismo, se divierta con su propia actividad mental, haga transferencias a otros problemas de la ciencia y de su vida cotidiana y, por último, prepararlo para los nuevos retos de la tecnología (Guzmán, 2007).

Finalmente destacar que además del impacto que los resultados tienen en la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje y sobre la prevención de sus dificultades, se considera que investigaciones como las citadas y la presente investigación tendrán un efecto socioeconómico positivo principalmente por tres razones. La primera razón es que sitúa a nuestro país a la vanguardia del uso de tecnologías culturales innovadoras con alto valor añadido. La segunda razón es que la implantación en la escuela y en las instituciones culturales de estas tecnologías implica un despliegue productivo en la ingeniería y en las empresas de base tecnológica. La tercera y última razón es que la apuesta por tecnologías educativas innovadoras, que demuestren su aportación real a la mejora de procesos de aprendizaje, es garantía de que las nuevas generaciones tendrán un más fácil y un más productivo acceso al conocimiento y a la sociedad.

Capítulo I:

Funciones Ejecutivas

1. Visión histórica del origen del concepto de Funciones Ejecutivas.

El origen del concepto de FE, tal y como se entiende en la actualidad, es relativamente reciente en el área de la Psicología. No obstante, en la bibliografía existen infinidad de conceptos anteriores al de FE que querían explicar los procesos de control y de regulación mental del comportamiento humano. Las diferencias entre el actual concepto de FE y los conceptos primigenios no solo radican en la terminología empleada para acotar el objeto de estudio, sino también en la naturaleza de los problemas planteados y, por tanto, en los métodos propuestos para solucionar dichos problemas.

Profundizando en el origen del estudio de las FE podemos encontrar como predecesora a la doctrina filosófica del determinismo, ya que su finalidad era profundizar en el problema de la determinación de la conducta de las personas. Por tanto, esta idea es una de las corrientes precursoras que abre el camino a la investigación psicológica en el campo de las FE. Así, cabe destacar el trabajo de autores como, por ejemplo, Theodor Lipps, Kart Groos, Wilhelm Wundt o William McDougall quienes pretendieron romper con las corrientes imperantes de la época que explicaban la conducta humana simplemente en términos fisiológicos y no profundizando en aspectos de tipo psicológico. Para estos autores sí existen procesos reactivos automáticos, pero la conducta humana es demasiado compleja como para ser explicada únicamente teniendo en cuenta solo aspectos fisiológicos, además de ser poco adaptativa al entorno, pues hay respuestas conductuales que deben ser fruto de que el sujeto haya tomado decisiones voluntarias, lo que implica que ha de existir una actividad mental consciente.

Llegados a este punto en el que el concepto de FE empieza a ser emergente los diferentes autores que han estudiado sobre el tema han hecho aportaciones desde dos caminos diferentes, ya que hay autores que han investigado desde la óptica de consolidar la idea de actividad mental deliberada como una variable de estudio científico y autores que se han limitado a profundizar en el concepto de voluntad. En el primer camino de investigación están autores como Theodor Lipps, Kart Groos, William Stern, John Dewey, Édouard Claparède e Iván Pávlov y en el segundo camino de investigación están autores como Wilhelm Wundt, William McDougall, William James, Lev Vygotski y Piotr Galperin.

Profundizando en los autores que han investigado desde la óptica de consolidar la idea de actividad mental deliberada como una variable de estudio científico comenzamos con Theodor Lipps. Este autor diferenció las conductas humanas inconscientes y conscientes que las personas realizan a lo largo del día. Theodor Lipps coincide con los autores contemporáneos en que las conductas conscientes se producen cuándo las condiciones de una situación no permiten que la actividad automática de una persona logre alcanzar su meta, siendo necesaria una actividad mental deliberada, dirigida por metas, para lograrla (Baumeister y Vohs, 2004).

Kart Groos, por su parte, recoge las situaciones en las que se producen acciones conscientes. La primera situación es cuando se interrumpe una acción inconsciente porque para su logro se necesita hacer una modificación, entrando a funcionar una acción consciente. La segunda son las situaciones de aprendizaje, donde entra en juego la consciencia que va disminuyendo a medida que se interioriza dicha acción.

En esta línea se encuentran las aportaciones de William Stern quien defiende que la acción consciente surge cuando las personas se enfrentan a situaciones que no pueden responder exitosamente con las conductas inconscientes, por lo que se ven obligados a realizar conductas conscientes para resolver exitosamente las nuevas situaciones planteadas (Arievitch y Van der Veer, 2004).

Por su lado Claparède (1932) y Dewey (1975) conciben la consciencia como la capacidad de adaptar el comportamiento a las diferentes situaciones para adaptarse al entorno. Estableciendo una relación entre la acción consciente y la adaptación al entorno.

También son interesantes las aportaciones de Pavlov (1958) quien propone por primera vez una explicación fisiológica al fenómeno de la regulación mental. Lo hizo a través del reflejo de orientación, el cual se produce por la presencia de un nuevo estímulo que activa ciertas áreas corticales dirigiendo la atención de un organismo hacia un estímulo concreto. Según Iván Pávlov el reflejo de orientación desaparece cuando el estímulo ha sido analizado por el organismo al que se le ha presentado, dando lugar a otros reflejos característicos del comportamiento de dicho organismo.

Profundizando en los autores que se han centrado en investigar el concepto de voluntad hay que explicar que la voluntad se entiende desde tres perspectivas diferentes.

En primer lugar, la voluntad se entiende como una fuerza fundamental, como un conjunto de razones que activan al organismo a actuar (Cofer y Appley, 1981; Doron y Parot, 2005; Foulquié, 1973). En esta perspectiva destacan autores como Wilhelm Wundt.

En segundo lugar, la voluntad se entiende como algo relacionado con lo intelectual, dónde la razón interviene sobre las diversas acciones humanas (Dorsch, 2002; Hothersall, 2005). En esta perspectiva destacan autores como William McDougall.

En tercer lugar, la voluntad se entiende como la ejecución de una acción que brota de una intención. En esta perspectiva destacan autores como William James, Lev Vygotski y Piotr Galperin. William James plantea en su Teoría Ideomotriz que el ser humano aprende todas las posibilidades de acción a través de la experiencia (James, 1901). Así, una vez que se produce cualquier acción inconsciente está queda almacenada en nuestra memoria y podrá ser utilizada posteriormente de un modo consciente (James, 1963). De este modo, según William James, los seres humanos se adaptan a los cambios ambientales del entorno. Lev Vygotski, en la misma línea que William James, entiende la voluntad como un acto intencionado en el que los sujetos toman decisiones y son conscientes de los motivos que sustentan su elección (Vygotski, 1987). Según Vygotski (1995) el dominio de la conducta es posible gracias a tres factores que son la formulación de la intención, la creación del mecanismo conectivo en el que se decide el comportamiento que se va a realizar y se genera su mecanismo funcional correspondiente y, finalmente, la ejecución del mecanismo ejecutivo. Piotr Galperin estableció las funciones principales de lo que él denominó actividad orientadora. La actividad orientadora es el proceso cognitivo que orienta la atención de un organismo hacia el análisis de nuevos estímulos presentes en su entorno (Galperin, 1979). Piotr Galperin defiende que las actividades conscientes necesitan de la actividad orientadora, ya que les permiten a los sujetos analizar y conocer el entorno que les rodea y de este modo poder elegir más acertadamente las conductas que les garanticen la supervivencia.

Hecha esta breve revisión de los antecedentes del concepto de FE se ha llegado al surgimiento del propio concepto de FE de la mano del médico y del neuropsicólogo Alexander Luria.

Se considera que Alexander Luria es el antecesor directo del concepto de FE porque fue el primer investigador que realizó hipótesis sobre el concepto de FE, aunque no acuñó el término (García, Tirapu, Luna, Ibáñez y Duque, 2010; García, Tirapu y Roig, 2007). Alexander Luria conceptualizó las FE como una serie de habilidades relacionadas con las capacidades de iniciativa, de formulación de planes y de metas de acción, de autocontrol de la conducta y de motivación (Luria, 1966). Así, se puede decir que Alexander Luria introdujo la noción de una actividad cognitiva que regula el comportamiento de los seres humanos y que, además, no solo permite que los sujetos autorregulen su comportamiento, sino que les permite actuar en función de una meta o de un objetivo establecido.

Alexander Luria llegó a realizar hipótesis sobre el concepto de FE gracias a sus numerosas investigaciones con pacientes con lesiones cerebrales, relacionando las dificultades en el rendimiento ejecutivo con las lesiones en el lóbulo frontal, concretamente en el córtex prefrontal (Luria, 1969).

Gracias a sus investigaciones con personas con daño en el lóbulo frontal dedujo que algunas de las principales funciones del cerebro como la programación, la regulación, el control y la verificación de la actividad dependen del lóbulo frontal y las personas que lo tengan dañado presentarán, en función de la zona afectada, daños en las capacidades de iniciativa, de formulación de planes y de metas de acción, de autocontrol de la conducta y de motivación (Luria, 1969).

Como resultado de sus investigaciones sobre el cerebro Alexander Luria propuso tres unidades funcionales diferentes. La primera unidad está situada en el sistema límbico y se encarga de la alerta y de la motivación. La segunda unidad está situada en las áreas corticales postrolándicas y se encarga de la recepción, del procesamiento y del almacenamiento de la información. Finalmente, la tercera unidad está situada en la corteza prefrontal y se encarga de la programación, del control y de la verificación de las actividades que realizamos (Luria, 1980). Según Alexander Luria la tercera unidad situada en la corteza prefrontal es la más importante para el funcionamiento ejecutivo.

El trabajo de Alexander Luria fue interpretado desde dos vertientes. Para algunos investigadores el interés radicaba en estudiar las bases neuropsicológicas, mientras que otros se decantaron por centrarse en un enfoque comportamental.

Los investigadores que se centraron en estudiar las bases neuropsicológicas llegaron a la conclusión de que el lóbulo frontal tiene un papel clave en el funcionamiento ejecutivo cerebral, ya que las personas con lesiones en esta región del cerebro presentan problemas relacionados con la planificación, con la organización, con el autocontrol y con la atención (Goldberg, 2002).

Profundizando en estas investigaciones los neuropsicólogos descubrieron que cada zona del lóbulo frontal está asociada con distintas habilidades cognitivas (Barkley, 1997; Bechara, Damasio y Damasio, 2000; Fuster, 2000; Goldberg, 2002; Lopera, 2008; Mesulam, 2002; Stuss y Levine, 2002). La corteza dorsolateral está relacionada con la memoria de trabajo, con la flexibilidad mental, con la planificación de estrategias, con la anticipación, con la secuenciación, con el inicio de tareas, con el establecimiento de metas y con la monitorización de las acciones. La corteza orbitofrontal está asociada con la regulación de la conducta, con la toma de decisiones, con la formación de expectativas y con la estimación de recompensas y de castigos. La corteza frontomedial está relacionada con la regulación atencional, con la solución de problemas y con la inhibición.

Posteriormente se descubrió que en la regulación y en el control participan otras áreas cerebrales como las estructuras corticales y subcorticales (Fuster, 1989; Levin, Eisenberg y Benton, 1991; Miller y Cummings, 1998; Percecman, 1987; Pribram y Luria, 1973; Roberts, Robbins y Weiskrantz, 1998; Stuss y Benson, 1986), pero es el lóbulo frontal el que tiene el papel clave en el desarrollo social y de la personalidad y en la autoconciencia y en la inconsciencia (Goldberg, 2002; Stuss y Alexander, 2000). Así, investigaciones recientes con neuroimagen muestran la implicación de otras estructuras corticales y subcorticales y del sistema límbico y del tálamo (Barbas, 2006; Damasio y Anderson, 1993; Miller y Cohen, 2001) en las FE. Estos estudios clarificaron la idea de que las FE y el síndrome prefrontal no son sinónimos porque las FE son un conjunto de habilidades cognitivas y el síndrome prefrontal un conjunto de síntomas derivados de una lesión en el lóbulo frontal (Ardila y Ostrosky-Solís, 2008).

Por otro lado, están los investigadores que se decantaron por centrarse en un enfoque comportamental. En esta línea de investigación destaca Muriel Lezak quien en el año 1983 amplía el concepto de Alexander Luria sobre la actividad cognitiva y acuña el término de FE. Para esta autora la FE explica las capacidades que tienen los seres humanos de actuar de un modo independiente, con una meta fija y realizando conductas adecuadas y autosuficientes para llegar a dicha meta (Lezak, 1982). Por lo tanto, las personas tienen que realizar una acción planificada de manera propositiva, manteniendo el control volitivo y afectivo. Para Lezak (1995) la FE no está constituida por un único componente, sino que depende de múltiples componentes que trabajan de modo simultáneo permitiendo al sujeto desarrollar una conducta personal y social adecuada al entorno. Más tarde, Baddeley (1986) agrupó las FE en planificación, en organización de conductas, en inhibición, en flexibilidad cognitiva, en fluidez verbal y en iniciación.

En la línea de Muriel Lezak se encuentra Joaquín Fuster neuropsicólogo que popularizó el concepto de FE gracias a sus investigaciones sobre los síndromes prefrontales y su relación con las FE. Para Fuster (2002) la corteza prefrontal es la estructura cerebral clave que explica el funcionamiento de las FE, ya que es un sistema de integración que recibe y que envía información a todos los sistemas sensoriales y motores del organismo encargándose de la organización temporal de las acciones dirigidas al entorno, ya sean respuestas cognitivas o conductuales.

También merecen una mención otros autores como Stuss y Benson (1986) quienes propusieron que el lóbulo frontal regula la conducta de manera jerárquica mediante los procesos de activación, de modulación, de secuenciación y de inhibición. Posteriormente estos autores descubrieron que cuando los seres humanos realizan tareas complejas, las demandas harán necesaria la presencia de múltiples procesos cognitivos de diferentes regiones del lóbulo frontal, por lo que los procesos de las FE no se encuentran en una única región del lóbulo frontal como se verificó en investigaciones posteriores de Zelazo y Müller (2002).

Para acabar con este apartado es necesario destacar que el inicio del concepto de FE está muy relacionado con la investigación en el campo de las lesiones cerebrales, pero desde hace años las investigaciones en el campo de las FE han ampliado su campo de estudio y actualmente viven un momento muy fructífero.

2. Aproximaciones psicológicas al concepto de Funciones Ejecutivas.

En el presente apartado se realizará una aproximación psicológica al concepto de FE. En la actualidad se puede hacer desde tres enfoques psicológicos diferentes que son el Conductismo, la Psicología Cognitiva y la Neuropsicología. Estos enfoques coinciden con los cimientos que dieron lugar al concepto de FE, principalmente los enfoques que aceptaron como un nuevo nicho de investigación todo lo relacionado con la categoría de lo psíquico en los seres humanos y, concretamente, lo vinculado con la esfera de las conductas voluntarias o involuntarias de las personas. La aceptación de este campo de investigación por parte de la comunidad científica dió lugar a un nuevo camino de investigación en el que se buscaba comprender los procesos cognitivos que regulaban el comportamiento humano, que es el campo de estudio de las FE.

Las aportaciones del Conductismo, de la Psicología Cognitiva y de la Neuropsicología se diferencian unas de otras en las doctrinas teóricas que sustentan cada modelo, en el tratamiento que le otorgan a las FE y en volumen de investigación que han dedicado al campo de las FE. Para el Conductismo las FE son un término equivalente a su campo de investigación, que según Watson (1913) y Skinner (1938) es el estudio experimental objetivo y natural de la conducta de los seres humanos, motivo por el que su contribución a la comprensión de las FE se limita a los conceptos que han desarrollado al respecto. Para la Psicología Cognitiva las FE son un campo de investigación, ya que su campo de investigación según Bruner (1960a) y Piaget (2015) es el estudio de la cognición, es decir, de los procesos mentales implicados en el conocimiento, razón por la cual su contribución a la comprensión de las FE es amplia como se explicará cuándo se profundice en este enfoque. Finalmente, la Neuropsicología ha hecho multitud de investigaciones en relación con las FE, siendo por ello, uno de los enfoques que mayores aportaciones ha realizado al desarrollo del concepto de las FE.

En el resto de subepígrafes se profundizará en cómo cada uno de estos enfoques, Conductismo, Psicología Cognitiva y Neuropsicología, han contribuido al actual concepto de FE como procesos autorregulatorios de nivel superior, ya sea de forma indirecta como lo ha hecho el Conductismo o de forma directa como es el caso de la Psicología Cognitiva y de la Neuropsicología.

2.1. Aproximación psicológica al concepto de Funciones Ejecutivas desde el Conductismo.

El Conductismo es una corriente de la Psicología que postula el estudio de la conducta humana, observable, a través de procedimientos estrictamente experimentales, negando la posibilidad de utilizar procedimientos subjetivos. Esta rama de la Psicología entiende la conducta como la relación entre el organismo y su entorno a nivel físico, biológico y social. Así, el Conductismo tiene como objetivo de sus investigaciones explicar la conducta humana mediante una serie de leyes del comportamiento en términos de estímulo-respuesta (Baldwin y Baldwin, 2001; Benjamin, Hopkins y Nation, 1987) que permitan controlar la conducta mediante las modificaciones del entorno físico, biológico y social (Staddon, 2001).

Realizando una revisión histórica de la investigación desde el Conductismo es necesario destacar que las primeras investigaciones se realizaron entre el dualismo entre la psique y el cuerpo. Debido a este dualismo los conductistas se dividieron en dos ramas de estudio. Por un lado, los investigadores del Conductismo Metafísico consideran que la conducta es lo único que puede analizarse de forma objetiva, ya que la mente no es observable ni analizable, y por ello explican la conducta humana eliminando cualquier referencia a los procesos cognitivos (Skinner, 1938) y, por otro lado, los investigadores del Conductismo Metodológico que abogan por resolver la problemática del dualismo entre la psique y el cuerpo al establecer el cerebro como una referencia corporal de la conducta, indicando que este órgano biológico es el responsable de la acción (Ribes, 1982).

Debido a los avances de la Psicología Cognitiva y de la Psicología de la Gestalt en el campo de la importancia de los procesos cognitivos en la explicación de la conducta humana el Conductismo tuvo que adaptarse a los nuevos hallazgos y los planteamientos conductistas sufrieron una renovación. De este modo el Conductismo ha pasado de explicar la conducta humana no sólo en términos de conducta observable y externa, sino que se ha visto obligado a incluir una parte interna centrada en los procesos cognitivos, especialmente, en el pensamiento y en el afecto. Pero el Conductismo no ha perdido su esencia, ya que tanto los fenómenos externos como los fenómenos internos se explican reduciéndolos a meras reacciones fisiológicas (Staddon, 2001).

La evolución del Conductismo desde sus inicios hasta la transformación que se acaba de explicar trae consigo que el Conductismo se ha atomizado dando lugar a una gran cantidad de variantes teóricas, cada una de las cuales intenta explicar desde su propia óptica lo que entiende por procesos cognitivos. Así, podemos diferenciar varias vertientes. Para los más radicales los procesos cognitivos son el equivalente de una conducta encubierta. Para las posturas intermedias, que se aproximan a la Psicología Cognitiva, los procesos cognitivos son un mecanismo interno que regula la interacción entre ambiente y comportamiento. Para las posturas más abiertas, que se aproximan a la Neuropsicología los procesos cognitivos son un instrumento interno que media entre el individuo y el entorno (Pérez-Acosta, Guerrero y López, 2002).

A pesar de la evolución del Conductismo, gracias a las aportaciones de otras ramas de la Psicología a su campo de estudio, se podría afirmar que para los defensores de este enfoque los procesos cognitivos se siguen concibiendo como variables privadas del sujeto, por lo que su explicación se tiene que realizar a través de las conductas fisiológicas.

Esta postura de los conductistas es fundamental para entender la aportación de este enfoque al campo de investigación de las FE. En el Conductismo contemporáneo las FE no son una rama específica de investigación. Para los conductistas contemporáneos el objetivo de sus investigaciones, en relación con el objeto de estudio del presente trabajo, es analizar los componentes de una actividad, componentes como, por ejemplo, la planificación, la selección o la supervisión de las estrategias conductuales que llevan al sujeto a desarrollar con éxito una actividad novedosa y que el sujeto lo hace a través de la regulación verbal. En definitiva, los conductistas contemporáneos defienden que lo relevante de las FE es la capacidad de las personas para aplicar y para seguir instrucciones verbales que se oponen a otros comportamientos tanto verbales como no verbales (Hayes, Gifford y Ruckstuhl, 1996).

En definitiva, las FE investigadas desde el enfoque del Conductismo serían entendidas como manifestaciones verbales, no procesos cognitivos, que albergan grupos de normas para mediar entre la conducta abierta de los seres humanos y el ambiente de este con el objetivo de alcanzar algún beneficio o recompensa.

2.2. Aproximación psicológica al concepto de Funciones Ejecutivas desde la Psicología Cognitiva.

En un principio el objetivo de explicación de la conducta humana se centró en explicar los procesos cognitivos que suceden entre la presentación de un estímulo y la respuesta dada por el sujeto. En la actualidad, cuando la comunidad científica reconoce y acepta la existencia de procesos cognitivos, la investigación de los procesos cognitivos enfoca su estudio a través de la integración de los resultados obtenidos por parte de las ciencias cognitivas. En concreto, la Psicología Cognitiva tiene como uno de sus objetivos de estudio identificar las estructuras y los procesos cognitivos subyacentes que les permiten a los seres humanos representar información en la mente y a partir de estos resultados explicar cómo las personas perciben, aprenden, recuerdan y piensan (Lister y Weingartner, 1991; Sternberg, 1996). La Psicología Cognitiva a diferencia del Conductismo parte de que los seres humanos interactúan activamente con el entorno, mientras que el Conductismo aboga por que las personas se limitan a responder a los estímulos del entorno (Rivière, 1998).

En la Psicología Cognitiva se diferencian dos enfoques que son el enfoque del procesamiento de la información y el enfoque conexionista. El primer enfoque hace una metáfora entre el funcionamiento de un ordenador y el funcionamiento del cerebro. Con esta analogía pretende explicar cómo la mente procesa la información para a partir de estos procesos psíquicos generar las conductas humanas. El enfoque del procesamiento de la información defiende que los procesos cognitivos se realizan a través de módulos jerárquicamente organizados, que trabajan con la información de forma secuencial. El segundo enfoque explica los procesos cognitivos a partir de conocimientos matemáticos y neuronales (Churchland, 1989). El enfoque conexionista defiende que la función del sistema nervioso es la base que subyace a los procesos cognitivos. La diferencia entre el enfoque del procesamiento de la información y el enfoque conexionista es que el segundo no entiende los procesos cognitivos como el resultado de una relación jerárquica entre neuronas, sino que, entiende que los procesos cognitivos son el resultado del trabajo conjunto y simultáneo de múltiples células nerviosas que trabajan excitándose o inhibiéndose realizando varios procesos en paralelo. Así, este enfoque aboga porque los procesos cognitivos trabajan como una unidad y no en diferentes partes (Best, 2001).

La Psicología Cognitiva se centra en estudiar y en proponer modelos mentales que expliquen el funcionamiento de los procesos cognitivos, pero lo hacen sin referirse a la naturaleza de las experiencias conscientes o inconscientes del ser humano, es decir, la Psicología Cognitiva explica cómo se piensa, cómo se aprende, cómo se recuerda, cómo se percibe, cómo se motiva y cómo se siente, pero sin definir si estos procesos cognitivos parten de actividades inconscientes o conscientes por parte del sujeto que las realiza (Barsalou, 1992).

La Psicología Cognitiva investiga sobre las FE desde dos perspectivas diferentes que se analizan seguidamente.

Desde la primera perspectiva las FE son concebidas como procesos cognitivos que sirven de puente entre los procesos cognitivos de orden inferior y los procesos cognitivos de orden superior. Algunos referentes de esta primera perspectiva son el Modelo de Bransford y Stein (1987), el Modelo de Stuss (1992), el Modelo de Butterfield, Hacker y Alberston (1996) y el Modelo de Friedman y Schonick (1997). Todos estos modelos incluyen diversos procesos cognitivos como FE, resaltando las funciones reguladoras y supervisoras de la FE sobre los procesos cognitivos. Por su importancia para la presente investigación se deben de tener en cuenta el Modelo de Stuss (1992) y el Modelo de Butterfield et al. (1996). El Modelo de Stuss (1992) rediseña el Modelo de Stuss y Benson (1986). En este modelo se proponen tres niveles interactivos de procesamiento de la información, los cuales están organizados jerárquicamente. El nivel superior se compone de la autoconsciencia y de la autorreflexión y permite que el sujeto sea consciente de su propia conducta (Stuss, 1992; Stuss y Alexander, 2000). El nivel medio se compone del componente ejecutivo y permite las capacidades de selección, de elaboración y de supervisión ante situaciones novedosas. El nivel inferior se compone del procesamiento cognitivo rutinario y permite la captación sensorial y perceptual del entorno. En la misma línea de trabajo está el Modelo de Butterfield et al. (1996). En el Modelo de Butterfield et al. (1996) la cognición de los seres humanos está compuesta por dos niveles que son el nivel cognitivo constituido por conocimientos y estrategias y el nivel metacognitivo constituido por modelos de funcionamiento del primer nivel. En este sentido juegan un papel clave las FE que son el puente de conexión entre el nivel cognitivo y el nivel metacognitivo, para que el primer nivel siempre esté en concordancia con el segundo nivel.

Desde la segunda perspectiva las FE son estudiadas como sinónimo de metacognición, es decir, procesos cognitivos de orden superior, ya que las FE hacen referencia a capacidades como, por ejemplo, la autorregulación, la planificación o la supervisión (Blair, 2002; Borkowski y Burke, 1996; Fernández-Duque, Baird y Posner, 2000; Hothersall, 2005; Torgesen, 1994).

Entendiendo las FE como sinónimo de metacognición hay dos posturas que explican el comportamiento de las FE.

Desde la primera postura se entiende que la metacognición es un constructo de los procesos cognitivos racionales. Para esta perspectiva el desarrollo de las FE depende de tres etapas. En la primera etapa los infantes aún no conocen estrategias de aprendizaje, las cuales aprenderán gracias a la educación. En la segunda etapa el niño aprende más estrategias de aprendizaje y, también aprende, el modo de utilizarlas, es decir, el cuándo y el cómo emplearlas. En la tercera etapa los niños y las niñas escogen cual es la mejor estrategia de aprendizaje para cada situación, por lo que empiezan a poner en juego la capacidad de supervisión. Es en esta última etapa en la que los niños refinan su uso de las estrategias de aprendizaje y cuándo empiezan a valorar su capacidad al respecto, por lo que aparecen las primeras manifestaciones relacionadas con la sensación, o no, de autoeficacia.

Desde la segunda postura se entiende que en la metacognición el componente determinante es la afectividad. Esta postura tiene su apoyo empírico en la Teoría de la Mente (Baron-Cohen, Leslie y Frith, 1985; Premack y Woodruff, 1978) y en la Teoría del Control y de la Complejidad Cognitiva. Para la Teoría de la Mente los seres humanos tienen la capacidad de conocer la existencia de su mente y de otras mentes. Las personas pueden razonar sobre los pensamientos, sobre los sentimientos, sobre las emociones, sobre las intenciones y sobre los deseos no solo propios, sino también ajenos (Rivière, 1998). Desde esta teoría se entiende que las FE son habilidades de autorregulación (Carlson, Mandell y Williams, 2004; Hughes, 1998). Para la Teoría del Control y de la Complejidad Cognitiva el aprendizaje de las estrategias de aprendizaje se produce gradualmente y depende de reglas (Zelazo, Müller, Frye y Marcovitch, 2003) y del habla interna (Akhutina, 2003; Berk, 1992; Carlson, 2003). Desde esta teoría las FE son comportamientos intencionales, dirigidos por reglas, para lograr objetivos establecidos.

En relación con la Psicología Cognitiva también hay que tener en cuenta, además de las visiones presentadas, otros modelos cognitivos que hacen referencia de forma más o menos directa al concepto de FE. Entre los modelos cognitivos más destacados hay que considerar el Modelo de Memoria de Trabajo de Baddeley y Hitch (1974), el Sistema Atencional de Donald Norman y Tim Shallice y las Redes Atencionales de Michael Posner. Ninguno de estos modelos da una explicación explícita del concepto de FE, pero hay que explicarlos porque se sustentan sobre el constructo de un ejecutivo central.

El Modelo de Memoria de Trabajo de Baddeley y Hitch (1974) entiende la memoria como un sistema de almacenamiento de información con capacidad limitada en el cual se mantiene y se utiliza la información mientras se resuelve una tarea (Baddeley, 1986). El Modelo de la Memoria de Trabajo de Alan Baddeley está compuesto por un sistema central consciente polimodal y dos sistemas periféricos unimodales, bucle fonológico y agenda visoespacial, que están bajo la supervisión del sistema central. Este modelo es importante para el estudio de las FE porque atribuye propiedades ejecutivas al sistema central, relacionando el funcionamiento del sistema central con lo que actualmente se entiende como FE.

El Sistema Atencional de Donald Norman y Tim Shallice está compuesto por un sistema de supervisión atencional cuya función es dirigir y controlar las decisiones que toman los sujetos cuando resuelven tareas. El sistema de supervisión atencional consta de dos niveles de control. Un nivel ejecutivo que se encarga de planificar, de regular y de verificar las respuestas ante situaciones novedosas y un nivel rutinario que ejecuta acciones habituales (Shallice, 1981). Al igual que el modelo anterior este modelo es clave para el estudio de las FE porque presenta un nivel ejecutivo que funciona con capacidades que en la actualidad se entienden como FE.

Las Redes Atencionales de Michael Posner proponen que el control del sistema de procesamiento se debe al trabajo conjunto de tres sistemas atencionales que son el control ejecutivo, el sistema de alerta y el sistema de orientación. Este modelo otorga al sistema atencional de control ejecutivo la capacidad de atención que está asociada a las FE (Posner y Dehaene, 1994; Rueda et al., 2004; Rueda, Posner y Rothbart, 2004).

Como se ha comprobado a lo largo de este epígrafe la Psicología Cognitiva incluye las FE dentro de su área de estudio al intentar explicar los procesos de control y de supervisión realizados por el sistema cognitivo para que los sujetos realicen satisfactoriamente las tareas. Por ello se ha de concluir este subapartado recogiendo las principales aportaciones de la Psicología Cognitiva al campo de investigación de las FE.

La primera aportación es una aproximación conceptual. Desde la óptica de la Psicología Cognitiva las FE pueden ser entendidas como acciones que se llevan a cabo para lograr una meta, principalmente de tipo cognitivo, que se emplean generalmente en situaciones complejas y poco habituales y que implican una serie de tareas dirigidas hacia la consecución de un objetivo futuro (Anderson, 2001; Barkley, 2001; Borkowski y Burke, 1996; Brocki y Bohlin, 2004).

La segunda aportación es la investigación desde dos perspectivas diferentes. Para algunos autores las FE son acciones que permiten coordinar las actividades a nivel cognitivo y a nivel metacognitivo y para otros las FE son análogas a la metacognición, ya que permiten regular todos los aspectos relacionados con la cognición como, por ejemplo, conocimientos, estrategias o acciones (Graham y Harris, 1996).

La tercera aportación es la diferenciación entre FE y diferentes componentes de la misma como, por ejemplo, la memoria de trabajo o la atención. La diferencia radica en que la FE no sólo responde a un estímulo determinado, como ocurre con las capacidades de memoria de trabajo o de atención, sino que responde para proporcionar una respuesta a largo plazo. Por lo tanto, la FE es la relación comportamiento-comportamiento, mientras que los otros procesos cognitivos como, la memoria de trabajo o la atención, se centran en la relación ambiente-comportamiento (Eslinger, 1996).

La cuarta aportación es que entienden las FE como las capacidades que permiten a los sujetos establecer metas futuras, para lo que es necesario disponer de diferentes habilidades de autorregulación que les permitan identificar las consecuencias futuras de las acciones que realizan o que quieren realizar en el presente. Funcionan, por lo tanto, para mantener el plan de acción previamente fijado por los sujetos y así alcanzar las metas deseadas (Barkley, 1996).

2.3. Aproximación psicológica al concepto de Funciones Ejecutivas desde la Neuropsicología.

La Neuropsicología surge en un contexto en el que se llevaron a cabo grandes investigaciones en el campo de la Neurología y a que la comunidad científica aceptó como campo de estudio los procesos cognitivos. Hay que destacar el trabajo de autores como Carl Wernicke, David Ferrier, Hugo Liepmann o Paul Broca quienes realizaron investigaciones que llevaron al descubrimiento de relaciones entre zonas del cerebro y capacidades humanas, lo que permitió la creación de mapas funcionales de la corteza cerebral. Surge así la Neuropsicología que estudia la relación entre cerebro y mente, al considerar que el cerebro es el soporte físico de la mente (Boller y Grafman, 1989; Kolb y Whishaw, 2000).

La Neuropsicología presenta dos vertientes geográficas una americana y otra soviética. Ambas vertientes estudian las expresiones conductuales de las personas con lesiones cerebrales, pero la vertiente americana lo hace utilizando test estandarizados, mientras que la vertiente soviética se centra en el análisis de la ejecución de la tarea, más que en el resultado final obtenido (Akhutina, 2003; Jomskaia, 1979; Zaporozhets y Lisina, 1986). La influencia de una vertiente sobre otra ha sido limitada. No obstante, la vertiente americana reconoce los logros de Alexander Luria y de Lev Vygotski, pero desconoce algunos de los importantes avances realizados por la desintegrada Unión Soviética. Igualmente, la vertiente soviética, actualmente denominada Neuropsicología Rusa, se limita a recoger los hallazgos de la vertiente americana que coinciden con su propio enfoque de estudio.

La Neuropsicología presenta dos tendencias ideológicas. La primera proviene de la Psicología Cognitiva y se basa en que el cerebro procesa información y la segunda proviene de las Neurociencias y mantiene que los procesos cognitivos dependen de áreas cerebrales. Esta última tendencia investiga las bases biológicas de la consciencia y los procesos cognitivos poniendo el acento en las anomalías y en las lesiones neurológicas (Rourke, Fisk y Strang, 1986; Tramontana y Hooper, 1988). Así, en la actualidad los avances en la Neuropsicología se deben a los datos obtenidos en investigaciones con pacientes con lesiones cerebrales, a los avances en las Neurociencias y a los estudios neurofisiológicos y/o de neuroimagen en sujetos normales (Denes y Pizzamiglio, 1999; Kandel, Schwartz y Jessell, 1998).

La Neuropsicología se relaciona, en un principio, con el estudio de las FE porque a las diferentes zonas frontales de la corteza cerebral se le asignan distintas tareas cognitivas, es decir, las FE se relacionan con procesos cognitivos de control mental que son realizados por las zonas frontales de la corteza cerebral, por lo que las FE son entendidas como procesos cognitivos de orden superior que se caracterizan por un procesamiento de la información arriba-abajo que generan acciones autorreguladas y autodirigidas por metas para solucionar problemas (Anderson, 2001; Anderson y Doyle, 2004; Denckla, 1994; Isquith, Gioia y Espy, 2004; Lektorskii, 2004; Miller, 2005; Nigg, Quamma, Greenberg y Kusche, 1999; Pennington y Ozonoff, 1996).

La Neuropsicología defiende que el sistema ejecutivo central está constituido por un conjunto de subsistemas que controlan las acciones que realizan los seres humanos. Por lo tanto, el sistema ejecutivo central es la integración de diferentes elementos en una unidad que trabaja como un todo. Así, para algunos neuropsicólogos cada sistema cognitivo tiene su propio sistema de control. Lo que significa que no existe un único sistema ejecutivo central, sino que cada sistema cognitivo tiene el suyo propio. Otros neuropsicólogos, por el contrario, como Brown (2006) defienden que las FE son un conjunto de habilidades realizadas por un sistema ejecutivo central fraccionado que no actúa como una unidad, sino que cada uno de sus subsistemas ejecutivos centrales se encarga de dirigir, de verificar y de supervisar la realización de un proceso cognitivo concreto. La variedad de capacidades relacionadas con la corteza frontal sostiene la posibilidad de que ambas posturas sean posibles (Parkin, 1999).

Desde esta perspectiva las FE tienen un marcado componentes intencional para producir el procesamiento interno y el comportamiento ejecutivo. Lo que permite mantener la motivación para poder resolver satisfactoriamente las tareas y anticipar de forma precisa y flexible el resultado del comportamiento para seleccionar las reglas y las estrategias más adecuadas a emplear para tomar una decisión, para ejecutar cualquier tarea o para resolver un problema (Mangels, 1997; Riva et al., 2005; Vilkki, 1995). Esto se produce gracias, principalmente, a la internalización del habla que permite planificar, dirigir y autorregular las conductas futuras (Eslinger, 2002; Korkman, 2001; Korkman, Kemp y Kirk, 2001).

Para acabar con este epígrafe hay que añadir una nueva línea de pensamiento que es la aportada por el psicólogo norteamericano Russell Barkley. Barkley (2001) propone que la Neuropsicología es una rama de la Psicología perfecta para explicar las FE, ya que para este autor la Neuropsicología está constituida por la Psicología y por la Biología. Así, las FE son estudiadas primero desde la óptica de la Psicología como un proceso cognitivo que puede explicarse a través de diferentes modelos mentales y desde la óptica de la Biología como un proceso evolutivo que permite a los seres humanos tener una mejor adaptación a su entorno (Dawkins, 1979; Leontiev, 2006; Slobodchikov, 1992; 2004; Slobodchikov y Zuckerman, 1992; Tupper, 1999; Vygotski, 1987; Wertsch, 1981; Zinchenko, 2004). Desde la óptica de la Biología Russell Barkley hace una interesante aportación al concepto de FE al complementar la definición de FE otorgándoles un marcado carácter evolutivo. Para este autor las FE aparecen en los seres humanos como procesos cognitivos que permiten adquirir y asimilar, por ejemplo, los estilos cognitivos, las relaciones sociales o las respuestas emocionales para actuar de acuerdo con ellas. El papel de las FE es, por tanto, el de permitir autorregular las acciones para actuar conforme a ellas y el de aprender las pautas sociales, por lo que las FE presentan una marcada función social.

En definitiva, para la Neuropsicología, las FE hacen referencia a mecanismos de control que se realizan sobre conductas motoras e introspectivas sobre las que actúan procesos cognitivos específicos como, por ejemplo, el lenguaje, la memoria o la atención, mediante la realización de un procesamiento arriba-abajo a través del cual se integran los procesos cognitivos. En este sentido, la Neuropsicología retoma muchas de las ideas de la Psicología Cognitiva, que ya se han explicado anteriormente, poniendo de manifiesto las dos visiones que desarrollan el concepto de FE. La primera visión entiende que las FE son todos los procesos cognitivos que participan en las acciones dirigidas a metas o a objetivos que utilizan los seres humanos para resolver satisfactoriamente situaciones novedosas, situaciones ambiguas o situaciones problemáticas (Hughes, 2002). La segunda visión está en la línea de utilizar las FE como sinónimo de metacognición, es decir, entiende las FE como un conjunto de capacidades que permiten a los sujetos saber cómo y cuándo aplicar las estrategias cognitivas aprendidas para alcanzar las metas o los objetivos inicialmente propuestos (Espy, 2004).

3. Acotación del término Funciones Ejecutivas.

3.1. Definición de Funciones Ejecutivas.

En primer lugar, es necesario comenzar este epígrafe destacando que no es sencillo definir un concepto como el de FE. En la actualidad no existe consenso entre los diferentes autores que investigan en este campo. Esta falta de consenso se debe a que las FE son un constructo complejo y a que los procesos cognitivos que han sido englobados bajo el paraguas del concepto de FE ha sido muy amplio y muy poco acotado (Estes y Bartsch, 1997; García et al., 2010).

En la literatura se han utilizado múltiples analogías para explicar el concepto de FE. Para Goldberg (2002) y para Lopera (2008) la analogía más precisa es la de la orquesta. Con esta analogía estos autores comparan las FE con una orquesta, dónde el lóbulo frontal es el director de la orquesta, el encargado de recopilar la información de las diferentes estructuras del cerebro para poder organizarlas y que estas realicen sus funciones de una forma conjunta. Por su parte León-Carrión (1995) utiliza otro tipo de analogía en la que compara las FE con un ejecutivo porque las FE son las que anticipan y las que establecen los objetivos y las estrategias a seguir para lograr los objetivos, con un manager porque las FE son las encargadas de seleccionar cuales son las mejores estrategias para resolver los problemas y con un distribuidor porque las FE son las que reparten las diferentes tareas entre las distintas estructuras del cerebro.

Además de las analogías en la literatura también hay autores que consideran que para explicar el concepto de FE lo más adecuado es tener en cuenta los procesos cognitivos implicados en la solución de problemas. Así, Zelazo y Müller (2002) definen las FE como una estructura jerárquica que permite la solución de problemas. En la misma línea Junqué (1994) explica que para resolver una tarea los seres humanos tienen que comenzar comprendiendo la tarea y los objetivos que persiguen, para posteriormente accionar todos los procesos cognitivos como, por ejemplo, la planificación, la autorregulación o la atención, que permitan resolver la tarea. Por su parte Goldberg (2002), en la misma línea que los autores anteriores, indica que lo más importante para resolver un problema es planificar un plan de actuación que se deberá seguir, teniendo en cuenta otras variables que pueden afectar como, por ejemplo, la motivación.

De la explicación de la FE como analogía o como proceso para resolver problemas se deduce que las FE no son constructos únicos. En sus inicios las FE fueron conceptualizadas como un constructo único (Anderson, 2002; Salthouse, 2005), pero, en la actualidad, las FE son conceptualizadas como un constructo múltiple (Anderson, 2002; Fernández-Duque et al., 2000; Isquith, Crawford, Espy y Gioia, 2005; Lezak, 1995; Lopera, 2008; Pennington y Ozonoff, 1996; Reiss y Bootzin, 1985; Stuss y Alexander, 2000; Trujillo y Pineda, 2008; Verdejo-García y Bechara, 2010; Welsh, Pennington y Groisser, 1991).

Seguidamente se presentan algunas definiciones de FE. Por su parte Elliot (2003) las define como el constructo que comprende unas habilidades centrales autorreguladoras, que orquestan procesos básicos o de dominio específico con el fin de lograr un objetivo flexiblemente. Para Banich (2004) las FE son aquellas habilidades que coordinan la organización del comportamiento, reflexionando y analizando el éxito de las estrategias que se utilizan para resolver problemas. Por su parte García-Molina, Enseñat-Cantallops, Tirapu-Ustárroz y Roig-Rovira (2009) definen las FE como aquellos procesos cognitivos que se pondrían en marcha a la hora de controlar y de regular comportamientos dirigidos a una meta. Para Lezak (2004), para Gilbert y Burgess (2008) y para Verdejo-García y Bechara (2010) las FE se podrían definir como las habilidades implicadas en el inicio, en la supervisión, en la regulación, en la puesta en marcha y en el reajuste de comportamientos para lograr objetivos complejos, sobre todo los que requieren de una intervención novedosa y creativa. Las definiciones presentan diferencias, no obstante, Martos-Pérez y Paula-Pérez (2011) consideran que, aunque existen diferencias todas tienen en común un componente de organización de la acción.

En definitiva, las FE se caracterizan por ser conscientes, por ser metacognitivas y por ser autorregulatorias, ya que permiten responder al presente, pero teniendo en cuenta el futuro y, por tanto, las FE se pueden definir como un conjunto de habilidades cognitivas conscientes, intencionales y voluntarias que se ponen en funcionamiento a través de diferentes capacidades como, por ejemplo, la regulación, la anticipación, la supervisión, la generación, la ejecución o el reajuste de conductas ante situaciones novedosas, complejas o problemáticas que requieren de la formulación y de la planificación de metas que permitan solucionar las tareas y lograr los objetivos previamente establecidos de un modo eficaz.

3.2. Componentes de las Funciones Ejecutivas.

Al igual que ocurre con el concepto de FE los autores tampoco se ponen de acuerdo en cuáles son los componentes integrantes de las FE. La gran diversidad de componentes se debe, principalmente, a que las FE son objeto de estudio de diferentes áreas de conocimiento como, por ejemplo, la Medicina, la Psicología o la Educación. Por ello, a continuación, se citarán cronológicamente las aportaciones de diferentes autores a la explicación de cuáles son los componentes de las FE, con la finalidad de extraer los componentes comunes de las investigaciones.

Para Luria (1985a; 1985b; 1995) los componentes integrantes de las FE son la atención voluntaria, la orientación hacia la meta, la internalización del lenguaje, la programación, la regulación, la verificación y la retroalimentación.

Según Baddeley (1986) las FE se pueden agrupar en diferentes dominios cognitivos que incluyen la planificación, la organización de conductas, la inhibición, la flexibilidad cognitiva, la fluidez verbal y la iniciación.

Por su parte Welsh y Pennington (1988) defienden que los componentes integrantes de las FE son la inhibición, el plan estratégico y la representación mental de tareas.

Para Fuster (1990) los componentes integrantes de las FE son la memoria de trabajo, el control inhibitorio y la anticipación.

Según Stuss (1992) los componentes integrantes de las FE son la anticipación, la selección de metas, la planificación, la evaluación, la supervisión del comportamiento, la atención, la selección y la persistencia.

Por su parte Torgesen (1994) defiende que los componentes integrantes de las FE son la memoria de trabajo, las habilidades de procesamiento metacognitivo, las estrategias de resolución de problemas, las estrategias de autorregulación y el esfuerzo.

Para Denckla (1994; 1996) los componentes integrantes de las FE son la inhibición, el aplazamiento de la respuesta, la planificación, el control de interferencias, la memoria de trabajo, la representación interna de esquemas, la representación interna de planes de acción y las estrategias activas y flexibles.

Según Lezak (1995) los componentes integrantes de las FE son la planificación, el comportamiento dirigido por objetivos, la volición y el desempeño efectivo que se compone de la autorregulación, de la supervisión y de la corrección de errores.

Por su parte Borkowski y Burke (1996) defienden que los componentes integrantes de las FE son el análisis de tareas, el control estratégico que incluye la selección y la revisión y, finalmente, la supervisión de la estrategia.

Para Barkley (1996; 1997) los componentes integrantes de las FE son la separación del afecto, la prolongación de la presencia de los estímulos y de su efecto para generar una representación, la internalización del lenguaje y, finalmente, el análisis y la síntesis.

Según Akhutina (1997) los componentes integrantes de las FE son la motivación emocional, la selección de metas, la planificación, el control, la supervisión y la evaluación.

Por su parte Del Río y Álvarez (1997) defienden que los componentes integrantes de las FE son la emoción, la activación, la exploración, la concentración, la decisión, la intención, la autorregulación, la planificación y la revisión.

Para Temple (1997a; 1997b) los componentes integrantes de las FE son la planificación, la organización espacio-temporal del comportamiento, la empatía, la consciencia social, la toma de decisiones, la selección de metas, la supervisión y la autoconsciencia.

Según Hughes (1998) los componentes integrantes de las FE son la flexibilidad atencional, el control inhibitorio y la planificación.

Por su parte Fernández-Duque et al. (2000) defienden que los componentes integrantes de las FE son la resolución conflictos, la detección y la corrección de errores, el control emocional, la regulación de la memoria y la planificación.

Para Anderson (2001) los componentes integrantes de las FE son la planificación, la solución de problemas, la flexibilidad mental, la abstracción y la formación de conceptos.

Según Anderson, Anderson, Northam, Jacobs y Catroppa (2001) los componentes integrantes de las FE son el control atencional, la flexibilidad cognitiva, la memoria de trabajo, el cambio atencional, la supervisión, la transferencia conceptual y la predisposición hacia metas.

Por su parte Barkley (2001) defiende que los componentes integrantes de las FE son la memoria de trabajo no verbal, la memoria de trabajo verbal, la autorregulación del afecto de la motivación y de la actuación y la reconstitución.

Para Klenberg, Korkman y LahtiNuutila (2001) los componentes integrantes de las FE son la inhibición de impulsos y de respuestas irrelevantes, la planificación, la selección de metas, la supervisión y la regulación de la actividad y la evaluación de resultados.

Según Eslinger (2002) los componentes integrantes de las FE son la memoria de trabajo, la anticipación, la predicción, la supervisión, la detección, la corrección de errores, el control de la autorregulación, la retroalimentación y la estrategia metacognitiva.

Por su parte Zelazo y Müller (2002) hablan de componentes fríos o cognitivos y de componentes cálidos relacionados con procesos afectivos y motivacionales. Ambos componentes, en situaciones normales, funcionan de manera coordinada.

Para Gioia, Isquith, Kenworthy y Barton (2003) las FE presentan diferentes tipos de habilidades como, por ejemplo, las habilidades de iniciativa, de control inhibitorio, de planificación, de organización, de flexibilidad, de memoria de trabajo o de monitoreo.

Según Soprano (2003) los componentes integrantes de las FE son la planificación, la organización, la anticipación, la inhibición, la flexibilidad, la autorregulación y el control de la conducta.

Por su parte Zelazo et al. (2003) especifican que los componentes integrantes de las FE son la flexibilidad cognitiva, la inhibición y, finalmente, la memoria de trabajo.

Para Anderson y Doyle (2004) los componentes integrantes de las FE son la anticipación, la selección de metas, la planificación, la iniciación, la autorregulación, la flexibilidad mental, el despliegue atencional, la memoria de trabajo y la retroalimentación.

Según Biederman et al. (2004) los diferentes componentes integrantes de las FE son, principalmente, la atención, el razonamiento, la planificación, el control inhibitorio, el control de inferencias, la memoria de trabajo y, finalmente, el cambio conjunto de las habilidades que los seres humanos emplean para resolver problemas.

Por su parte Brocki y Bohlin (2004) defienden que los componentes integrantes de las FE son la inhibición, la planificación, el desarrollo de estrategias, la persistencia y la flexibilidad de acción.

Para Brookshire, Levin, Song y Zhang (2004) los componentes integrantes de las FE son el mantenimiento del conjunto de habilidades para la solución de problemas, la organización del comportamiento en el tiempo, la planificación, la supervisión y la autorregulación, el ajuste de acuerdo a normas sociales, el uso eficaz de estrategias y, finalmente, el uso de recompensas y de castigos para facilitar el aprendizaje.

Según Capilla et al. (2004) los componentes integrantes de las FE son la flexibilidad cognitiva, la elección de objetivos, la planificación, la supervisión, la retroalimentación, la resolución de problemas, la formulación de conceptos abstractos, el autocontrol y la autoconsciencia.

Por su parte Carlson et al. (2004) especifican que los componentes integrantes de las FE son el control atencional, las respuestas motoras, la resistencia a la interferencia, la demora en la obtención de gratificación, la memoria de trabajo y, finalmente, la inhibición.

Para Espy et al. (2004) los componentes que integran las FE son solo tres componentes y son la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio.

Según Gioia e Isquith (2004) los componentes integrantes de las FE son las funciones temporales retrospectivas de la memoria de trabajo y su habilidad para mantener en la mente información antigua mientras se procesa información nueva, la función prospectiva de los procesos de anticipación y el control de interferencias constituido por la inhibición de información y de acciones.

Por su parte Isquith et al. (2004) indican que los componentes integrantes de las FE son, principalmente, la memoria de trabajo, la planificación, la organización, el control inhibitorio, el control emocional y, finalmente, la flexibilidad.

Para Muñoz-Céspedes y Tirapu-Ustárroz (2004) las FE constan de tres grupos de capacidades. Por un lado, capacidades de planificación y de estrategias para lograr una meta, por otro lado, capacidades para llevar a cabo el plan de actuación y, finalmente, la evaluación de lo realizado y la realización de nuevos planes de acción.

Según Rennie, Bull y Diamond (2004) los componentes integrantes de las FE son la inhibición de la acción y la inhibición de la atención.

Por su parte Senn, Espy y Kaufmann (2004) especifican que los componentes integrantes de las FE son la memoria de trabajo, la inhibición y la flexibilidad.

Para Miller (2005) los componentes integrantes de las FE son la autorregulación que se compone de la inhibición, de la flexibilidad y del control emocional y la metacognición que se compone de la memoria de trabajo, de la solución de problemas y de la monitorización.

Según Brown (2006) los componentes integrantes de las FE son, entre otros, la activación, la focalización, el esfuerzo, la emoción, la memoria y, finalmente, la acción.

Por su parte García et al. (2007) defienden que las FE son las habilidades que permiten formular metas y planificar estrategias que permitan el logro de las metas formuladas.

Para Ardila y Ostrosky-Solís (2008) existen FE metacognitivas constituidas por habilidades como, por ejemplo, la memoria de trabajo o la solución de problemas y FE emocionales constituidas por habilidades como, por ejemplo, la motivación.

Según Flores, Ostrosky y Lozano (2008) los componentes integrantes de las FE son múltiples e incluyen, entre otros, la anticipación, la selección de metas, la iniciativa, la autorregulación, la atención o el mantenimiento de la información online.

Por su parte Rosselli et al. (2008) especifican que las FE presentan diferentes tipos de habilidades como la habilidad de iniciativa, la habilidad de control inhibitorio, la habilidad de planificación, la habilidad de organización, la habilidad de flexibilidad, la habilidad de memoria de trabajo y la habilidad de monitoreo.

Para Verdejo-García y Bechara (2010) las FE son las responsables de la regulación del comportamiento tanto manifiesto, como de la regulación de los pensamientos, de las memorias y de los afectos. Por lo que todas las habilidades que estén relacionadas con estos comportamientos, tanto manifiestos como psíquicos, serían componentes de las FE.

Según Rodríguez, López, García y Rubio (2011) los principales componentes de las FE son la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva, la fluidez verbal, la inhibición o la planificación.

Por su parte Ardila y Ostrosky-Solís (2012) especifican que las FE están constituidas por diferentes capacidades básicas como son la atención, la memoria de trabajo que incluye la memoria de trabajo verbal y la memoria de trabajo visoespacial y, finalmente, las habilidades motoras.

Para Márquez, Salguero, Paño y Alameda (2013) existen tres aspectos básicos que componen las diferentes FE que poseen los seres humanos. Estas son la inhibición de las respuestas dominantes, la actualización y la supervisión de las representaciones en la memoria de trabajo y el cambio entre tareas o conjuntos mentales.

La revisión bibliográfica que se acaba de presentar sobre los componentes que integran las FE muestra que hay puntos de convergencia y puntos de divergencia entre los diferentes autores y autoras.

Como puntos de convergencia entre los diferentes componentes de las FE se pueden deducir, principalmente, tres.

En primer lugar, en la mayoría de las investigaciones se indica que los componentes de las FE son de carácter estratégico y que se refieren a procesos cognitivos del propio individuo.

En segundo lugar, las investigaciones muestran el papel clave del lenguaje interno como instrumento que permite el desarrollo de los procesos cognitivos.

En tercer lugar, en la mayoría de las investigaciones se ponen de manifiesto los componentes de planificación, de control atencional, de inhibición, de flexibilidad cognitiva, de fluidez verbal, de memoria de trabajo, de razonamiento perceptivo y de anticipación. Por lo que en las siguientes páginas se profundizará en estos componentes de las FE.

Como puntos de divergencia entre los diferentes componentes de las FE se pueden deducir, principalmente, dos.

En primer lugar, se puede observar que distintos autores y autoras denominan el mismo componente de una FE con etiquetas diferentes, es decir, denominan el mismo proceso cognitivo, pero lo hacen empleando una terminología diferente. Esto ocurre con el proceso cognitivo de revisar el funcionamiento de una estrategia que algunos autores lo denominan como supervisión y otros autores como control estratégico.

En segundo lugar, algunos componentes en unas investigaciones son catalogados como componentes principales de las FE, pero en otras investigaciones los mismos componentes de las FE son catalogados como componentes secundarios. Un claro ejemplo de esta situación se produce con la memoria de trabajo, que en la mayoría de las investigaciones es un componente principal de las FE, pero en unas pocas investigaciones la memoria de trabajo es considerado un componente secundario.

Los componentes de las FE son la planificación, el control atencional, la inhibición, la flexibilidad cognitiva, la fluidez verbal, la memoria de trabajo, el razonamiento perceptivo y la anticipación. A continuación, se explicará cada uno de estos componentes indicando en que consisten y las habilidades que ponen en juego.

La capacidad de planificación es la habilidad que permite a los seres humanos prevenir o anticipar el resultado de una conducta para solucionar un problema. La capacidad de planificación también permite a los seres humanos identificar y organizar las estrategias necesarias para lograr un objetivo determinado (Lezak, Howieson y Loring, 2004). Dentro de la capacidad de planificación se engloban habilidades como, por ejemplo, la formulación de hipótesis, las estimaciones cognitivas o el generar estrategias eficaces para la resolución de problemas.

La capacidad de control atencional es la habilidad que permite a los seres humanos fijar y guiar su interés hacia aquellos elementos del entorno o de su propio comportamiento que las FE consideran relevantes para autorregular su conducta. En la capacidad de control atencional se engloban habilidades como, por ejemplo, la selección de estímulos o la organización de estímulos.

La capacidad de inhibición es la habilidad que permite a los seres humanos inhibir los impulsos generados por la propia persona o por el entorno que pueden impedir que se logre el objetivo o la meta establecida. Dentro de la capacidad de inhibición se engloban habilidades como, por ejemplo, la inhibición de la memorización de información irrelevante o la inhibición de recuerdos que interfieran con lo que se quiere recordar.

La capacidad de flexibilidad cognitiva es la habilidad que permite cambiar rápidamente e intermitentemente de una regla a otra para poder adaptarse a los cambios que se producen en el entorno (Anderson, 2002; Diamond, 2002). En la capacidad de flexibilidad cognitiva se engloban habilidades como, por ejemplo, retroceder, corregir y cambiar los planes a partir de la evaluación de los resultados conseguidos o generar nuevas y diferentes estrategias de acción, por lo que es una habilidad que implica creatividad y originalidad.

La capacidad de fluidez verbal es la habilidad que permite que los hombres y que las mujeres puedan registrar la información, mantener la información en la mente mientras realizan una acción determinada y lograr que el sujeto demore una respuesta, ya sea esta respuesta una respuesta conductual o una respuesta psíquica. Dentro de la capacidad de fluidez verbal se engloban habilidades como, por ejemplo, el habla interna de las personas, la capacidad de demora de las gratificaciones o de las recompensas o la capacidad de establecer conexiones entre pensamientos y frases.

La capacidad de memoria de trabajo es la habilidad que permite a los seres humanos, en cualquier actividad de la vida cotidiana, que los hombres y que las mujeres mantengan activa una información en su cerebro y, así mismo, que puedan retenerla por un breve período de tiempo para ejecutar un plan de acción previamente determinado (Alloway, 2006; Baddeley, 1992; Huizinga et al., 2006). En la capacidad de memoria de trabajo se engloban habilidades como, por ejemplo, mantener información en la mente, realizar un plan de acción o adecuar los outputs a los inputs.

La capacidad de razonamiento perceptivo es la habilidad que permite que los seres humanos puedan observar los elementos que conforman su entorno y en función de esta observación de los elementos que conforman su entorno que los hombres y que las mujeres puedan realizar un análisis del medio en el que se encuentran. Dentro de la capacidad de pensamiento estructurado se engloban habilidades como, por ejemplo, analizar la información, estructurar la información o sintetizar la información.

La capacidad de anticipación es la habilidad que permite a los hombres y a las mujeres decidir qué hacer en una situación determinada y en un momento determinado, lo que implica que los hombres y que las mujeres son capaces de valorar los riesgos que implica la toma de una decisión en una situación determinada y en un momento determinado y de identificar los errores cometidos en las mimas (Crone y Van der Molen, 2004). En la capacidad de anticipación se engloban habilidades como, por ejemplo, anticipar las consecuencias de las decisiones tomadas, valorar los beneficios de una decisión o de una acción o valorar los riesgos de una decisión o de una acción.

4. Teorías y modelos explicativos de las Funciones Ejecutivas.

En el presente epígrafe se realizará una revisión de las principales teorías y de los principales modelos que explican el funcionamiento ejecutivo. La presente revisión tiene como objetivo profundizar en el conocimiento de un constructo tan complejo como es el de FE.

Para explicar las teorías y los modelos de las FE se ha realizado una agrupación en cuatro bloques, modelos de constructo único, modelos de sistema múltiple, modelos de procesos múltiples y Modelo Integrador de las Funciones Ejecutivas. En los modelos de constructo único se profundizará en el Modelo de Memoria de Trabajo de Baddeley y Hitch y en el Modelo de Memoria de Trabajo de Goldman-Rakic. Dentro de los modelos de sistema simple se explicarán la Teoría de la Información Contextual y la Teoría del Acontecimiento Complejo Estructurado. En los modelos de procesos múltiples se analizarán el Modelo Jerárquico de Stuss y Benson, el Sistema Atencional Supervisor de Norman y Shallice, la Teoría Integradora del Córtex Prefrontal, los Modelos factoriales y de control ejecutivo y el Modelo del Marcador Somático de Damasio. Las teorías y los modelos seleccionados no son, ni mucho menos, la totalidad de las teorías y de los modelos de la literatura, pero son una muestra representativa de los más destacados. Finalmente, se presentará el Modelo Integrador de las Funciones Ejecutivas con el objetivo de mostrar un modelo que integre los analizados.

A pesar de la gran cantidad de teorías y de modelos todos intentan explicar, desde perspectivas diferentes, una misma realidad, pero a veces sin tener en cuenta aspectos de esa realidad (Duncan, Emslie, Williams, Johnson y Freer, 1996; Miyake y Shah, 1999; Tirapu-Ustárrroz, García-Molina, Luna-Lario, Roig-Rovira y Pelegrín-Valero, 2008a; 2008b). A pesar de las diferencias entre las teorías y entre los modelos en la actualidad existe un cierto consenso en que las FE no son un concepto unitario, sino que son la combinación de múltiples procesos cognitivos que se utilizan en múltiples combinaciones para responder a situaciones diferentes.

Antes de profundizar en las teorías y en los modelos significar que en la actualidad no existe una teoría o un modelo único que explique cómo los procesos cognitivos simples se controlan y se organizan durante la realización de actividades cognitivas complejas (Tirapu-Ustárrroz et al., 2008a; 2008b).

4.1. Modelos de constructo único.

4.1.1. Modelo de Memoria de Trabajo de Baddeley y Hitch.

El Modelo de Memoria de Trabajo de Baddeley y Hitch (1974) explica el funcionamiento ejecutivo describiendo los procesos y las funciones de la memoria inmediata.

Miller, Galanter y Pribram (1960) y Baddeley y Hitch (1974) definen la memoria de trabajo o la memoria operativa como un sistema que mantiene y que maneja temporalmente la información para intervenir en procesos cognitivos como, por ejemplo, la lectura o las matemáticas.

Este modelo descompone la memoria de trabajo o la memoria operativa en tres componentes que son el bucle fonológico, la agenda visoespacial y el sistema ejecutivo central. Una redefinición posterior de Baddeley (2000) incluye un cuarto componente que es el buffer episódico. El bucle fonológico, también llamado, bucle articulatorio debido a su participación en el habla, incluye un almacén fonológico a corto plazo que actúa como un sistema de almacenamiento del lenguaje en la memoria de trabajo. El bucle fonológico se divide en dos elementos que se coordinan entre sí que son el almacén fonológico pasivo y el sistema de repaso subvocal activo. Este almacén permite tener activo el lenguaje interno, lo que es fundamental para la gran mayoría de los procesos cognitivos que se realizan a corto plazo. La agenda visoespacial es un sistema que crea y que manipula imágenes visoespaciales. La agenda visoespacial se utiliza para crear y para utilizar mnemotécnicas de imágenes visuales. La agenda visoespacial se fracciona en tres componentes que son el componente visual, el componente espacial y, posiblemente, el componente kinestésico. El sistema ejecutivo central funciona, según Baddeley y Hitch (1974), como un sistema atencional y no como un sistema de almacenamiento de la información. La principal función del sistema ejecutivo central es coordinar los procesos cognitivos en los que interviene la memoria de trabajo. Además, el sistema ejecutivo central lleva a cabo otros procesos cognitivos relacionados con la selección de estrategias y con el control. El buffer episódico es un sistema de almacenamiento a corto plazo de capacidad limitada, que integra la información de varias fuentes, integrando a la vez información de la memoria a largo plazo.

4.1.2. Modelo de Memoria de Trabajo de Goldman-Rakic.

El Modelo de Memoria de Trabajo de Goldman-Rakic (1984; 1987; 1988; 1995; 1998) se basa en la arquitectura funcional del córtex prefrontal que es una red de integración de diversas áreas del cerebro, cada una de las cuales tiene un dominio específico. No obstante, el citado modelo no descarta la existencia de un área cerebral responsable del funcionamiento general.

El modelo defiende que el procesamiento de los procesos cognitivos es lineal y defiende, también, que el sistema ejecutivo central es una interacción de diversos módulos de procesamiento de la información que son interdependientes y cada uno de ellos está constituido por sistemas de control sensorial y por sistemas de control motor. De modo que, cada componente de la memoria de trabajo se asocia e interacciona con diferentes áreas cerebrales, logrando la activación simultánea de los diferentes componentes, permitiendo que el cerebro procese la información en paralelo.

Para Patricia Goldman-Rakic el córtex prefrontal es una región del cerebro que tiene un papel fundamental en el funcionamiento ejecutivo de la memoria de trabajo y, por ello, debería entenderse como una red de integración de diferentes áreas cerebrales, cada una de las cuales estaría interconectada con diferentes áreas corticales de dominio específico. Cada una de estas áreas estaría especializada en un dominio concreto.

De este modo, cada una de las zonas cerebrales presenta una función específica. La zona dorsolateral del córtex prefrontal procesaría la información espacial. La zona ventrolateral del córtex prefrontal procesaría la información no espacial. Las zonas occipitotemporales y las zonas occipitoparietales procesarían el componente visoespacial de la memoria de trabajo (Smith et al., 1995). Las regiones parietales y las regiones temporales izquierdas se asociarían con el aspecto pasivo del lado fonológico. El área de Broca se relacionaría con el mecanismo de repetición articulatorio (Nyberg, Forkstam, Petersson, Cabeza e Ingvar, 2002). La zona prefrontal dorsolateral, la zona prefrontal medial y las regiones parietales se relacionarían con el sistema ejecutivo central (Baddeley, 1996; Nyberg et al., 2002; Smith y Jonides, 1997).

4.2. Modelos de sistema simple.

4.2.1. Teoría de la Información Contextual.

La Teoría de la Información Contextual es propuesta en la década de los noventa por Jonathan Cohen. Esta teoría aboga por que el contexto es una variable fundamental en la comprensión de las alteraciones en las FE de las personas con esquizofrenia. Para Cohen y Servan-Schreiber (1992) y para Cohen, Braver y O'Reilly (1998) las personas con esquizofrenia tienen deteriorado el funcionamiento ejecutivo, lo que implica que tengan problemas para representar, para mantener o para actualizar la información del contexto. Esta situación de ser incapaces de mantener la representación interna del contexto social es la que provoca que las personas con esquizofrenia tengan dificultades en lo relacionado con el comportamiento social.

Esta teoría aboga por que los diferentes procesos cognitivos como, por ejemplo, la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva o el control inhibitorio son el reflejo de un único proceso cognitivo que actúa de diferente forma según las demandas del contexto. Un ejemplo de esta situación es el Test de Stroop en el que compiten los estímulos. Para poder solucionar satisfactoriamente esta prueba el sujeto tiene que inhibir la información irrelevante a favor de la información que sí es relevante para resolver la prueba. Según Cohen y Servan-Schreiber (1992) y Cohen et al. (1998) las personas con esquizofrenia tienen dificultades o, incluso, incapacidad para descartar los estímulos irrelevantes debido a que el sistema dopaminérgico presenta una disminución de su funcionamiento.

Una gran cantidad de investigaciones ponen de manifiesto la relación entre las áreas del córtex prefrontal y el mantenimiento de representaciones internas del contexto para responder adecuadamente al entorno. Así, Fuster (1980; 1985) y Goldman-Rakic (1987) han observado en sus investigaciones que existen en el córtex prefrontal neuronas que están activas durante el intervalo de tiempo entre que se presenta un estímulo y el sujeto responde a ese estímulo. Para Fuster (1973) la activación de estas neuronas es el punto que permite conectar el estímulo con la respuesta a dicho estímulo. Para Goldman-Rakic (1987) la explicación de la activación de estas neuronas se debe a que el sujeto tiene que contrarrestar los esquemas previos para poder ofrecer una respuesta que se adapte al contexto.

4.2.2. Teoría del Acontecimiento Complejo Estructurado.

La Teoría del Acontecimiento Complejo Estructurado es propuesta por Jordan Grafman (Grafman, 1995; 2002). Esta teoría pertenece a las teorías de carácter representacional que, a diferencia de las teorías de carácter procedimental, no pretenden explicar cómo trabaja el sistema ejecutivo, sino explicar la naturaleza de las representaciones almacenadas en el córtex prefrontal.

Esta teoría se formula alrededor del constructo de acontecimiento complejo estructurado que es un conjunto de acontecimientos estructurados en una secuencia concreta de actividad que se suele orientar hacia un objetivo.

Los acontecimientos complejos estructurados se caracterizan, según Jordan Grafman, por la independencia representacional, por la frecuencia, por la similitud, por la especificidad categorial y, finalmente, por la jerarquización.

La independencia representacional significa que los factores que los integran están representados de forma independiente en el córtex prefrontal y se recuperan conjuntamente cuando sea necesario.

La frecuencia hace referencia a que los más frecuentes requieren un menor umbral de activación.

La similitud significa que los acontecimientos complejos estructurados similares requerirán para su activación un menor nivel de activación.

La especificidad categorial hace referencia a que están almacenados en el córtex prefrontal según las áreas corticales y las estructuras subcorticales con las que está región del cerebro está relacionada.

Finalmente, la jerarquización significa que presentan un orden jerárquico. En el primer lugar estarían los acontecimientos complejos estructurados abstractos, en segundo lugar, los acontecimientos complejos estructurados independientes del contexto, en tercer lugar, los acontecimientos complejos estructurados dependientes del contexto y, en cuarto lugar, los acontecimientos complejos estructurados episódicos. Significar que se construyen de abajo a arriba, así para lograr un acontecimiento complejo estructurado abstracto se requerirá la consolidación de múltiples acontecimientos complejos estructurados de menor nivel.

4.3. Modelos de procesos múltiples.

4.3.1. Modelo Jerárquico de Stuss y Benson.

Según el Modelo Jerárquico de Stuss y Benson (1984; 1986) la corteza prefrontal, mediante las FE, es responsable del control supramodal sobre los procesos cognitivos básicos que se localizan en las estructuras basales y en las estructuras retrorrolándicas. Este modelo postula que las FE se organizan de un modo jerárquico entre ellas, pero esta jerarquía no implica que las FE no sean interactivas.

La función de nivel más alto es la autoconciencia. La autoconciencia se encarga de monitorizar la actividad mental, teniendo en cuenta los conocimientos que ya se poseen, y de representar las experiencias subjetivas actuales en relación con las experiencias subjetivas anteriores.

En el segundo nivel se encuentran los procesos cognitivos como la anticipación, la selección de objetivos, la planificación y el control inhibitorio que realizan el control ejecutivo sobre el resto de los procesos cognitivos.

En el tercer nivel están los procesos que se encargan del control de la activación de las acciones. Estos procesos son el impulso que permite iniciar y mantener una conducta mental o motora y la organización temporal para mantener secuencias de información en el orden temporal en que han ocurrido.

Posteriormente Stuss (1992; 1994) reformuló su propio modelo, pero mantuvo que las funciones de la corteza prefrontal componen un sistema de funciones independientes, jerárquicas e interactivas. En la reformulación los tres niveles explicados ahora tendrán sus propios subniveles y un mecanismo de control que trabaja gracias a la entrada de información a través del sistema sensorial y perceptivo, a la comparación de la información gracias al control ejecutivo y a la salida de la información a través de la autoconciencia y de la autorreflexión.

Más tarde Stuss y Alexander (2000) refieren que las definiciones operacionales entre los lóbulos frontales y las FE pueden ser diferentes, mientras no exista un individuo dentro de la cabeza responsable para todas las tareas, que no se pueden explicar a través del modelo.

4.3.2. Sistema Atencional Supervisor de Norman y Shallice.

El Sistema Atencional Supervisor es propuesto por Donald Norman y Tim Shallice en el año 1986. Norman y Shallice (1986) presentaron un modelo teórico de la atención en el contexto de la acción, en el que el comportamiento de los seres humanos se debe a esquemas mentales que interpretan la entrada de información y la consiguiente respuesta del sujeto. Así, proponen un sistema estructurado en base a esquemas mentales organizados que se encuentran a la espera para entrar en acción cuando las circunstancias lo indiquen (Shallice y Burgess, 1991). La acción puede ser automática o controlada.

El Sistema Atencional Supervisor de Norman y Shallice (1986) está compuesto por cuatro elementos.

El primer elemento son las unidades cognitivas que se localizan en la corteza posterior y su función está asociada a sistemas anatómicos concretos, por lo que realizan tareas muy concretas como, por ejemplo, reconocer un objeto.

El segundo elemento son los esquemas que son conductas automáticas que se han aprendido previamente. Los esquemas pueden encontrarse en tres estados: desactivados, activados o seleccionados.

El tercer elemento es el dirimidor de conflictos que se encarga de realizar una evaluación de las acciones para poder ajustar el comportamiento rutinario.

El cuarto elemento es el sistema atencional supervisor que es un mecanismo que regula, desde un nivel superior, al dirimidor de conflictos. El sistema atencional supervisor se activa ante las situaciones que son novedosas, para las que los seres humanos no poseen una respuesta conocida, o ante situaciones complejas, en las que los esquemas previos no son suficiente para responder satisfactoriamente a la tarea. Así, el sistema atencional para responder a situaciones novedosas se encargará de planificar y de tomar decisiones y para responder a situaciones complejas se recurrirá al rechazo de esquemas inapropiados, a la generación espontánea de esquemas, a la adopción de modos de procesamiento alternativos, a la memoria operativa, a la monitorización, al establecimiento de metas, a la recuperación de información de la memoria episódica y al marcador para la realización de intenciones demoradas.

4.3.3. Teoría Integradora del Córtex Prefrontal.

La Teoría Integrada del Córtex Prefrontal es propuesta por Earl Miller y Jonathan Cohen. Esta teoría propugna que la principal función del córtex prefrontal es el control cognitivo, por lo que esta región cerebral tiene un papel específico en la creación de pautas de actividad que representan los objetivos y los medios para lograrlos (Miller y Cohen, 2001).

De este modo, cuando a las personas se les presentan tareas que no son habituales el córtex prefrontal genera un modelo de respuesta. Cuando se selecciona una opción, en función de la representación interna y de la meta que se quiera lograr, si la opción resulta exitosa se reforzarán las conexiones entre la situación y el modelo de respuesta que ha seleccionado el córtex prefrontal, por lo que se tendrá en cuenta en el futuro ante estímulos semejantes.

Para profundizar en esta explicación Miller y Cohen (2001) defienden que el procesamiento de la información en el cerebro es competitivo. Esta situación se produce cuando, para responder a un estímulo, entran en conflicto los mapas de estímulos y de respuestas más habituales con las señales arriba-abajo más débiles, pero adecuadas para responder al estímulo. Para solventar esta problemática, según estos autores, los seres humanos disponen del córtex prefrontal que se encarga de favorecer las señales de arriba-abajo más débiles, ya que son las respuestas más adecuadas.

Además, frente el Modelo de Memoria de Trabajo de Baddeley y Hitch (1974) y el Modelo de Memoria de Trabajo de Goldman-Rakic (1984; 1987; 1988; 1995; 1998) la Teoría Integrada del Córtex Prefrontal defiende que el papel del córtex prefrontal no es únicamente manipular la información, sino el mantenimiento de las reglas de la tarea y las metas a lograr. Así, el córtex prefrontal juega un papel clave en diversos procesos cognitivos, muy especialmente en el control de la atención y en el control inhibitorio de las interferencias, pues como se explicó el procesamiento de la información es competitivo. También hay que destacar su función como actualizador de metas y de objetivos. Para estos autores el córtex prefrontal está organizado en áreas funcionales. Así, la región orbitofrontal se encarga del control inhibitorio en situaciones emocionales y en situaciones sociales y el área dorsolateral se activa para realizar un papel más cognitivo o reflexivo.

4.3.4. Modelos factoriales y de control ejecutivo.

Los modelos factoriales y de control ejecutivo son aquellos modelos que intentan explicar el funcionamiento ejecutivo utilizando el análisis factorial para identificar los componentes de las FE (Boone, Ponton, Gorsuch, González y Miller, 1998; Busch, McBride, Curtiss y Vanderploeg, 2005). Seguramente, uno de los modelos factoriales que disfruta de mayor reconocimiento es el de Miyake et al. (2000), que es el modelo en el que se basa la presente investigación.

Miyake et al. (2000) y Miyake, Friedman, Rettinger, Shah y Hegarty (2001) describieron tres componentes de las FE claramente diferenciados, aunque no totalmente independientes, estos componentes son la actualización, la inhibición y la alternancia. La actualización implica la monitorización, la manipulación y la actualización de la información en línea en la memoria de trabajo. La actualización fue evaluada con tareas específicas como la *Keep Track Task*, la *Letter Memory Task* o la *Tone Monitoring Task*. La inhibición es la capacidad de inhibir deliberadamente las respuestas predominantes automáticas cuando la situación lo requiere. La inhibición fue evaluada con el Test de Stroop y con la *Stop-Signal Task*. La alternancia es la capacidad de cambiar flexiblemente entre varias operaciones mentales. La alternancia fue evaluada con la *Plus-Minus Task*, con la *Number-Letter Task* y con la *Local-Global Task*. Además de las pruebas indicadas estos autores utilizaron tareas clásicas en la evaluación de las FE como son el WCST, la Torre de Hanoi, una prueba de generación de números al azar, la Tarea de Span Atencional y una tarea de ejecución dual. Los investigadores encontraron relaciones entre los componentes de las FE y las pruebas clásicas. Así, la actualización se relacionaría con la Tarea de Span Atencional, la actualización y la inhibición se relacionarían con la Torre de Hanoi y la alternancia se relacionaría con el WCST. Sin embargo, la tarea de ejecución dual no se relacionó con ninguno de los componentes, lo que parece indicar que la coordinación de dos tareas que se realizan al mismo tiempo es una capacidad diferente de los componentes descritos.

Investigaciones posteriores como, por ejemplo, la de Fisk y Sharp (2004) han ratificado la existencia de los tres componentes ejecutivos indicados por Miyake et al. (2000) y Miyake et al. (2001), pero han añadido un nuevo componente de acceso a los contenidos de la memoria a largo plazo.

4.3.5. Modelo del Marcador Somático de Damasio.

El Modelo del Marcador Somático de Damasio (1985; 1994; 1998; 2004) añade como nueva variable de estudio las emociones en la toma de decisiones, presentando un modelo más ecológico, que no sólo tiene en cuenta aspectos de tipo cognitivo.

Damasio (2006) definió el marcador somático como aquel cambio corporal que pone de manifiesto un estado emocional positivo o negativo que sirve de indicador y que puede influir en la toma de decisiones. Las funciones de los marcadores somáticos son el apoyo a los procesos cognitivos, que la persona realice una conducta social adecuada y la contribución a la toma de decisiones ventajosas.

Este modelo pretende explicar una alteración en los seres humanos con daño cerebral en la corteza prefrontal ventromedial que impide que estas personas tengan sensibilidad para las recompensas y para los castigos (Bechara, Damasio, Damasio y Anderson, 1994). Para explicar esta situación se enuncia la hipótesis de que la corteza ventromedial forma parte de un mecanismo emocional que permite orientar a las personas en la toma de decisiones gracias a la creación de estados emocionales que les informan anticipadamente de las posibles consecuencias. Según el modelo cuando no se presentan grandes dificultades en otras FE, dichas dificultades se pueden atribuir a la incapacidad del sujeto para utilizar señales emocionales generadas en el cuerpo para valorar las opciones (Damasio, 2004).

El Modelo del Marcador Somático de Damasio (1985; 1994; 1998; 2004) se basa en tres postulados. El primer postulado es que el razonamiento y la toma de decisiones dependen de diversos niveles de operaciones neurobiológicas que dependen de imágenes sensoriales que se generan en las cortezas sensoriales primarias. Estas capacidades se llevarán a cabo teniendo en cuenta el conocimiento de la situación, las opciones de acción y los posibles resultados. El segundo postulado es que los procesos cognitivos dependen de procesos básicos como, por ejemplo, la memoria de trabajo, la atención o la emoción. El tercer postulado es que existen diferentes tipos de conocimiento. Hay conocimiento innato y adquirido, conocimiento de hechos, de acciones y de sucesos, conocimiento sobre la experiencia individual y conocimiento como resultado de la realización de categorizaciones de elementos.

4.4. Modelo Integrador de las Funciones Ejecutivas.

Para finalizar se va presentar el Modelo Integrador de las Funciones Ejecutivas de Tirapu-Ustárrroz, Muñoz-Céspedes y Pelegrín-Valero (2002) ver Figura I.1. Estos autores han tomado como punto de partida el Modelo de Memoria de Trabajo de Baddeley y Hitch (1974), el Modelo Jerárquico de Stuss y Benson (1986), el Sistema Atencional Supervisor de Norman y Shallice (1986) y la Teoría del Marcador Somático de Damasio (1985; 1994; 1998; 2004).

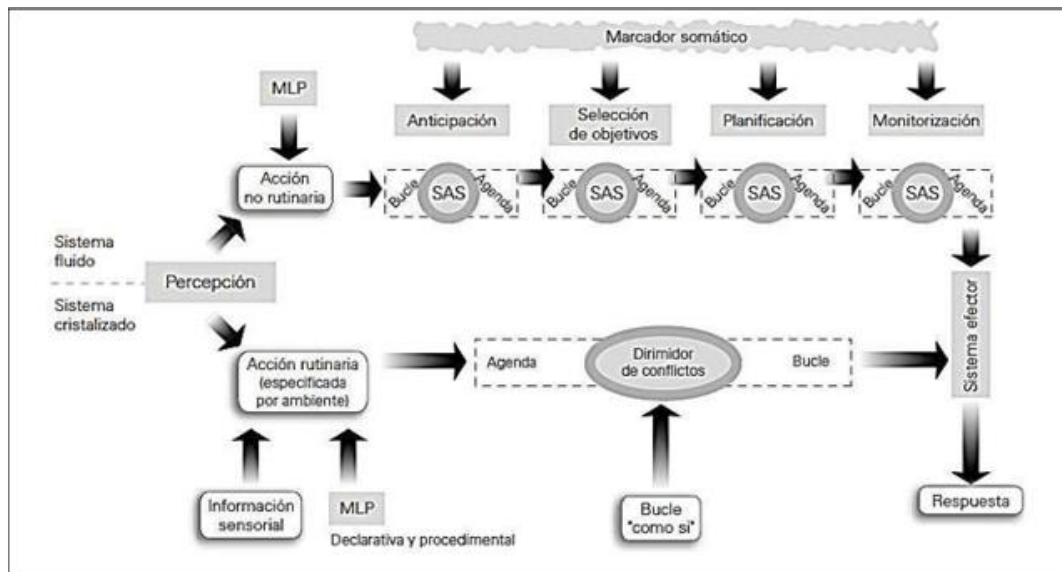


Figura I.1. Modelo Integrador de las Funciones Ejecutivas de Tirapu-Ustárrroz et al. (2002) (Fuente: Tirapu-Ustárrroz et al., 2002).

El Modelo Integrador de las Funciones Ejecutivas de Tirapu-Ustárrroz et al. (2002) presenta dos componentes. El primer componente es el sistema fluido. Si se produce un estímulo en el entorno y este es reconocido en la memoria a largo plazo, ya sea declarativa o procedimental, la respuesta del sujeto podrá ser simple o compleja, pero siempre será una conducta sobreaprendida, automática y rápida. Este tipo de respuestas pueden darse sin la participación de la consciencia. Este primer componente es el responsable de muchas de las tareas cotidianas. El segundo componente es el sistema cristalizado. El sistema cristalizado se activa cuando el estímulo que capta el sujeto es novedoso, por lo que se deben de poner en marcha diferentes procesos cognitivos como, por ejemplo, la anticipación, la selección de objetivos, la planificación y el control. En cada uno de estos procesos cognitivos actúa la memoria de trabajo y los acontecimientos complejos estructurados.

5. Desarrollo de las Funciones Ejecutivas.

De lo explicado en el presente capítulo, en los epígrafes anteriores, se puede deducir que en las FE hay un componente de la propia estructura cerebral y un componente psíquico o mental y ambos dan lugar a un mismo proceso psicológico que son las FE. Así, a medida que se desarrollan las estructuras cerebrales a nivel neuroanatómico y a nivel fisiológico se desarrollan, también, las estructuras cognitivas y viceversa (Asato, Sweeney y Luna, 2006; Benes, 2001; Clair-Thompson y Gathercole, 2006; Denckla, 2007; Diamond y Lee, 2011; Goldberg, 2002; Goldstein y Reynolds, 1999; Kail, 2007; Lehto, Juujärvi, Kooistra y Pulkkinen, 2003; Pinkston, 1998; Risser y Edgell, 1988; Van Leijenhorst, Westenberg y Crone, 2008; Zelazo, 2004).

En los inicios de las investigaciones sobre el desarrollo de las FE se consideraba que estas no existían en los infantes, ya que el desarrollo de los lóbulos frontales no era lo suficientemente maduro para poder realizar las FE, por lo menos hasta los cuatro años de edad. Hoy en día, se sabe que el desarrollo de las FE comienza desde el primer año de vida, así, las investigaciones realizadas con niños y con niñas de menos de cinco años sugieren que el córtex prefrontal empieza a estar operativo desde el primer año de vida (Diamond, 1985; Diamond y Goldman-Rabic, 1989). Por lo tanto, de modo general, se puede afirmar que las FE se desarrollan a lo largo de la vida, pero, principalmente, durante la infancia (Best, Miller y Naglien, 2001; Hughes, 1998; Senn et al., 2004) y la preadolescencia (Huizinga et al., 2006; Lehto et al., 2003; Romer et al., 2011), aunque también se desarrollan en la juventud (Miyake et al., 2000) y en la edad adulta (Fisk y Sharp, 2004; Zelazo, Craik y Booth, 2004). Así, algunas FE aparecen muy pronto en los seres humanos, sobre los ocho meses, pero otras son más tardías y aparecen en la preadolescencia, en la juventud o en la edad adulta. Las primeras FE realizan tareas sencillas, que con el paso del tiempo y con las experiencias del sujeto se van perfeccionando y se van consolidando como procesos cognitivos que les permitirán ejecutar tareas complejas (Welsh, 2002). Significar que en el desarrollo de las FE a lo largo de la vida se produce un pico de gran actividad entre los seis y los ocho años y se produce una detención durante la adolescencia (Flores-Lázaro, Castillo-Preciado y Jiménez-Miramonte, 2014; Papazian, Alfonso y Luzondo, 2006).

Antes de comenzar a explicar cómo se produce el desarrollo de las FE en la infancia es necesario significar que los cinco primeros años de vida de los seres humanos tienen un papel clave en el desarrollo de las FE (Garon et al., 2008).

El desarrollo de las FE se inicia con el desarrollo de las FE relacionadas con el control y con la regulación psicomotriz que dará paso al control de los procesos cognitivos a través de la introspección (Denckla, 1996). En esta primera fase de desarrollo de las FE se pasará de conductas repetitivas inherentes a la programación genética como, por ejemplo, la reacción circular para pasar, posteriormente, a elaborar conductas conscientes y complejas (Luria, 1995; Marshall, 1979).

Durante los primeros meses de vida los bebés empiezan a mostrar diferentes comportamientos de autocontrol básicos como pueden ser inhibir determinadas conductas que les impidan acceder a un objeto que quieren alcanzar. A partir del año y medio los comportamientos de autocontrol que se acaban de explicar se estabilizan (Bernier, Carlson y Whipple, 2010; Best y Miller, 2010; Isquith et al., 2004; Kochanska y Murray, 1997; Sastre-Riba, 2006; Tamm, Menon y Reiss, 2002; Welsh, 2002). Con esta edad ya se puede observar en los bebés una mejor capacidad de inhibir determinados comportamientos, de inhibir la distracción y de inhibir las respuestas impulsivas. Todas estas capacidades ponen de manifiesto que los niños empiezan a aprender a controlar sus comportamientos en función de las demandas de su entorno y lo hacen gracias a la capacidad de control inhibitorio.

Posteriormente, sobre los ocho meses, los bebés empiezan a desarrollar la memoria de trabajo (Morales, Calvo y Bialystok, 2013; Thibaut, French y Vezneva, 2010). Esta nueva capacidad se puede observar gracias a que los niños adquieren la capacidad de permanencia del objeto y la capacidad para coordinar medios-fines. Ambas capacidades implican que los bebés son capaces de tener una representación de los objetos y de mantener esta información en su mente, lo que implica el uso de la memoria de trabajo (Capilla et al., 2004). La memoria de trabajo se desarrolla en profundidad entre los cuatro y los ocho años (Diamond, 2002) y se va potenciando con la edad (Luciana y Nelson, 1998) hasta alcanzar su punto máximo alrededor de los once años (Casey, 1992). En relación con la memoria de trabajo es importante destacar que primero se desarrolla la memoria de trabajo no verbal y posteriormente la memoria de trabajo visoespacial (Barkley, 2001).

El desarrollo del control inhibitorio y de la memoria de trabajo permite que aparezcan determinadas acciones humanas y esto a su vez facilita el desarrollo de nuevas capacidades como, por ejemplo, la capacidad de imitación que aparece sobre los nueve meses (Kemmerer y González-Castillo, 2010). La imitación permite que los niños y que las niñas mejoren sus movimientos voluntarios.

Alrededor de los dos años de edad se empieza a desarrollar una nueva FE en los infantes que es la capacidad de autorregulación. Cuando se inicia esta FE los niños empiezan a realizar sus acciones según las instrucciones verbales, entrando en juego la mediación verbal, de los adultos, capacidad que se perfeccionará hasta, aproximadamente, los cuatro años (Luria, 1973; 1979).

Sobre los seis años se puede observar que los niños dominan la capacidad de control inhibitorio motriz y la capacidad de control inhibitorio de impulsos. Pero hasta los diez años los infantes no serán capaces de seleccionar y de mantener de forma sostenida la atención que, también, son habilidades que dependen de la capacidad de control inhibitorio (Klenberg et al., 2001; Scerif, 2010).

El perfil de desarrollo evolutivo de las FE en los niños y en las niñas que se acaba de explicar respalda las investigaciones de Russell Barkley quien estableció que la capacidad de control inhibitorio es un prerequisite para el posterior desarrollo de otras FE más complejas como la capacidad de memoria de trabajo. Esto explica que el desarrollo de esta capacidad se produzca a una edad muy temprana. Este mismo autor también sugiere que el peso de la capacidad de control inhibitorio será cedido a la capacidad de memoria de trabajo, FE que tendrá el mayor peso del control ejecutivo (Barkley, 1998; Weyandt, 2005).

La aparición de las capacidades de control inhibitorio y de memoria de trabajo favorecen que aparezca en los niños y en las niñas el aprendizaje de reglas (Anderson, 2002; Espy, Sheffield, Wiebe, Clark y Moehr, 2011). Con un año los niños comprenden reglas individuales, con dos años comprenden reglas y recuerdan algunas, con tres años son capaces de mantener en la memoria de trabajo varias reglas y con cuatro años pueden generar una regla de mayor jerarquía que puedan utilizar, de la forma más apropiada, en una situación determinada.

La adquisición de reglas está muy relacionada con la flexibilidad cognitiva. Esta FE se desarrolla entre los tres y los cinco años (Epsy, 1997) y alcanza un punto de gran desarrollo entre los siete y los nueve años (Anderson, 2002; Meiran, 1996; Zelazo y Frye, 1998) y continua su desarrollo hasta la adolescencia (Davidson, Amso, Anderson y Diamond, 2006). La adquisición de la capacidad que se acaba de explicar está relacionada con la internalización del habla y con el proceso de socialización (Carlson, 2003; Pino-Pasternak y Whitebrad, 2010; Poulin-Dubois, Blaye, Coutya y Bialystok, 2011; Sarsour et al., 2011; Vygotski, 1987).

El desarrollo de las capacidades de control inhibitorio, de autocontrol, de memoria de trabajo y de autorregulación, gracias en parte a la mediación verbal, permiten que los niños y que las niñas adquieran nuevas FE como, por ejemplo, la capacidad de planificación. La planificación se desarrolla entre los cinco y los ocho años (Lan, Legare, Ponitz, Li y Morrison, 2011; Romine y Reynolds, 2005) alcanzando un punto de maduración similar al de los adultos a los doce años (Welsh et al., 1991). Al mismo tiempo, el desarrollo de la capacidad de planificación permitirá que los infantes desarrollen otras capacidades. Así, las capacidades de control inhibitorio, de autocontrol, de memoria de trabajo, de autorregulación y de planificación permitirán que los niños a la edad de seis años puedan solucionar problemas sencillos (Welsh, 2002).

Por último, estaría la capacidad de toma de decisiones. El desarrollo de esta capacidad empieza antes de los seis años y se manifiesta de manera evidente entre los seis y los doce años (Blair, 2002; Happaney, Zelazo y Stuss, 2004; Keer y Zelazo, 2004; Orzhekhovskaya, 1981; Prencipe y Zelazo, 2005), produciéndose un incremento en la adolescencia y un importante crecimiento en la edad adulta (Bechara, Damasio, Tranel y Damasio, 2005).

Para finalizar este epígrafe destacar que en la actualidad se cuenta con una gran cantidad de investigación sobre el desarrollo de las FE, no obstante, recientes trabajos de revisión y de metaanálisis ponen de manifiesto que no se ha logrado construir un conocimiento básico sobre como es el desarrollo de las FE durante la infancia debido a que la gran mayoría de las investigaciones se han centrado en unos determinados períodos del desarrollo (Best, Miller y Jones, 2009; Romine y Reynolds, 2005).

6. Intervención en Funciones Ejecutivas en Educación Infantil.

En el presente epígrafe se analizará la intervención en FE en Educación Infantil. En la citada etapa educativa, que abarca desde los cero hasta los seis años de edad, se produce el desarrollo físico, afectivo, social e intelectual de los niños y de las niñas. Durante este desarrollo evolutivo, tal y como se ha analizado en el presente capítulo, se inicia el desarrollo de las FE (Van Lier y Deater-Deckard, 2016; Volckaert y Noël, 2015).

La intervención en FE es fundamental en la etapa de Educación Infantil porque las FE son clave en la vida de las personas tanto a nivel académico o profesional como a nivel personal. En concreto, en Educación Infantil, los niños y las niñas van a necesitar unas determinadas capacidades para lograr el éxito escolar y personal. Así, los alumnos y las alumnas tendrán que ser capaces de prestar atención a sus maestros y a sus maestras para poder recordar las consignas que les transmiten y los hijos y las hijas las indicaciones de sus padres y de sus madres, por lo que necesitan un buen desarrollo de la memoria de trabajo. Al mismo tiempo, el alumnado necesitará ser capaz de cambiar de una pauta de trabajo a otra o de un tipo de actividad a otro, por lo que necesitan un correcto desarrollo de la flexibilidad cognitiva. Además, los niños y las niñas tendrán que ser capaces de controlar tanto sus pensamientos como sus acciones para poder, por ejemplo, permanecer atentos o estar quietos, lo que implica poseer un buen dominio del control inhibitorio. Las dificultades o los déficits en las citadas FE van a dificultar, por tanto, la vida escolar y personal del alumnado.

Debido a la importancia de las FE en la vida de las personas y a que su desarrollo es clave en la etapa de Educación Infantil en los últimos años se han desarrollado programas de intervención para mejorar las FE en la citada etapa (Diamond y Lee, 2011). Debido a la reciente creación de los programas de intervención educativa hay muchos interrogantes por responder (Melby-Lervag y Hulme, 2013; Shipstead, Redick y Engle, 2012), pero lo que parece claro es que los programas de intervención en FE permiten el desarrollo de las FE desde los primeros años de vida, especialmente, de los tres a los seis años de edad. No obstante, son pocos los programas de intervención con participantes de estas edades (Chen, Yue, Tian y Jiang, 2016; Dias y Seabra, 2016; Di Lieto et al., 2017; Sonuga-Barke y Halperin, 2011).

La importancia de la intervención en FE en la etapa de Educación Infantil reside en la propia definición de las FE. Las FE se pueden definir como un conjunto de habilidades cognitivas conscientes, intencionales y voluntarias que se ponen en funcionamiento a través de diferentes capacidades como, por ejemplo, la regulación, la anticipación, la supervisión, la generación, la ejecución o el reajuste de conductas ante situaciones novedosas, complejas o problemáticas que requieren de la formulación y de la planificación de metas que permitan solucionar las tareas y lograr los objetivos previamente establecidos de un modo eficaz.

Por tanto, es en la propia naturaleza de las FE dónde reside la importancia de la intervención en FE en Educación Infantil. Esta importancia se manifiesta, principalmente, en cuatro ámbitos.

En primer lugar, hay que tener en cuenta que es fundamental contribuir a la mejora de las FE desde los primeros años de escolaridad, ya que las dificultades o los déficits en el funcionamiento ejecutivo, en Educación Infantil, predicen los logros y las dificultades en posteriores etapas educativas, especialmente, en Educación Primaria.

En segundo lugar, la intervención en FE es fundamental para la preparación escolar y para la adquisición de habilidades de carácter académico. Así, hay que tener en cuenta que multitud de investigaciones recientes han llegado a la conclusión de la existencia de una relación positiva entre las FE y el rendimiento general de los alumnos y de las alumnas (Best et al., 2009; Best, Miller y Naglieri, 2011), entre las FE y el rendimiento específico en matemáticas (Rosas et al., 2017; Wiklund-Hörnqvist, Jonsson, Korhonen, Eklöf y Nyroos, 2016) y entre las FE y la lectura (Bull et al., 2008; Swanson y Jerman, 2006).

En tercer lugar, destacar que existen múltiples actividades y programas de intervención educativa que han mejorado las FE de los participantes, lo que es prometedor para mejorar el funcionamiento ejecutivo de los infantes (Romero, Benavides, Fernández, Pichardo, 2017).

En cuarto lugar, destacar que la importancia radica en última instancia en que las FE son vitales para el éxito en la vida tanto a nivel académico y profesional como a nivel personal (Romero et al., 2017).

Presentada la importancia de la intervención en FE en la etapa de Educación Infantil se van a explicar los programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil.

En relación con los programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil hay que tener en cuenta, en primer lugar, que los niños y las niñas de esta etapa educativa se beneficiarán en mayor medida que los niños y las niñas de etapas de escolarización obligatoria, Educación Primaria o Educación Secundaria Obligatoria, pues presentan unos beneficios significativamente mayores (Melby-Lervag y Hulme, 2013). Además, estos beneficios son aún más importantes, si cabe, ya que pueden favorecer la incorporación a la escolarización obligatoria (Blair, 2002).

Por este motivo, a continuación, se va a presentar una revisión que pretende analizar los programas de intervención educativa cuyo objetivo es mejorar las FE en la etapa de Educación Infantil.

En primer lugar, se van a presentar los Programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil basados en la formación de los maestros y de las maestras a través de *Tools of the Mind: The Vygotskian Approach to Early Childhood Education* (Bodrova y Leong, 2007), del Programa Montessori, de *Promoting Alternative Thinking Strategies* y de *Chicago School Readiness Project*.

En segundo lugar, se van a presentar los Programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil basados en la utilización de recursos digitales a través de *Cogmed Working Memory Training*.

En tercer lugar, se van a presentar los Programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil basados en la actividad física a través de las investigaciones de Manjunath y Telles (2001) y de Lakes y Hoyt (2004).

En definitiva, la revisión que seguidamente se va a presentar evidencia la importancia de elaborar programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil que permitan la prevención de las dificultades y de los déficits en FE en niños y en niñas de Educación Infantil y que favorezcan el desarrollo de las FE, ya que estas predicen el éxito tanto en la vida académica o profesional como en la vida personal.

En primer lugar, se van a presentar los programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil basados en la formación de los maestros y de las maestras. Cabe destacar cuatro programas de intervención educativa que son, en primer lugar, *Tools of the Mind: The Vygotskian Approach to Early Childhood Education* (Bodrova y Leong, 2007), en segundo lugar, el Programa Montessori, en tercer lugar, *Promoting Alternative Thinking Strategies* y, en cuarto lugar, *Chicago School Readiness Project*.

Tools of the Mind: The Vygotskian Approach to Early Childhood Education (Bodrova y Leong, 2007). Se trata de un programa de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil de carácter escolar que necesita de la formación previa de los maestros y de las maestras que vayan a implementar el programa de intervención educativa en FE en las aulas de Educación Infantil. Este programa de intervención educativa en FE tiene como objetivo mejorar las FE a través de la regulación del habla, del juego dramático y de diferentes juegos, especialmente, de los juegos de atención y de los juegos de memoria. Diferentes investigaciones han implementado este programa de intervención educativa y han llegado a verificar su eficacia para mejorar las FE en alumnos y en alumnas de Educación Infantil. Las conclusiones de las investigaciones ponen de manifiesto la existencia de, principalmente, tres beneficios. El primer beneficio es que se ha comprobado empíricamente que los niños y que las niñas que han participado en el programa de intervención educativa han mejorado sus FE. El segundo beneficio es que las investigaciones indican que los niños y que las niñas participantes no solo han mejorado sus FE, sino que estas mejoras se han transferido a otros ámbitos como, por ejemplo, un mejor rendimiento académico en los centros escolares o un mejor comportamiento social en diferentes ámbitos como pueden ser el ámbito familiar y el ámbito escolar. El tercer beneficio es que algunas investigaciones como, por ejemplo, la de Diamond et al. (2007) evidencian que los niños y que las niñas de ambientes desfavorecidos que han participado en el programa de intervención educativa en FE han obtenidos grandes beneficios llegando a alcanzar un mejor rendimiento que los niños y las niñas del grupo control que no recibió esta intervención educativa a mayores de los procesos de enseñanza-aprendizaje ordinarios impartidos en los centros escolares.

El Programa Montessori es un programa de intervención educativa que tiene como objetivo mejorar las FE. Este programa de intervención educativa permite que los alumnos y que las alumnas de la etapa de Educación Infantil puedan controlar sus FE, lo que permite que los participantes mejoren el control inhibitorio (Lillard y Else-Quest, 2006).

Promoting Alternative Thinking Strategies es un programa de intervención educativa que forma a los maestros y a las maestras para que trabajen con sus alumnos y con sus alumnas las FE. En concreto, favorece el desarrollo de diferentes FE como son, por ejemplo, el autocontrol, el reconocimiento y el manejo de los sentimientos o la resolución de problemas de carácter interpersonal. Para la implementación de *Promoting Alternative Thinking Strategies* se forma a los maestros y a los profesores para que trabajen con sus alumnos y con sus alumnas técnicas que les permitan regular su comportamiento como, por ejemplo, trabajar el dialogo interno o la espera antes de actuar y verbalizar sus pensamientos y sus sentimientos como, por ejemplo, trabajando con el dado de los sentimientos. Las técnicas se van a centrar en que los alumnos aprendan a construir un plan de acción. Además, es fundamental que los maestros y que los profesores enseñen a sus alumnos y a sus alumnas a generalizar las ganancias, las habilidades aprendidas durante la implementación del programa de intervención educativa en FE, al resto de contextos de su vida. Los resultados de los participantes muestran que tras un curso escolar de intervención los niños y las niñas del grupo experimental han mejorado la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio con respecto a los niños y a las niñas del grupo control (Riggs, Greenberg, Kusché y Pentz, 2006).

Chicago School Readiness Project es un programa de intervención educativa que pretende mejorar el rendimiento académico del alumnado de Educación Infantil que pertenece a familias con pocos recursos económicos. En este programa de intervención educativa en Fe se trabaja el ajuste emocional y conductual, por lo que los maestros y los profesores deben ser previamente formados al respecto. Los resultados muestran que los alumnos del grupo experimental mejoraron sus FE con respecto al grupo control. Mejoras que se mantuvieron en los tres cursos siguientes (Li-Grining, Raver y Pess, 2011).

En segundo lugar, se van a presentar los programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil basados en la utilización de recursos digitales.

Uno de los principales programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil basados en la utilización de recursos digitales es *Cogmed Working Memory Training*. Es un programa de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil basado en la utilización de recursos digitales que tiene como objetivo mejorar la memoria de trabajo. Para ello el programa de intervención educativa en FE consta de 25 sesiones, con una duración aproximada de entre treinta y cuarenta minutos por sesión, que se llevarán a cabo a lo largo de cinco semanas realizando cinco sesiones semanales. Existen investigaciones que han verificado los beneficios de este programa de intervención educativa en FE como, por ejemplo, la investigación de Holmes y Gathercole (2014). En esta investigación se realizaron dos pruebas de campo en las que los maestros y las maestras realizaron con sus alumnos y con sus alumnas formación sobre la memoria de trabajo. Los resultados evidencian que la de memoria de trabajo mejora mediante el entrenamiento en FE a través de la implementación del citado programa de intervención educativa. Estos resultados indican que la implementación de este programa de intervención educativa permite que el alumnado logre un aumento significativo del rendimiento académico desde la etapa de Educación Infantil.

Finalmente, destacar que es fundamental tener en cuenta que los programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil basados en la utilización de recursos digitales mejoran la memoria de trabajo (Holmes y Gathercole, 2014), pero estos resultados no se han encontrado en el control inhibitorio (Rueda, Rothbart, McCandliss, Saccomanno y Posner, 2005; Thorell, Lindqvist, Bergman, Bohlin y Klingberg, 2009). Sin embargo, si se ha mejorado el control inhibitorio en los programas de intervención educativa sin recursos digitales, lo que se puede deber a que los programas de intervención educativa con recursos digitales no son la opción más adecuada para trabajar esta FE a tan temprana edad o a que aún no se han realizado programas de intervención educativa digitales que permitan esta mejora (Diamond y Lee, 2011).

En tercer lugar, se van a presentar los programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil basados en la actividad física. Cabe destacar las investigaciones de Manjunath y Telles (2001) y de Lakes y Hoyt (2004).

Actualmente existen múltiples investigaciones que han estudiado la relación entre el funcionamiento ejecutivo y la actividad física. Los resultados de estas investigaciones parecen mostrar que existe una relación entre el funcionamiento ejecutivo y la actividad física, ya que la actividad física mejora de forma general el funcionamiento cognitivo y de forma particular el funcionamiento ejecutivo (Aadland et al., 2017; Khan y Hillman, 2014; Tomporowski, McCullick, Pendleton y Pesce, 2015).

En esta línea de trabajo Manjunath y Telles (2001) realizaron un estudio piloto con niños y con niñas de diez a trece años de edad sobre los efectos del yoga en las FE. Es importante tener en cuenta que el yoga permite no solo la actividad física, sino que también permite que los niños y que las niñas aprendan a relajarse. Los resultados mostraron que los participantes que realizaron yoga setenta y cinco minutos al día, siete días a la semana, durante un mes obtuvieron un mejor rendimiento en flexibilidad cognitiva en comparación con los participantes del grupo control.

En la misma línea Lakes y Hoyt (2004) llevaron a cabo una investigación en la que compararon la relación entre la actividad física, a través de dos tipos de actividad física que son, por un lado, la educación física tradicional y, por otro lado, el taekwondo, y la memoria de trabajo y el control inhibitorio. Los participantes del grupo experimental, los niños y las niñas que practicaron taekwondo, obtuvieron mejores resultados en memoria de trabajo y en control inhibitorio que los participantes del grupo control, los niños y las niñas que practicaron educación física tradicional.

En definitiva, las investigaciones parecen evidenciar una relación entre el funcionamiento ejecutivo y la actividad física y dicha relación parece que se debe a la mejora de diferentes procesos cognitivos como son la planificación, las estrategias de control, el procesamiento de la información y la memoria de trabajo (Aadland et al., 2017; Khan y Hillman, 2014; Tomporowski et al., 2015).

Presentados los programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil se va a realizar una comparación entre estos.

Existen diferentes programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil lo que dificulta que se puedan establecer comparaciones (Traverso, Viterbori y Usai, 2015). Los programas de intervención educativa se diferencian en la duración, ya que hay programas de intervención educativa de corta y de larga duración, el tipo de agrupamiento, ya que hay programas de intervención educativa individuales y grupales, y los recursos, ya que hay programas de intervención educativa con recursos tradicionales y con recursos digitales.

Los programas de intervención educativa a largo plazo se suelen realizar a lo largo del segundo ciclo de la etapa, desde los tres hasta los seis años, o a lo largo del sexto nivel, es decir, antes de empezar Educación Primaria (Raver et al., 2011). Los beneficios son dos. En primer lugar, que se suelen realizar de forma grupal lo que abarata los costes en recursos humanos. En segundo lugar, que suelen obtener mayores beneficios para el alumnado. Los inconvenientes son dos. En primer lugar, que necesitan mucho tiempo para implementarlos lo que implica una alta implicación y formación de las personas que lo van a implementar (Domitrovich, Cortes y Greenberg, 2007). En segundo lugar, que la condición anterior suele hacer que estos programas de intervención educativa sean poco viables debido a los costes en recursos materiales y en recursos humanos.

Los programas de intervención educativa a corto plazo se suelen realizar a lo largo de una semana o de un mes. Estos programas pueden utilizar recursos tradicionales con una duración de una semana con tres u ocho sesiones (Kloo y Perner, 2003) o recursos digitales con una duración que va desde una semana a un mes en la que se realizan de dos a cinco sesiones semanales (Bergman-Nutley et al., 2011; Thorell et al., 2009). Los beneficios son dos. En primer lugar, que son más viables que los programas de intervención educativa a largo plazo. En segundo lugar, que suelen presentar buenos resultados. Los inconvenientes son tres. En primer lugar, que se suelen realizar de manera individual, lo que incrementa los costes en recursos humanos. En segundo lugar, que son poco ecológicos (Bergman-Nutley et al., 2011). En tercer lugar, que suelen necesitar una amplia formación de los maestros y de los profesores que van a participar en su implementación.

Presentada la comparación de los programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil se van a explicar los requisitos para el éxito de los programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil.

Es fundamental significar que la mayoría de los programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil suelen presentar efectos positivos en relación con el desarrollo de las FE en sus participantes. No obstante, según Diamond (2014), el éxito de la implementación de los programas de intervención educativa va a depender de cinco requisitos.

El primer requisito es que las tareas que desarrollen las FE deben de ser complejas, aunque adaptadas a la edad de los participantes, para que se produzcan diferencias entre el grupo experimental y el grupo control (Davis, Marra, Najafzadeh y Lui-Ambrose, 2011).

El segundo requisito es que si, además, de las FE se quieren desarrollar otras áreas como, por ejemplo, la lectura o las matemáticas, será necesario que las tareas se realicen en un contexto relacionado con la lectura o con las matemáticas, ya que algunas investigaciones como, por ejemplo, la de Bergman-Nutley et al. (2011) parecen evidenciar que la transferencia es estrecha.

El tercer criterio es que los programas de intervención educativa son más beneficios para los participantes que tienen dificultades o déficits en las FE, por el motivo que sea, que para el resto de participantes (Flook et al., 2010).

El cuarto criterio es que los programas de intervención educativa en FE tienen que incrementar la dificultad de las tareas a desarrollar para que se obtengan beneficios al respecto en los participantes y evitar, en la medida de lo posible, que las actividades sean monótonas y provoquen la desmotivación de los niños y de las niñas (Bergman-Nutley et al., 2011).

El quinto requisito es la repetición, puesto que para que se mejoren las FE es necesario que se dedique tiempo a este tipo de tareas (Diamond, 2014).

Todos estos criterios se han tenido en cuenta para la elaboración del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil” que se puede consultar en el capítulo VI.

Capítulo II:

Habilidades Matemáticas Básicas

1. Evolución y desarrollo de los planteamientos didácticos en la educación matemática.

En el presente epígrafe se explicará la evolución y el desarrollo de los planteamientos didácticos en la educación matemática. Para ello, en primer lugar, se presentarán algunos de los motivos que justifican la necesidad de enseñar matemáticas en la etapa de Educación Infantil y, posteriormente, se analizan los enfoques que han contribuido a la evolución y al desarrollo de los planteamientos didácticos en la educación matemática.

Para comenzar se comentarán algunas de las razones que justifican la necesidad de enseñar matemáticas en general y, en particular, en la etapa de Educación Infantil que es el periodo objeto de estudio de la presente investigación, para ello, a continuación, se indicarán tres motivos generales.

El primer motivo es que las matemáticas se deben enseñar porque el aprendizaje de las matemáticas permite que cada persona desarrolle su capacidad intelectual.

El segundo motivo por el que se deben enseñar las matemáticas es porque los seres humanos van a necesitar las matemáticas para poder desenvolverse en la sociedad tanto presente como futura.

El tercer motivo para enseñar las matemáticas es que las matemáticas son el lenguaje y la herramienta a través de la cual se estructuran las diferentes disciplinas científicas.

Presentados los motivos por los que se debe enseñar matemáticas en la etapa de Educación Infantil se explicará cómo se deberían enseñar desde diferentes enfoques teóricos, en concreto, desde el Conductismo, desde la Psicología Cognitiva y desde el Constructivismo. Las teorías de cómo deben ser los planteamientos didácticos en matemáticas en Educación Infantil tienen su origen en los trabajos de diversos psicólogos y pedagogos que investigaron al respecto durante el siglo XX. Estas teorías presentan características comunes entre ellas, pero también hay grandes discrepancias. Tanto los puntos de convergencia, como los puntos de divergencia serán analizados a lo largo del presente epígrafe.

1.1. Conductismo.

El Conductismo tiene su origen en los experimentos de psicólogos como Iván Pávlov y Burrhus Skinner que realizaron sus investigaciones con animales de laboratorio. Burrhus Skinner defendía en sus investigaciones que lo que se podía lograr con un animal de laboratorio también era posible lograrlo con un ser humano, es decir, si los animales de laboratorio podían ser condicionados para que mostrasen la conducta requerida ante un estímulo determinado los seres humanos también podrían hacerlo.

El primer investigador que quiso aplicar al campo de la educación las ideas del Conductismo fue John Watson, el padre del Conductismo, posteriormente le siguieron otros investigadores como Edward Thorndike o Robert Gagné.

Para el Conductismo el conocimiento es un conjunto de técnicas y de datos que se adquieren estableciendo asociaciones, la enseñanza es un proceso de estímulo y de respuesta, el maestro es un transmisor, el alumno es un sujeto pasivo y saber es tener conocimiento memorizado y ser capaz de recordarlo. Así, para el Conductismo el proceso de enseñanza-aprendizaje es la modificación de las conductas que se producen en las personas como resultado de que adquieran determinados conocimientos. La adquisición de conocimientos desde esta perspectiva se logra condicionando a los alumnos y a las alumnas. El condicionamiento del alumnado se realiza a través del instructor, quien guía al alumnado, mediante un proceso de estímulo, de respuesta y de asociación. Así, cuando los alumnos y las alumnas dan una respuesta al estímulo se ha creado una asociación, que persistirá en la memoria si se repite. En la actualidad son pocos los docentes que consideran que el aprendizaje basado en los estímulos y en las respuestas es beneficioso para el alumnado.

A continuación, se explicarán algunas de las aportaciones del Conductismo al desarrollo de los planteamientos didácticos en la educación matemática en la etapa de Educación Infantil como son la Teoría del Aprendizaje de Edward Thorndike, el Aprendizaje Programado de Burrhus Skinner y las Jerarquías de Aprendizaje de Robert Gagné. Para acabar el subapartado se presentarán ejemplos de actividades matemáticas en Educación Infantil que siguen el Conductismo y las principales limitaciones de este enfoque.

1.1.1. Aportaciones del Conductismo a la educación matemática.

1.1.1.1. Teoría del Aprendizaje de Edward Thorndike.

La Teoría del Aprendizaje de Edward Thorndike postula la ley del efecto, la ley de la disponibilidad y la ley del ejercicio.

La ley del efecto establece que el vínculo entre un estímulo y una respuesta se establece y se refuerza si la respuesta va inmediatamente acompañada de algo placentero y se debilita si va inmediatamente acompañada de algo que no sea placentero. Esta ley está presente en la mayoría de las aulas a través del sistema de calificaciones, siendo una nota alta un refuerzo positivo y una nota baja un castigo positivo. No obstante, hay docentes que tienen más presente esta ley usando un refuerzo positivo extrínseco a través de, por ejemplo, puntos o premios.

La ley de la disponibilidad establece que se debe asociar el deseo con el aprendizaje, ya que, para poder aprender, es necesario que el alumnado este motivado. Esta ley tiene una enorme transcendencia porque el éxito y el fracaso son las principales variables que determinan la actitud de los alumnos y de las alumnas ante los aprendizajes escolares (Sorenson, 1964).

La ley del ejercicio establece que las conexiones se pueden fortalecer o debilitar. Se fortalecen con el uso y se debilitan con el desuso. Esta ley tiene una multitud de ejemplos en nuestro Sistema Educativo, ya que el modelo educativo español se basa en un currículo de tipo memorístico que se logra a través de la repetición. En la etapa de Educación Infantil se puede vivir esta situación en los ejercicios de suma o de resta. En estos ejercicios se pretende establecer un vínculo entre el estímulo, hacer la suma o la resta, y la respuesta, la aplicación de las HMB que permitan hacer la operación matemática, para establecer este vínculo los niños y las niñas realizan multitud de ejercicios de sumar y de restar. El problema reside en que no se plantea esta tarea de un modo significativo, sino como un vínculo, que depende del uso, por lo que tras los periodos vacacionales parece que algunos niños han olvidado cómo se realizaban estas operaciones. Esta situación se debe, precisamente, a la ley del ejercicio. La falta de uso debilita la conexión y el uso la fortalece, es decir, los niños olvidan como se realiza la operación por la falta de uso y por no ser un aprendizaje significativo.

1.1.1.2. Aprendizaje Programado de Burrhus Skinner.

El Aprendizaje Programado de Burrhus Skinner es un tipo de aprendizaje que defiende que todo proceso de enseñanza-aprendizaje debe ser dividido en pequeños pasos para llegar al resultado final y que el condicionamiento operante juega un papel clave en el logro de los aprendizajes (Skinner, 1954).

De este modo, en el Aprendizaje Programado Burrhus Skinner aplicó al campo de la educación los principios del condicionamiento operante. El condicionamiento operante es un proceso en el que la frecuencia de ocurrencia de una conducta depende directamente de las consecuencias que tenga esa conducta, así, si la conducta tiene consecuencias positivas la conducta se fortalecerá y el sujeto tenderá a repetirla, por el contrario, si la conducta tiene consecuencias negativas la conducta se debilitará, tendiendo a desaparecer, por lo que el sujeto tenderá a evitar la realización de esa conducta (Beltrán y Bueno, 1995).

Además de la incorporación del condicionamiento operante a la educación Burrhus Skinner incorporó otra variable al proceso de enseñanza-aprendizaje, a través del Aprendizaje Programado, que era que los alumnos y que las alumnas debían recibir una retroalimentación rápida y constante de los resultados de sus aprendizajes que justifica su Aprendizaje Programado. La integración de este aspecto a la educación podría ser positivo, pero complejo, especialmente, si se trabaja con libros de texto. Una opción para realizar este tipo de trabajo son las TIC que ofrecen multitud de ventajas como, por ejemplo, que el alumnado reciba refuerzo positivo de un modo frecuente e inmediato o que el alumnado pueda avanzar a su propio ritmo (Skinner, 1984). No obstante, las TIC también presentan desventajas como, por ejemplo, que no se produce interacción entre el alumnado o que algunas experiencias no pueden ser presentadas en forma de TIC (Orton, 1988).

El reforzamiento positivo y negativo y el castigo positivo y negativo tiene una presencia importante en la forma de enseñar de los maestros y de los profesores. Antaño las situaciones de reforzamiento y de castigo se producían a través del temor, especialmente, del miedo a los maestros y a los profesores y del miedo a los castigos. Pero hoy en día está situación, en mucha menor medida, también se produce, pues algunos alumnos y alumnas actúan para evitar el ridículo o el castigo y no por el deseo de aprender.

1.1.1.3. Jerarquías de Aprendizaje de Robert Gagné.

Robert Gagné, a través de las Jerarquías de Aprendizaje, propuso que los procesos de enseñanza-aprendizaje se realizarán a través de una jerarquía, es decir, de un proceso en el que una tarea se divide en pequeños pasos para poder resolverla (Gagné, 1985). Una Jerarquía de Aprendizaje se refiere a cómo y en qué orden aprenden los alumnos y las alumnas los diferentes contenidos, pero, según Hart (1981), este término se puede utilizar para referirse a una secuencia de enseñanza del profesorado, a una secuencia de comprensión del alumnado o a la organización de un contenido. Los tres conceptos son diferentes, pero ambos deben estar relacionados para lograr el aprendizaje del alumnado.

El proceso, según Robert Gagné, se inicia definiendo el objetivo que los maestros o que los profesores quieren que logren sus alumnos y sus alumnas. El paso siguiente es realizar el análisis de la tarea teniendo en cuenta los contenidos previos que el alumnado deberá poseer para poder realizar satisfactoriamente la tarea. El tercer paso consiste en repetir el procedimiento estableciendo exactamente qué conocimientos previos son necesarios por parte del alumno. Este proceso se realizará hasta llegar a identificar los conocimientos previos del alumnado.

En relación con la enseñanza de las matemáticas Orton (1988) y Resnick y Ford (1981) resumen las Jerarquías de Aprendizaje de Robert Gagné en los siguientes pasos. En primer lugar, resolución de problemas, en segundo lugar, requisitos previos, en tercer lugar, reglas, principios y conceptos definidos, en cuarto lugar, requisitos previos, en quinto lugar, conceptos concretos, en sexto lugar, requisitos previos, en séptimo lugar, discriminaciones, en octavo lugar, requisitos previos y, en noveno lugar, conexiones estímulo-respuesta. De modo que la resolución de problemas matemáticos, o la resolución de cualquier tipo de problema, requiere por parte del alumnado que este integre de un modo nuevo y diferente sus conocimientos previos para poder adaptarlos a las demandas de la nueva tarea que se le presenta.

Para acabar destacar que la aportación de Robert Gagné es fundamental para poder analizar cómo se produce el aprendizaje y cómo se puede organizar. Gracias a la elaboración de una secuencia de contenidos se facilitará el aprendizaje del alumnado, pero solo con este recurso no se garantizará el aprendizaje.

1.1.2. Ejemplos de actividades matemáticas.

Seguidamente se presentarán ejemplos de actividades matemáticas que se realizan en la etapa de Educación Infantil basadas en el Conductismo.

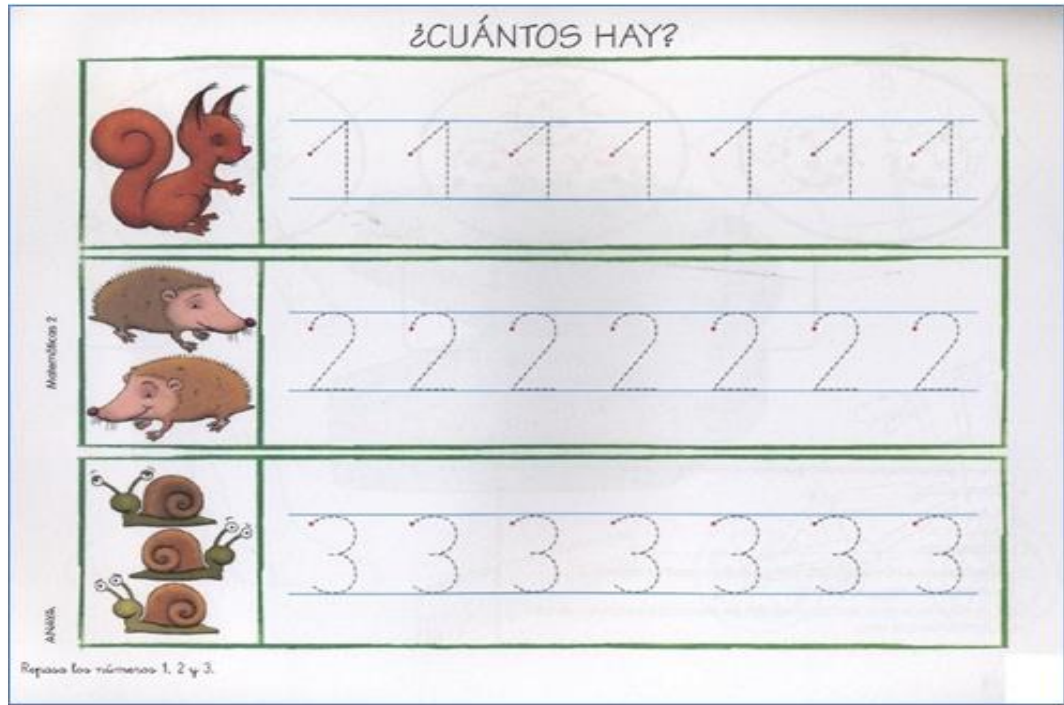


Figura II.1. Actividad para trabajar los números basada en el Conductismo.

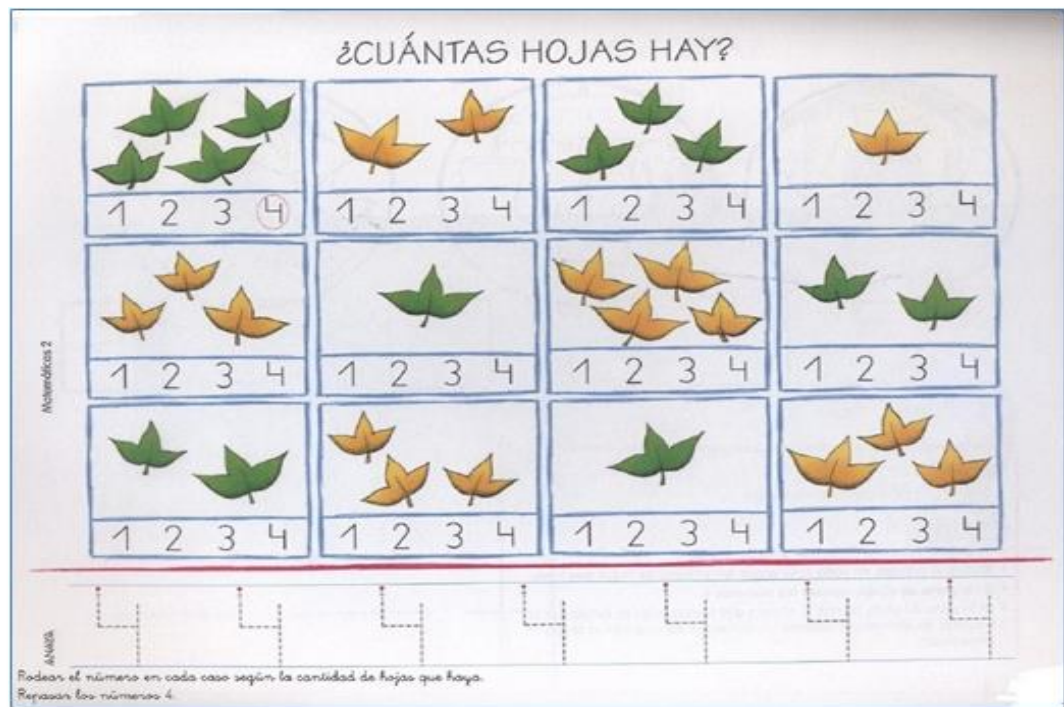


Figura II.2. Actividad para trabajar la cantidad basada en el Conductismo.

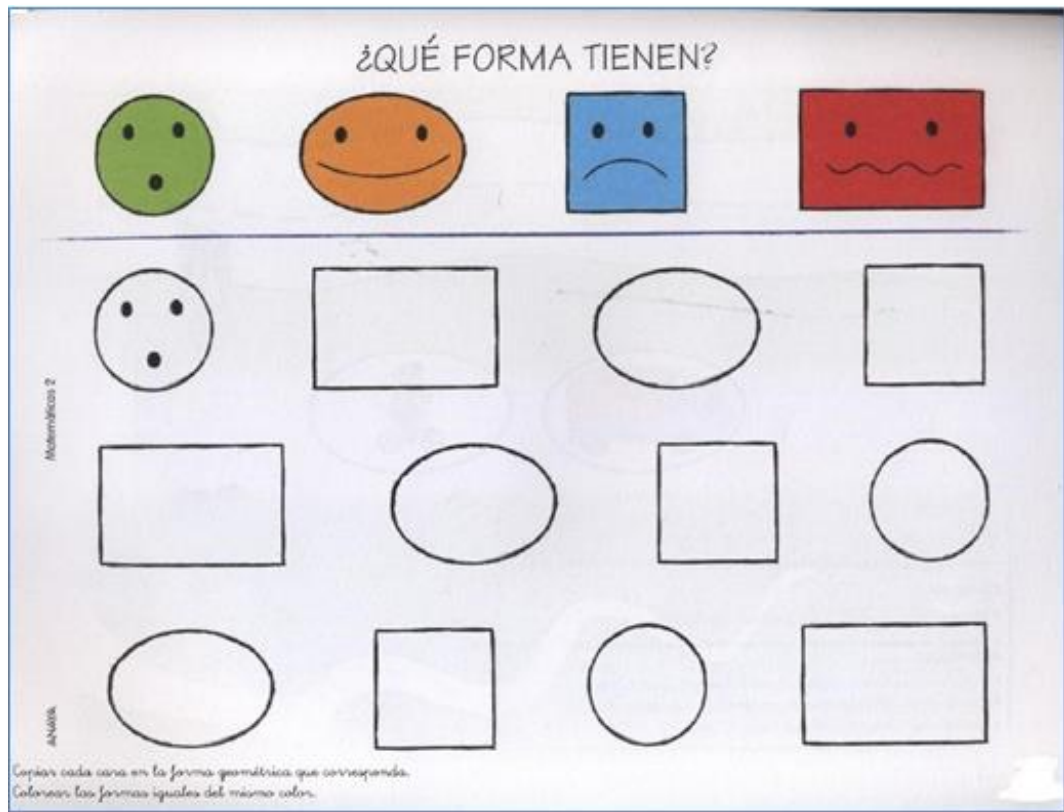


Figura II.3. Actividad para trabajar las formas geométricas basada en el Conductismo.



Figura II.4. Actividad para trabajar las medidas basada en el Conductismo.

1.1.3. Limitaciones pedagógicas del Conductismo.

Para acabar con este subepígrafe es necesario explicar las limitaciones del Conductismo que se presentarán seguidamente.

La primera limitación es como entiende la educación. Para el Conductismo el conocimiento es un conjunto de técnicas y de datos que se adquiere estableciendo asociaciones, la enseñanza es un proceso de estímulo y de respuesta, el maestro es un transmisor, el alumno es un sujeto pasivo y saber es tener conocimiento memorizado y ser capaz de recordarlo. Por lo que el Conductismo es inadecuado para enseñar cómo se establecen relaciones o cómo se resuelven problemas (Brownell, 1935; Romberg, 1993).

La segunda limitación son todas las variables que ignora como, por ejemplo, los problemas educativos como las razones del fracaso escolar o el papel de los errores en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La tercera limitación es que pone demasiado énfasis en el proceso de aprendizaje y poco en el proceso de enseñanza. Por lo que todo el peso del proceso de enseñanza-aprendizaje recae en los alumnos y en las alumnas.

La cuarta limitación es que podría fomentar ideas como, por ejemplo, que aprender matemáticas es memorizar cuándo en realidad es un proceso que tiene que alejarse de lo mecánico e implicar un alto grado de originalidad que permita adaptar los esquemas previos a las nuevas situaciones propuestas por los maestros y por los profesores (Pozo, 1989), que la comprensión juega un papel secundario cuándo en realidad es el inicio del desarrollo de la tarea, que la incapacidad del alumnado para responder con velocidad es una señal de inferioridad, que siempre hay una regla para resolver cualquier tarea cuándo en realidad hay muchas opciones y desde las escuelas se debe fomentar el pensamiento lateral de Edward Bono o que sólo hay una manera correcta de solucionar las actividades.

La quinta limitación es que solo tiene en cuenta los aspectos de la conducta que son externos y observables, descartando los procesos cognitivos y los procesos emocionales que tienen un papel clave en la educación y, especialmente, en la etapa de Educación Infantil.

1.2. Psicología Cognitiva.

La aparición de la Psicología de la Gestalt y de diversas teorías psicológicas como, por ejemplo, la Teoría Evolutiva de Jean Piaget pusieron de manifiesta la importancia de los procesos cognitivos (Gómez, 1991). Estos avances en la Psicología refuerzan en el campo de la Educación la importancia de la comprensión, por lo que se pasa del adiestramiento en matemáticas a la comprensión de las matemáticas.

El primer investigador que quiso aplicar al campo de la educación las ideas de la Psicología Cognitiva fue Jean Piaget, el padre de la epistemología genética, posteriormente le siguieron otros investigadores como Lev Vygotski, Jerome Bruner o David Ausubel.

Para la Psicología Cognitiva el conocimiento no se debe a la acumulación de contenidos, sino a la adquisición de sistemas de relaciones organizados subyacentes, por lo que no provienen del exterior, sino que es el sujeto quién debe elaborar el conocimiento desde dentro, la enseñanza se entiende como comprensión, el maestro es un mediador o un guía, el alumno el protagonista del proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo que es activo, y saber es crear sistemas de relaciones organizados. Por tanto, la Psicología Cognitiva se basa, principalmente, en tres principios. El primer principio es que los maestros y que los profesores deben estimular la formación de relaciones. El segundo principio es que se deben establecer conexiones entre los conocimientos que se van a adquirir y los conocimientos previos de los alumnos y de las alumnas. El tercer principio es que hay que tener en cuenta y estimular las matemáticas inventadas por los niños y por las niñas.

A continuación, se explicarán algunas de las aportaciones de la Psicología Cognitiva al desarrollo de los planteamientos didácticos en la educación matemática en la etapa de Educación Infantil como son la Teoría del Procesamiento de la Información. Para acabar el subapartado se presentarán ejemplos de actividades matemáticas en Educación Infantil que siguen la Psicología Cognitiva y las principales limitaciones de este enfoque.

1.2.1. Aportaciones de la Psicología Cognitiva a la educación matemática.

1.2.1.1. La Teoría del Procesamiento de la Información.

La Teoría del Procesamiento de la Información hace referencia a un grupo de modelos psicológicos que abogan por que las personas son procesadores activos de los estímulos que reciben del entorno.

Los principales representantes son Robert Gagné, Allen Newell y Richar Mayer. Robert Gagné abogaba por que el aprendizaje ocurre en la cabeza de la persona, por lo que el aprendizaje no es una conducta que pueda ser observada por otros. Allen Newell defiende la importancia del procesamiento de la información en el desarrollo de la inteligencia de las personas. Richar Mayer defiende la importancia de la memoria.

Seguidamente se explicarán los principales modelos de la Teoría del Procesamiento de la Información. El primer modelo a considerar es el Modelo Multialmacén de Richard Atkinson y de Richard Shiffrin que divide la memoria en tres elementos que son el registro sensorial, un almacén de corta duración y un almacén de larga duración. El primer elemento permite la entrada de información. El segundo elemento hace referencia a la memoria a corto plazo. El tercer elemento hace referencia a la memoria a largo plazo. El segundo modelo a tener en cuenta es el Modelo de los Niveles de Procesamiento de Fergus Craik y de Robert Lockhart. En este modelo los citados autores añadieron al Modelo Multialmacén de Richard Atkinson y de Richard Shiffrin que la información se puede procesar a diferentes niveles en función de si solo percibimos la información o de si prestamos atención a la información. Así, habrá un procesamiento superficial opuesto al procesamiento profundo. El tercer modelo a considerar es el Modelo Multicomponente de Alan Baddeley. Este modelo describe un sistema ejecutivo central que permite la supervisión de los inputs que reciben los seres humanos a través de las imágenes o de la lectoescritura mediante la agenda visoespacial o a través del lenguaje receptivo mediante el bucle fonológico. El cuarto modelo a tener en cuenta es el Modelo Conexionista de David Rumelhart y de James McClelland en el que describieron como se produce el almacenamiento de la información a través de las redes neuronales.

1.2.2. Ejemplos de actividades matemáticas.

Seguidamente se presentarán ejemplos de actividades matemáticas que se realizan en la etapa de Educación Infantil basadas en la Psicología Cognitiva.

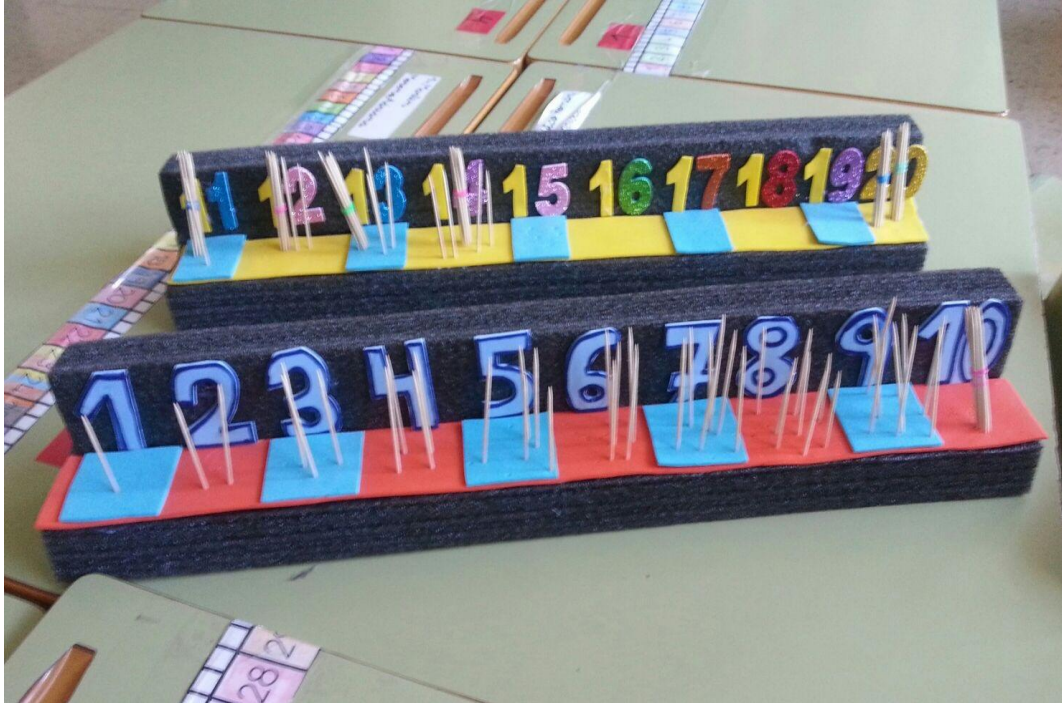


Figura II.5. Actividad para trabajar los números basada en el Método ABN.



Figura II.6. Actividad para trabajar la cantidad basada en el Método Montessori.



Figura II.7. Actividad para trabajar las formas geométricas basada en la Psicología Cognitiva.



Figura II.8. Taller de cocina para trabajar las medidas basado en la Psicología Cognitiva.

1.2.3. Limitaciones pedagógicas de la Psicología Cognitiva.

Para acabar con este subepígrafe es necesario explicar las limitaciones de la Psicología Cognitiva que se presentarán seguidamente.

La primera limitación es que en la Psicología Cognitiva los alumnos y las alumnas tienen que reproducir los contenidos previamente aprendidos gracias al proceso de enseñanza-aprendizaje. Por lo que se condiciona a los alumnos y a las alumnas a realizar actividades previamente definidas por los maestros y por los profesores.

La segunda limitación es que la Psicología Cognitiva aboga por el aprendizaje de conceptos, lo que puede suponer un problema, especialmente en la etapa de Educación Infantil, porque el aprendizaje de conceptos a veces puede no tener una manifestación externa directa.

La tercera limitación es que la Psicología Cognitiva se centra en el proceso y no en el resultado, lo que es positivo para el proceso de enseñanza-aprendizaje, pero puede entenderse como una limitación porque el proceso no es fácilmente observable y, por tanto, no es fácilmente evaluable.

La cuarta limitación de la Psicología Cognitiva es que no existen orientaciones didácticas concretas, ni materiales claros y previstos para trabajar en el aula con los alumnos y con las alumnas. Esta situación puede ser una ventaja o una desventaja, dependiendo de cada docente, así, será una ventaja si los maestros y los profesores realizan unos materiales curriculares y unos materiales didácticos significativos para su alumnado o puede ser una desventaja si los materiales que se ofrecen al alumnado no son significativos para los discentes.

La quinta limitación es que la Psicología Cognitiva pone un gran énfasis en investigar sobre el aprendizaje del alumnado, pero no pone tanto énfasis en desarrollar la instrucción.

La sexta limitación de la Psicología Cognitiva es que solo se enfoca a los procesos cognitivos de los alumnos y de las alumnas y no a su entorno social que, cómo se sabe en la actualidad, tiene un papel clave en el desarrollo de los niños y de las niñas.

1.3. Constructivismo.

El Constructivismo es una corriente pedagógica que postula que los seres humanos construyen su propio conocimiento sobre su entorno mediante la experiencia. Para Kilpatrick (1985; 1990) para que un aprendizaje sea constructivista debe cumplir dos principios. El primer principio es que las personas construyen su propio conocimiento a partir de su conocimiento subjetivo y el segundo principio es que aprender es un proceso adaptativo para organizar un entorno que se está descubriendo. El primer principio goza de mayor aceptación que el segundo principio, dando lugar al Constructivismo Simple, mientras que la aceptación de ambos principios se entiende por Constructivismo Radical.

Para el Constructivismo el conocimiento es la construcción que cada persona hace de la información que recibe de su entorno, la enseñanza es el proceso que facilita que el alumnado construya su propio conocimiento, el maestro es moderador, coordinador, facilitador, mediador y, también, un participante más, que crea un clima afectivo armónico, el alumno tiene que aprender a trabajar en colaboración para aprender a vincularse positivamente y poder utilizar las operaciones mentales para adquirir conocimientos y saber es construir el conocimiento.

Para Coll (1990) y para Confrey y Kazak (2006) el Constructivismo aplicado al área de matemáticas es un método de aprendizaje mediante el cual el alumnado construye significados y atribuye sentido a lo que aprende, aunque son los maestros y los profesores, como mediadores del aprendizaje, quienes deben facilitar el acceso a los contenidos educativos.

A continuación, se explicarán algunas de las aportaciones del Constructivismo al desarrollo de los planteamientos didácticos en la educación matemática en la etapa de Educación Infantil como como son la Teoría Evolutiva de Jean Piaget, la Teoría del Aprendizaje Sociohistórico de Lev Vygotski, el currículo en espiral de Jerome Bruner, el aprendizaje por descubrimiento de Jerome Bruner y la Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel. Para acabar el subapartado se presentarán ejemplos de actividades matemáticas en Educación Infantil que siguen el Constructivismo y las principales limitaciones de este enfoque.

1.3.1. Aportaciones del Constructivismo a la educación matemática.

1.3.1.1. La Teoría Evolutiva de Jean Piaget.

La Teoría Evolutiva de Jean Piaget explica el desarrollo del pensamiento humano (Piaget, 2015). Las etapas en el desarrollo cognitivo según Jean Piaget son: estadio sensoriomotor (de los cero a los dos años), estadio preoperacional (de los dos a los seis o siete años), estadio de las operaciones concretas (de los seis o siete a los doce años) y estadio de las operaciones formales o abstractas (de los doce a los dieciséis años). Seguidamente se desarrollarán los dos primeros estadios que corresponden a la etapa de Educación Infantil.

En el estadio sensoriomotor el comportamiento adaptativo del niño permanece vinculado a su entorno físico inmediato, aquel entorno que percibe directamente y sobre el que puede ejercer una actividad motriz. Este estadio se inicia con un egocentrismo intelectual total en el que sólo cuenta el propio cuerpo y las propias sensaciones y termina con el dominio elemental del mundo circundante, coincidiendo con la aparición de la función simbólica, que es la capacidad de representar un significado por medio de un significante (lenguaje, imagen mental, juego simbólico, imitación diferida y dibujo) y pensar en lo primero a partir de lo segundo. La función simbólica marca el inicio del estadio preoperacional. Los logros más destacados del estadio sensoriomotor van a ser: la inteligencia práctica ligada a lo sensorial y a la acción motora, el establecimiento de la conducta intencional, la construcción del concepto de objeto permanente, las primeras representaciones mentales y el acceso a la función simbólica.

En el estadio preoperacional se afianza la función simbólica, cuyas múltiples manifestaciones aportan una novedad radical en la inteligencia del niño, pues de práctica pasa a ser representativa. El estadio preoperacional señala la existencia de dos subestadios que son el pensamiento preconceptual y simbólico (2-4 años) que se caracteriza por la utilización de preconceptos y el pensamiento intuitivo (4-6/7 años) en el que aparecen las primeras operaciones lógicas. Este subestadio culmina con la aparición de la reversibilidad que da paso al siguiente estadio. El estadio preoperacional se caracteriza por la centración, por la irreversibilidad, por el estatismo, por el egocentrismo y por el razonamiento transductivo.

Una vez se han presentado, de forma general, los dos primeros estadios de Jean Piaget se explicarán en profundidad los logros del estadio preoperacional por parte de los niños y de las niñas, ya que los participantes de esta investigación están en el tercer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil.

En este estadio los niños y las niñas presentan un pensamiento representativo que se caracteriza por depender de las características de los objetos y por ser irreversible. Por ello en este periodo evolutivo los alumnos pueden afirmar, pero no son capaces de demostrar, y cuándo trabajan debemos de dejarles el material para que lo manipulen, ya que deben de trabajar directamente con la realidad.

En el estadio preoperacional los alumnos y las alumnas desarrollarán una serie de HMB y de limitaciones al respecto que se explicarán seguidamente.

En relación con la noción de número y con los conceptos cuantitativos como, por ejemplo, pequeño, mediano o grande destacar que estos todavía dependen de las cualidades que puedan percibir a través de sus sentidos.

En relación con el constructo de conservación, que es uno de los principales indicadores del paso del estadio preoperacional al estadio de las operaciones concretas, los niños no presentan la capacidad de conservación o presentan una capacidad de conservación empírica en la que sostienen temporalmente las hipótesis con algunas transformaciones, pero no con todas (Flavell, 1963).

En relación con la clasificación hasta los cinco años los niños tienden a clasificar los materiales en colecciones figurables (Piaget e Inhelder, 1975; Stock, Desoete y Roeyers, 2009a; 2009b). De los cinco años y medio a los siete u ocho años las colecciones figurables son remplazadas por colecciones abstractas, para acabar realizando verdaderas clasificaciones.

En relación con las nociones espaciales y temporales los infantes las constituyen en función de sus experiencias. Al final de este periodo se desarrollarán nociones iniciales de geometría.

En definitiva, las matemáticas en estas edades permitirán que los niños y que las niñas organicen el mundo que les rodea en función de sus experiencias.

La Teoría Evolutiva de Jean Piaget es importante desde el campo de las matemáticas, principalmente, por tres razones. La primera razón es la definición que aporta Jean Piaget de conocimiento cómo la construcción personal de cada sujeto desde la propia experiencia con el entorno a través de los procesos de asimilación y de acomodación. La segunda razón es que defiende que los seres humanos construyen por igual estructuras lógico-matemáticas y estructuras espacio-temporales. La tercera razón es que establece tres tipos de conocimiento, relacionados entre sí, que son el conocimiento social, el conocimiento físico y el conocimiento lógico-matemático. A continuación, se profundizará en cada tipo de conocimiento.

El conocimiento social es externo y se aprende por transmisión oral. Este tipo de conocimiento consiste en asimilar lenguajes, normas, signos, representaciones y convenios. Tiene su origen en los sujetos organizados en sociedades. Se aprende a través de los sentidos y del lenguaje oral y escrito. Se logra a través de la interacción del sujeto con el medio social.

El conocimiento físico es externo y se aprende por los sentidos. Este tipo de conocimiento tiene su origen en los objetos, consiste en captar las diferentes propiedades de los objetos, su medio de aprendizaje son los sentidos y, por tanto, se logra a través de la interacción del sujeto con el entorno.

El conocimiento lógico-matemático es interno y se aprende por abstracción reflexiva. Este tipo de conocimiento no es directamente enseñable, se desarrolla en una dirección y una vez que se construye no se olvida. Este tipo de conocimiento consiste en establecer relaciones entre los sujetos, los objetos o el medio. Tiene su origen en las personas socializadas. Se aprende gracias a la inteligencia. Requiere acción interna por parte del sujeto que aprende, quién debe de ser capaz de realizar relaciones.

La diferencia, para Jean Piaget, entre el conocimiento físico y el conocimiento lógico-matemático es que el conocimiento físico depende de la percepción y de la acción directa del sujeto sobre los objetos; mientras que el conocimiento lógico-matemático depende de la inteligencia y de la reflexión abstracta.

Además, de la Teoría Evolutiva de Jean Piaget, se pueden extraer principios generales de aprendizaje constructivo que ayudarán a desarrollar HMB en los niños y en las niñas de Educación Infantil. A continuación, se presentan los principios generales más importantes para la enseñanza de las matemáticas.

El principio de aprendizaje constructivo que significa que comprender es construir uno mismo. Los maestros y los profesores pueden ayudar a sus alumnos y a sus alumnas a adquirir HMB a través de, por ejemplo, metodologías o materiales didácticos, pero serán los propios discentes quiénes gracias a su trabajo comprendan verdaderamente (Piaget, 1970; 1973).

El principio de las representaciones concretas se refiere a que los niños sólo son capaces de pensar de forma operatoria si el objeto de sus pensamientos está presente físicamente y le ofrece representaciones concretas de conceptos.

El principio del entorno social en el aprendizaje en el que Jean Piaget defiende que es fundamental el entorno social para lograr el aprendizaje, dónde la disconformidad de los maestros, de los profesores y de los compañeros influye favoreciendo el establecimiento de relaciones cognitivas y sociales.

El principio de la enseñanza como interacción clínica significa que Jean Piaget utilizó en sus investigaciones a través de la entrevista en la que presentaba a los niños y a las niñas problemas concretos que estos debían resolver utilizando objetos físicos con los que experimentaban. Con este principio Jean Piaget aboga por que los maestros y los profesores no se limiten a que los alumnos reproduzcan lo que ellos pretenden que comprendan, sino que lo realicen, pues la expresión verbal de una tarea no significa que el alumnado haya comprendido dicha tarea.

Para acabar con este subepígrafe añadir que la Teoría Evolutiva de Jean Piaget ha sido objeto de tres críticas. La primer crítica es que algunos investigadores dudan de que el desarrollo ocurra en estadios y también critican que no se especifica como progresan los niños entre estadios. La segunda crítica es que Jean Piaget ha descrito de modo minucioso las secuencias generales del desarrollo intelectual, pero muchas veces subestima las capacidades cognitivas del infante (Gelman, Meck y Merkin, 1986). La tercera crítica es que algunos investigadores como, por ejemplo, Urie Bronfenbrenner ven la Teoría Evolutiva de Jean Piaget como poco ecológica.

1.3.1.2. La Teoría del Aprendizaje Sociohistórico de Lev Vygotski.

Todos los autores analizados en el subepígrafe de Constructivismo reconocen la importancia de la relación con otros para que haya aprendizaje, pero será la Teoría del Aprendizaje Sociohistórico de Lev Vygotski la que se centre en el estudio del papel de la mediación social (Alsina y Escalada, 2008). Esta teoría está más próxima a las teorías organicistas o constructivistas que a las teorías mecanicistas, pero a diferencia de otros autores como, por ejemplo, Jean Piaget este autor no niega la importancia del aprendizaje asociativo, simplemente afirma que es un mecanismo insuficiente para explicar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Desde la Teoría del Aprendizaje Sociohistórico Lev Vygotski realiza tres aportaciones clave al campo de la educación (Vygotski, 1934; 1962; 1978). La primera aportación es que añade como una variable de estudio el contexto social que se compone de objetos y de personas, por lo que el entorno tiene una gran influencia del grupo humano y del grupo cultural al que pertenecen los alumnos y las alumnas. La segunda aportación es la distinción entre la Zona de Desarrollo Real y la Zona de Desarrollo Potencial. La Zona de Desarrollo Real (ZDR) se corresponde con el momento evolutivo del niño y lo define como el conjunto de actividades que el niño puede llevar a cabo por sí mismo sin ayuda. La Zona de Desarrollo Potencial (ZDP) hace referencia al nivel que podría alcanzar un niño con la guía y con la colaboración de otros. La Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) sería la distancia entre la Zona de Desarrollo Real (ZDR) y la Zona de Desarrollo Potencial (ZDP). Así pues, es el aprendizaje el que precedería al desarrollo. La tercera aportación es la Ley de la Doble Formación de los Procesos Psicológicos Superiores, según la cual, dichos procesos aparecen primero a nivel social (interpersonal) y después a nivel individual (intrapersonal).

Estas aportaciones se pueden aplicar a la educación de las matemáticas, ya que todo conocimiento, incluido el conocimiento matemático, presenta una doble naturaleza social y personal. En el aprendizaje de las matemáticas los maestros y los profesores deben introducir al alumnado en un mundo nuevo, tanto a nivel conceptual como a nivel simbólico, que no es fruto de una construcción individual por parte del alumno, sino que es fruto de la interacción social del aula.

1.3.1.3. El currículo en espiral de Jerome Bruner.

En el siglo XX, concretamente en la segunda mitad, se produjo un periodo de reforma del currículo que se centraba en las matemáticas y en las ciencias. Por lo que se abrió un debate sobre cómo se tenían que enseñar estas áreas de conocimiento en las escuelas. Este debate se cerró apostando por explicar las matemáticas de una forma estructurada, es decir, se decidió que se enseñarán las estructuras matemáticas a través de un enfoque conceptual y comprensivo.

Para poder seguir esta apuesta por el aprendizaje estructurado de las matemáticas se tendrían que introducir en los centros educativos y en las aulas temas avanzados, pero siempre adecuados al desarrollo evolutivo del alumnado, por lo que sería necesario ajustar las estructuras matemáticas a los niños, lo que supondría la presentación de estructuras matemáticas parciales o incompletas que permitieran la comprensión intuitiva de las estructuras matemáticas, para en un aprendizaje posterior complementar las estructuras matemáticas previamente presentadas como parciales o incompletas. Surge de este modo el currículo en espiral de Jerome Bruner (Bruner, 1960a; 1960b; 1961; 1964; 1966; 1988).

Jerome Bruner investigó sobre los procesos cognitivos del pensamiento y del aprendizaje teniendo como referente las ideas de Jean Piaget. Este autor evaluó los procesos cognitivos de los niños centrándose en cómo representan los pensamientos fruto del proceso de enseñanza-aprendizaje estableciendo tres modos de representación que son la representación enactiva, la representación icónica y la representación simbólica, los cuales aparecen en los seres humanos en el orden indicado, por lo que deben de ser enseñados en ese orden (Bruner, 1966). La representación enactiva es un proceso manipulativo que se produce a través de la acción, por lo que es el tipo de representación más natural y menos elaborado. La representación icónica es un proceso de tipo cognitivo que introduce al sujeto en la representación a través de las imágenes mentales. Esta imagen mental permite que el sujeto pueda recordar una situación concreta sin la necesidad de tener físicamente los elementos de dicha situación. La representación simbólica se realiza gracias a la competencia lingüística a través de la cual se almacenan en la memoria las experiencias. En el campo de las matemáticas se lleva a cabo a través de las definiciones conceptuales, de las relaciones, de las propiedades y de las estrategias. Este tipo de representación conducirá al alumnado al pensamiento abstracto.

El currículo en espiral de Jerome Bruner y su clasificación de los diferentes tipos de representación en representación enactiva, en representación icónica y en representación simbólica han sido cuestionados. El cuestionamiento a estas aportaciones se debe a que no se puede verificar empíricamente que forma de representación están usando los niños y las niñas en una situación concreta y en el caso de poderse hay que preguntarse si los maestros y si los profesores podrían utilizar esta información para adaptar el proceso de enseñanza-aprendizaje al nivel evolutivo real del alumnado. Debido a estas dudas hay que plantearse si es realmente útil la clasificación de las representaciones mentales para enseñar matemáticas al alumnado.

Al margen de las críticas que puedan recibir el currículo en espiral y la tipología sobre los tipos de representaciones mentales de Jerome Bruner ambas aportaciones son muy interesantes en el campo de la educación matemática porque permiten presentar a los alumnos y a las alumnas contenidos matemáticos adaptados a su nivel evolutivo, sin necesidad de tener que esperar a que el alumnado esté preparado para ello, pues los maestros y los profesores adaptarán los contenidos matemáticos al nivel de desarrollo evolutivo real de su alumnado, apostando por una enseñanza personalizada.

Para acabar con este subapartado significar que cómo se ha podido comprobar en el presente epígrafe las aportaciones de Jerome Bruner y las aportaciones de Jean Piaget son parecidas en muchos aspectos, pero también presentan diferencias. La principal diferencia es que para Jean Piaget los maestros y los profesores deben esperar hasta que el alumno esté preparado para poder enseñarle los contenidos que dependen de que el niño haya desarrollado determinadas capacidades. Por el contrario, Jerome Bruner defiende todo lo contrario, es decir, que cualquier contenido puede ser enseñado a cualquier niño en cualquier fase de su desarrollo si es adaptado (Bruner, 1960a; 1960b). Para defender esta idea Jerome Bruner habla del currículo en espiral en el que los contenidos aparecerán una y otra vez, pero variando la profundidad en que son enseñados al alumnado y teniendo en cuenta que se debe empezar con representaciones enactivas para pasar a representaciones icónicas y acabar con representaciones simbólicas. Es interesante destacar que esta forma de entender la enseñanza es muy respetuosa con la capacidad intelectual de los alumnos y de las alumnas.

1.3.1.4. El aprendizaje por descubrimiento de Jerome Bruner.

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX se vivió en la educación una gran sensación de insatisfacción con que el currículo no se relacionará con los intereses del alumnado y con que las metodologías se basarán en la transmisión verbal del contenido y el aprendizaje en la repetición mecánica. Esta situación unida a todos los avances de la mano de Jean Piaget, de Lev Vygotski, de Jerome Bruner y de David Ausubel desencadenaron la idea de que el aprendizaje verbal es inútil para lograr resultados satisfactorios en el proceso de enseñanza-aprendizaje y la condición para lograrlo es a través de la experiencia directa del alumnado. Surge así el aprendizaje por descubrimiento de Jerome Bruner.

El aprendizaje por descubrimiento puede ser de tres tipos. El primer tipo es el aprendizaje por descubrimiento fortuito que se da en el proceso de enseñanza-aprendizaje, pero como no puede ser planificado no consta en los programas de aprendizaje. El segundo tipo es el aprendizaje por descubrimiento autónomo que consiste en que los maestros y los profesores facilitan al alumnado los materiales que son relevantes para resolver una tarea y así se deja que ellos prueben diferentes hipótesis hasta lograr resolver la tarea. El tercer tipo es el aprendizaje por descubrimiento dirigido que es un tipo de aprendizaje por descubrimiento en el que los maestros y los profesores facilitan al alumnado alguna estrategia para resolver la tarea. Por lo que los maestros y los profesores actúan como guías de los alumnos, ya que serán ellos mismos los que resuelvan la tarea.

Para poder realizar este tipo de aprendizajes en las aulas los maestros y los profesores deben planificar. Para realizar esta planificación tienen que conocer, previamente, las variables que van a intervenir en el proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo que deberán programar, por un lado, objetivos didácticos, contenidos didácticos y criterios de evaluación y, por otro lado, los mecanismos que permitirán que esos objetivos didácticos sean alcanzados por el alumnado. Para ello, es necesario que los maestros y que los profesores conozcan el nivel de desarrollo evolutivo de su alumnado, ya que en este aspecto reside, en gran medida, el éxito o el fracaso de esta metodología (Martínez y Juan, 1989).

En el área concreta de las matemáticas Shulman (1970; 1986) señaló que el aprendizaje por descubrimiento debería ser la metodología de aprendizaje de las matemáticas. Así, esta metodología fue una de las más usadas en los Estados Unidos en los currículos de matemáticas en los años sesenta y setenta (Davis, 1966; 1984) y, también, en Gran Bretaña (Cockcroft, 1982)

La aplicación del aprendizaje por descubrimiento presenta ventajas y desventajas. Las ventajas del aprendizaje por descubrimiento son que al trabajar con esta metodología en matemáticas se favorece la motivación del alumnado (Bruner, 1960a) y, también, se favorece la autoeficacia percibida para esta área de conocimiento (Biggs, 1972). Los inconvenientes del aprendizaje por descubrimiento son que no se puede esperar eternamente a que los alumnos descubran los contenidos que tienen que aprender (Bruner, 1960a), que el currículo no puede ser totalmente abierto, por lo que se necesita un guion, y que para algunos alumnos puede ser muy desmotivador si no logran resultados. Todos estos inconvenientes deben ser superados por parte de los maestros y de los profesores.

A pesar de las desventajas si los maestros y los profesores quieren que los alumnos y que las alumnas aprendan de un modo significativo y, no meramente memorístico, en el que interioricen conceptos, procedimientos y actitudes los maestros y los profesores no tienen más remedio que añadir a sus metodologías de trabajo en el aula el aprendizaje por descubrimiento, cuándo menos, el aprendizaje por descubrimiento dirigido (Carrillo, 1998; García y García, 1989; Garret, 1988). Para ello se puede trabajar a través de la resolución de problemas. Esta forma de trabajar es muy adecuada para la sociedad actual, sociedad que pretende educar desde el presente para una sociedad futura muy desconocida. La resolución de problemas permite que se le dé más peso al cómo que al qué, lo que es fundamental en una sociedad en la que es necesaria la formación continua y la capacidad de aprender a aprender (Carrillo, 2000). El trabajo a través de la resolución de problemas se inicia con un problema que activa los conocimientos previos del alumnado; durante el proceso los maestros y los profesores deben guiar al alumnado que pondrá en juego diferentes habilidades como, por ejemplo, la observación, el análisis o la evaluación y, finalmente, se llegará al logro de la tarea planteada (Egido, 2006). Así, los alumnos y las alumnas además de aprender contenidos, aprenden a aprender (Coll, 1990; Contreras y Carrillo, 2000).

1.3.1.5. La Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel.

La Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel defiende que para adquirir verdaderamente un conocimiento los nuevos contenidos deben tener un significado para el sujeto, por lo que deben estar de algún modo relacionados con sus conocimientos previos (Ausubel, 1961).

Ausubel (1961; 1963; 1968) discrepa de los psicólogos anteriores en que aprendizajes de diferentes tipos se pueden explicar bajo un mismo modelo, por lo que David Ausubel creó un modelo en el que reconoce la existencia de diferentes tipos de aprendizaje. Así, atendiendo a los tipos de aprendizajes en el aula hay aprendizajes por recepción y aprendizajes por descubrimiento si se tiene en cuenta el proceso de adquisición y aprendizajes mecánicos o por repetición y aprendizajes significativos si se tiene en cuenta el proceso de formación y atendiendo al alumnado hay aprendizajes por repetición y aprendizajes significativos si se tiene en cuenta la formación de conceptos y aprendizajes verbales y aprendizajes no verbales si se tiene en cuenta la resolución de problemas. El aprendizaje por recepción es el aprendizaje en el que los maestros y los profesores le presentan los contenidos al alumnado como un producto elaborado, dónde el alumno no tiene que hacer ningún descubrimiento. La función del alumno es internalizar el contenido para, posteriormente, ser capaz de reproducirlo. El aprendizaje por descubrimiento es un tipo de aprendizaje en el que el contenido que se va a trabajar no lo dan los maestros o los profesores, sino que, es el propio alumno el que debe descubrir el contenido para incorporarlo a su estructura cognitiva. El aprendizaje mecánico o por repetición se produce cuando las asociaciones de la tarea son arbitrarias o cuándo es el propio alumno quién realiza las asociaciones arbitrariamente. El aprendizaje significativo es aquel aprendizaje en el que el objeto de estudio se puede relacionar de forma significativa con los conocimientos previos del sujeto. Para ello es necesario que la materia sea significativa y que el sujeto este motivado de cara al proceso de enseñanza-aprendizaje. No se debe identificar el aprendizaje por recepción con el aprendizaje repetitivo, ni el aprendizaje por descubrimiento con el aprendizaje significativo. Ambos tipos de aprendizaje pueden ser repetitivos o significativos (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978; Ausubel y Robinson, 1969).

Ahondando en la Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel Novak (1977) afirma que el principal problema del aprendizaje escolar es el grado en el que el nuevo aprendizaje es significativo para los alumnos y para las alumnas. Así, Joseph Novak retoma la Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel y nombra las condiciones para que el aprendizaje sea significativo. Para que el aprendizaje sea significativo son necesarias tres condiciones.

La primera condición es la significatividad desde la perspectiva de la estructura psicológica del alumnado. Se requiere que el alumnado disponga de los conocimientos previos pertinentes que le permitirán abordar el nuevo aprendizaje, pero también exige una actitud favorable por parte del alumnado, el cual deberá estar motivado. En este aspecto hay una diferencia entre David Ausubel y Joseph Novak. Para David Ausubel si el niño o la niña no disponen de conocimientos previos se puede suplir con un organizador previo que rellene este vacío. La idea de un organizador previo es muy interesante para desarrollar las HMB, pues a pesar del orden jerárquico de esta área de conocimiento es una idea que se debería de considerar (Orton, 1988).

La segunda condición es la significación desde el punto de vista de la estructura lógica de la disciplina. Esto requiere que los datos y que los conceptos que componen el material de aprendizaje muestren una estructura lógica en sus relaciones, por lo que los docentes debemos elaborar un material que sea potencialmente significativo para el alumnado.

La tercera condición es la significación desde el plano de la propia funcionalidad de lo aprendido. Los contenidos serán funcionales en la medida en que sirvan tanto para permitir la integración del alumno en el medio sociocultural, como para favorecer el aprendizaje de otros contenidos culturales.

Si se cumplen estas condiciones se podrá producir un aprendizaje significativo en el alumnado. El aprendizaje significativo se diferencia del aprendizaje no significativo en que el aprendizaje no significativo consiste en disponer de una colección de reglas aisladas para obtener soluciones a un breve conjunto de problemas; mientras que el aprendizaje significativo consiste en disponer de estructuras conceptuales suficientes que permitan resolver una mayor cantidad de problemas (Skemp, 1971; 1976; 1989).

1.3.2. Ejemplos de actividades matemáticas.

Seguidamente se presentarán ejemplos de actividades matemáticas que se realizan en la etapa de Educación Infantil basadas en el Constructivismo.

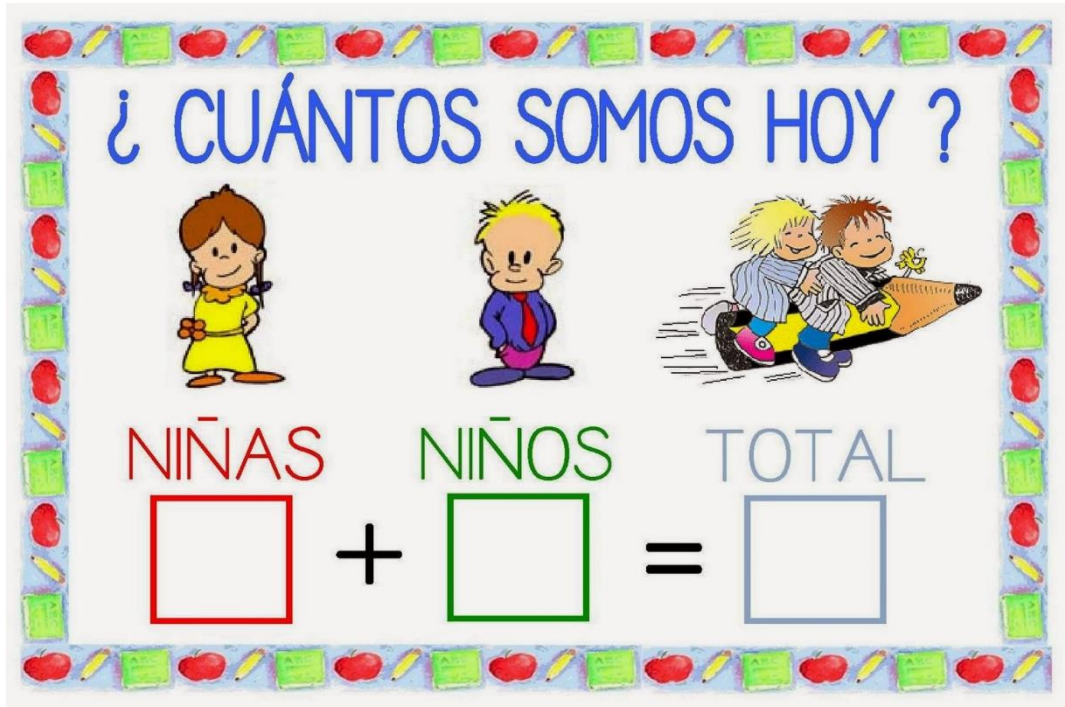


Figura II.9. Actividad para trabajar los números basada en el Constructivismo.



Figura II.10. Actividad con el Escornabot para trabajar la cantidad basada en el Constructivismo.



Figura II.11. Actividad para trabajar las formas geométricas basada en el Constructivismo.



Figura II.12. Actividad para trabajar las medidas basada en el Constructivismo.

1.3.3. Limitaciones pedagógicas del Constructivismo.

Para acabar con este subepígrafe es necesario explicar las limitaciones del Constructivismo que se presentarán seguidamente.

La primera limitación es que algunos investigadores consideran que los principiantes no tienen los esquemas cognitivos necesarios para poder aprender haciendo, por lo que el Constructivismo no valdría como enfoque metodológico para estos alumnos. Además, es importante destacar que desde la aparición del Constructivismo no hay datos empíricos que apoyen la utilización del Constructivismo. Así, en las situaciones de enseñanza-aprendizaje que requieran del aprendizaje por descubrimiento se aboga por emplear el aprendizaje por descubrimiento dirigido, siendo los maestros y los profesores guías del proceso de enseñanza-aprendizaje y los alumnos y las alumnas agentes activos.

La segunda limitación es que el Constructivismo, entendido como la adquisición de conocimientos en contextos naturales y espontáneos, puede ser muy adecuado para el campo de la investigación científica, pero poco adecuado para el campo de la educación. Esta limitación puede ser subsanada por parte de los maestros y de los profesores si planifican correctamente los contenidos de aprendizaje que les propongan a sus alumnos y a sus alumnas.

La tercera limitación del Constructivismo es que para adquirir conocimientos no solo llega con la percepción subjetiva del alumno o de la alumna que aprende. Para aprender también es necesaria la interacción del observador con el medio, por lo que se debe poner al alumnado en situaciones de observación lo más ecológicas posible.

La cuarta limitación es que el Constructivismo, especialmente el aprendizaje por descubrimiento, puede quedarse reducido a una metodología de ensayo-error, en la que no existen secuencias de instrucciones estructuradas, por lo que los alumnos y las alumnas se pueden encontrar muchas veces ante tareas que son incapaces de solucionar, lo que puede provocar desmotivación y falta de autoeficacia percibida sobre las matemáticas o cualquier otra área de conocimiento. Esta situación se podría solventar si los maestros y los profesores propusieran tareas adaptadas al nivel de desarrollo evolutivo real del alumnado.

2. Teorías específicas del aprendizaje de las matemáticas.

En el presente apartado se explicarán las teorías del aprendizaje de las matemáticas que más repercusión han tenido en el aprendizaje actual de las matemáticas, en concreto, la Teoría del Aprendizaje Matemático de Zoltán Dienes y el Modelo de Van Hiele.

Se empezará por la Teoría del Aprendizaje Matemático de Zoltán Dienes. Para este autor la dificultad de enseñar a los niños y a las niñas matemáticas radica en encontrar la adecuación entre la estructura de las matemáticas y las estructuras cognitivas de los alumnos y de las alumnas (Dienes, 1959).

Por ello Zoltán Dienes investigó sobre como los niños y las niñas construyen los conceptos matemáticos. Las investigaciones de Zoltán Dienes concluyeron que el pensamiento intuitivo se desarrolla antes en los niños y en las niñas que el pensamiento lógico. Ambos tipos de pensamiento son necesarios para el aprendizaje de las matemáticas. Por ello Zoltán Dienes propone que las estructuras matemáticas, que no son evidentes para los alumnos y las alumnas de Educación Infantil, ya que carecen de pensamiento lógico, se reproduzcan a través de materiales, con lo que se consigue que los contenidos antaño abstractos puedan ser trabajados simbólicamente a través de esos materiales que pueden ser manipulados por los alumnos y por las alumnas de la citada etapa. De este modo Zoltán Dienes desarrolló juegos con materiales que tenían una estructura muy cuidada (Resnick y Ford, 1981).

Algunos ejemplos de materiales de Zoltán Dienes son los Bloques Aritméticos Multibase (Figura II.13.) y los Bloques Lógicos (Figura II.14.). Con los Bloques Aritméticos Multibase se pueden trabajar manipulativamente el concepto de número y las operaciones aritméticas que es para lo que Zoltán Dienes los diseñó, pero, además, se pueden trabajar conceptos de medida como, por ejemplo, la longitud, la superficie o el volumen. Con los Bloques Lógicos se pueden trabajar manipulativamente los conceptos lógico-matemáticos como, por ejemplo, identificar atributos de las piezas como el color, el tamaño, el grosor o la forma, realizar series o hacer clasificaciones en función de los atributos de las piezas que son el color, el tamaño, el grosor o la forma.

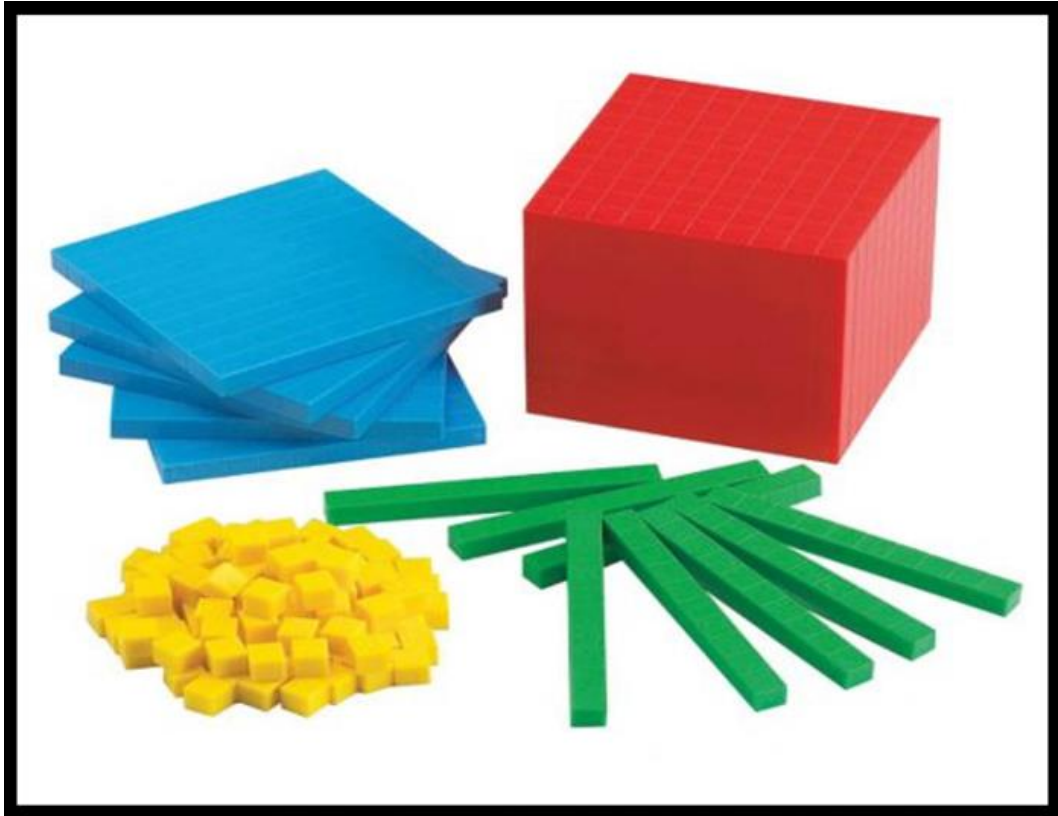


Figura II.13. Bloques Aritméticos Multibase de Zoltán Dienes.



Figura II.14. Bloques Lógicos de Zoltán Dienes.

Posteriormente, en el año 1960 Zoltán Dienes publicó su Teoría del Aprendizaje Matemático. Esta teoría se fundamenta en los conocimientos que se tenía en ese momento sobre el desarrollo de los procesos cognitivos de los niños y de las niñas, por lo que tuvo en cuenta las aportaciones de Jean Piaget, de Jerome Bruner y de Frederic Bartlett, entre otros.

La Teoría del Aprendizaje Matemático de Zoltán Dienes propone que el aprendizaje de las matemáticas se debe basar en cuatro principios fundamentales que se explican seguidamente (Dienes, 1960, 1963).

El primer principio es que las actividades matemáticas se deben desarrollar a través de juegos con materiales manipulativos y deben ser realizados en el momento adecuado, teniendo en cuenta el nivel de desarrollo real de los alumnos y de las alumnas, a través de los cuales adquirirán conceptos matemáticos que posteriormente les permitirán pasar de juegos manipulativos a juegos mentales.

El segundo principio es que en los juegos de construcción se deberá de realizar, siempre, en primer lugar, un análisis, por lo menos hasta el estadio de las operaciones formales o abstractas de Jean Piaget.

El tercer principio es que aquellos juegos que consten de más de una variable deben de ser realizados a través de diferentes juegos en los que se trabajarán todas las variables.

El cuarto principio hace referencia a la abstracción. Zoltán Dienes propone en este principio que para que los niños y para que las niñas adquieran conceptos matemáticos abstractos es necesario que la estructura de dichos conceptos matemáticos se les presente a los niños y a las niñas con la mayor variabilidad de materiales, para que ellos puedan captarlos del mayor número de formas perceptivas que sea posible. Por ejemplo, para trabar el concepto de cuadrado en el aula los niños y las niñas tendrán que hacer múltiples actividades como, por ejemplo, jugar con cuadrados en la mesa de luz, colorear cuadrados, dibujar cuadrados, construir cuadrados con el geoplano, hacer cuadrados ellos mismos con su cuerpo o identificar cuadrados en objetos del aula para que de este modo capten lo que tienen en común las diferentes experiencias y así construir el concepto matemático de cuadrado.

La Teoría del Aprendizaje Matemático de Zoltán Dienes propone tres tipos de aprendizaje diferentes, cada uno de ellos se corresponde con las etapas de formación de conceptos de la Teoría Evolutiva de Jean Piaget. En la etapa preliminar o etapa del juego se realizarán juegos libres con los elementos que constituyen los conceptos matemáticos. En la etapa preliminar se realizarán juegos preliminares. En la siguiente etapa se realizarán juegos estructurados, por lo que estamos en una etapa más rígida. Esta etapa finalizará cuando los alumnos empiecen a tener representaciones mentales de los conceptos matemáticos. Para lograr pasar de la segunda etapa a la tercera etapa es necesario ofrecer al alumnado múltiples representaciones de las estructuras matemáticas que se refieren a un mismo concepto. En la tercera etapa se realizarán juegos de práctica, para aplicar e interiorizar los conceptos matemáticos, y juegos nuevos para adquirir nuevos conceptos matemáticos.

Más adelante en el año 1970 Zoltán Dienes presentó las seis etapas que se deben seguir para enseñar matemáticas a los niños y a las niñas en los primeros años de escolaridad (Dienes, 1970; 1973). La primera etapa es de adaptación. En esta etapa se realizan los juegos libres o los juegos preliminares en los que los niños y las niñas interactúan libremente con los materiales para manipularlos y para explorarlos, surgiendo la adaptación propedéutica para las etapas posteriores. La segunda etapa es de estructuración. En esta etapa se realizará una actividad estructurada en la que se presentará el mayor número de experiencias sobre un mismo concepto matemático, pero seguirá sin haber una claridad en lo que se busca. La tercera etapa es de abstracción. En esta etapa el alumnado identificará la estructura común de los juegos y descartará los aspectos irrelevantes. En esta etapa se harán juegos que tienen la misma estructura, pero que tienen una apariencia diferente para que los niños abstraigan los aspectos comunes. La cuarta etapa es de representación gráfica o esquemática. En esta etapa el alumnado representa la estructura común gráficamente. La quinta etapa es de descripción de las presentaciones. En esta etapa los alumnos nombran y explican las representaciones mentales de los conceptos matemáticos introduciendo el lenguaje matemático. La sexta etapa es de formalización o de demostración. En esta etapa el alumnado podrá exponer lo aprendido.

Presentada la Teoría del Aprendizaje Matemático de Zoltán Dienes se va a explicar seguidamente el Modelo de Van Hiele.

El Modelo de Van Hiele surge de la preocupación de dos profesores de educación secundaria, Pierre Van Hiele y Dina Van Hiele-Geldof, por los malos resultados de sus alumnos y de sus alumnas en matemáticas. Este matrimonio investigó el motivo de esta situación y así fue como desarrollaron el Modelo de Van Hiele (Van Hiele, 1957; Van Hiele-Geldof, 1957) que presenta un nivel descriptivo y un nivel instructivo. Este modelo inicialmente se realizó para el aprendizaje de las matemáticas en general, pero desde las investigaciones iniciales se centró en la geometría.

Las ideas fundamentales del Modelo de Van Hiele son, principalmente, cuatro. La primera idea es que hay diferentes niveles en el razonamiento de los alumnos y de las alumnas que son secuenciados y ordenados. La segunda idea es que un alumno solo podrá comprender aquellos conceptos matemáticos adaptados a su nivel de desarrollo real. La tercera idea es que hay que esperar a enseñar los razonamientos matemáticos en el momento evolutivo adecuado del alumnado. La cuarta idea es que no se puede enseñar a un alumno a razonar de un determinado modo, pero mediante la enseñanza correcta de las matemáticas se puede favorecer que llegue a ese razonamiento.

El Modelo de Van Hiele defiende que existen cinco niveles de razonamiento. El primer nivel de razonamiento es la visualización. Es un nivel de razonamiento característico de la etapa de Educación Infantil y los primeros cursos de Educación Primaria. El segundo nivel de razonamiento es el análisis. El tercer nivel de razonamiento es la clasificación, la deducción informal y la abstracción. El cuarto nivel de razonamiento es la deducción formal. El quinto nivel de razonamiento es el rigor. Todos estos niveles deben ser jerarquizados y secuenciados, ya que cada nivel se apoya en los anteriores, por lo que para adquirir el nivel cinco es necesario haber adquirido previamente los niveles anteriores (Van Hiele, 1986), se producen en los alumnos y en las alumnas de forma continua (Burger y Shaughnessy, 1986) y la enseñanza permite progresar de un nivel a los siguientes (Van Hiele, 1986), pero ningún método de enseñanza permite que un alumno se salte un nivel (Van Hiele, 1986).

Finamente, se van a presentar las fases del aprendizaje del Modelo de Van Hiele.

La primera fase es de información. Esta fase permite que los alumnos y que las alumnas inicien un acercamiento al objeto de estudio. En esta fase los maestros y los profesores deben identificar los conocimientos previos de su grupo de alumnos y de alumnas.

La segunda fase es de orientación dirigida. En esta fase los alumnos y las alumnas comienzan a investigar el objeto de estudio a través de investigaciones que los maestros y que los profesores les deben proporcionar o que los propios alumnos y alumnas propongan. Si los alumnos y las alumnas están en los niveles de razonamiento uno, dos o tres se trabajarán de forma manipulativa; mientras que en los niveles de razonamiento cuatro y cinco trabajarán de forma abstracta (Jaime y Gutiérrez, 1990). Los maestros y los profesores deben guiar al alumnado para que logren descubrir, comprender y aprender sobre el objeto de estudio.

La tercera fase es de explicitación. En esta fase los alumnos y las alumnas deben de explicar, a través del diálogo o de la escritura, cómo han logrado resolver las tareas. El objetivo de esta fase es que el alumnado sea consciente del trabajo realizado y de los aprendizajes adquiridos. Esta fase es fundamental porque no se puede producir un aprendizaje si no se revisa el trabajo que se ha realizado, llegando a conclusiones de lo realizado y estableciendo mejoras de cara a la resolución de tareas futuras. Esta fase se debe de llevar a cabo a lo largo de todo el desarrollo de las tareas.

La cuarta fase es de orientación libre. En esta fase se tiene que aplicar, perfeccionar y consolidar el aprendizaje matemático y el lenguaje relacionado con ese aprendizaje. En esta fase se consolidarán las relaciones que se han empezado a fraguar en las fases anteriores.

La quinta fase es de integración. En esta fase las actividades no están destinadas a realizar nuevos aprendizajes, sino que están destinadas a presentar una visión global de los aprendizajes realizados sobre el objeto de estudio y las relaciones que se han desarrollado. Los maestros y los profesores deberán facilitar a sus alumnos y a sus alumnas síntesis del trabajo realizado.

3. Acotación del término Habilidades Matemáticas Básicas.

Las matemáticas, según Lovell (1961), son una actividad mental y las HMB son las construcciones que el alumnado crea como métodos de solución de un problema matemático. Hay habilidades matemáticas referidas a la elaboración y a la utilización de conceptos y de propiedades, habilidades matemáticas referidas a la elaboración y a la utilización de procedimientos algorítmicos, habilidades matemáticas referidas a la utilización de procedimientos heurísticos y habilidades matemáticas referidas al análisis y a la solución de situaciones problemáticas de carácter intramatemáticos y extramatemáticos.

Las matemáticas se encargan del estudio de las conexiones entre los contenidos matemáticos y las operaciones mentales que son necesarias para poder resolver eficazmente dichos contenidos matemáticos. La formación de capacidades matemáticas incluye las actividades comunicativas, tanto a nivel de lenguaje como de símbolos matemáticos, el uso de conceptos matemáticos, el uso de estrategias como, por ejemplo, estrategias para resolver problemas y las actividades algorítmicas como, por ejemplo, realizar cálculos de adición o de sustracción (D'Amore, 2005). Todas estas HMB tienen que ser interiorizadas por los alumnos y por las alumnas para posteriormente poder ser reproducidas.

Muchos autores y autoras han centrado sus investigaciones en clasificar los procesos cognitivos que se realizan durante el proceso de aprendizaje. Algunos ejemplos son Polya (1945) que investigó sobre cómo era el proceso de resolución de problemas de carácter matemático, Skemp (1971) que estudió los procesos cognitivos que se realizan cuando se trabaja en el área de las matemáticas, Gagné (1985) que describió diferentes tipos de aprendizaje o Brown y Borko (1992) que establecieron que existían diferentes tipos de aprendizaje matemáticos que son la memorización simple, el aprendizaje de algoritmos, el aprendizaje de conceptos y la resolución de problemas.

En el presente apartado se van a analizar las principales HMB, expuestas por Brown y Borko (1992), que son la HMB de memorización simple, la HMB de elaboración y de utilización de procedimientos algorítmicos, la HMB de elaboración y de utilización de conceptos y de propiedades y la HMB de resolución de problemas.

3.1. Habilidades Matemáticas Básicas.

3.1.1. Habilidades Matemáticas Básicas de memorización simple.

La HMB de memorización simple se refiere a la capacidad de memoria que los alumnos y que las alumnas deben de tener para poder resolver tareas matemáticas, pues es indudable que una de las principales variables que modula la eficacia en la resolución de tareas es la disposición inmediata del conocimiento.

Las matemáticas están constituidas por multitud de contenidos como, por ejemplo, palabras (suma, resta, multiplicación, división...), símbolos (+, -, ×, ÷...), fórmulas, reglas o propiedades. La gran mayoría de estos contenidos no son significativos para los alumnos porque no poseen un conocimiento previo con el que relacionarlo, no obstante, desde edades muy tempranas los maestros y los profesores exigen a sus alumnos que memoricen los conceptos citados.

Lograr este objetivo ha sido y, sigue siendo, objeto de los investigadores. Durante el dominio del Conductismo se consideraba que la mejor opción era el aprendizaje memorístico a través de la repetición, pero con la irrupción de la Psicología Cognitiva y del Constructivismo se optó por descartar este tipo de aprendizaje porque había dificultades para la memorización y para la resolución de las tareas. En la actualidad se opta por metodologías de enseñanza más significativas, ya que de este modo el aprendizaje es más duradero. Por lo que los maestros y los profesores tienen la dificultad de lograr establecer un puente entre los contenidos matemáticos y los conocimientos previos, especialmente, con aquellos alumnos y alumnas que se inician en el aprendizaje de las matemáticas. Hay contenidos matemáticos como, por ejemplo, los símbolos matemáticos que son totalmente arbitrarios, por lo que sólo pueden ser aprendidos mediante el aprendizaje memorístico, por lo que se plantearán como juegos. Con el resto de contenidos los maestros y los profesores deberán conectar el objeto de estudio con los conocimientos previos del alumnado.

En definitiva, el aprendizaje de las matemáticas en la etapa de Educación Infantil deberá ser, en algunos aspectos, memorístico, pero siempre que se pueda se tendrá que plantear desde la resolución de problemas. Sea de un modo o de otro siempre deberá ser motivador y lúdico.

3.1.2. Habilidades Matemáticas Básicas de elaboración y de utilización de procedimientos algorítmicos.

La HMB de elaboración y de utilización de procedimientos algorítmicos ha sido, durante muchos años, la base de la enseñanza de las matemáticas. En la Etapa de Educación Infantil se les enseña a los alumnos y a las alumnas operaciones de adición y de sustracción.

Los algoritmos, según Segarra (2008), son una serie finita de reglas que se aplican en un orden concreto a un número finito de datos para llegar a un resultado a través de un número finito de pasos.

A lo largo de la historia ha habido cinco métodos para enseñar algoritmos al alumnado (Gómez, 1996). El primer método es el método de reglas. En este método el cálculo era presentado al alumnado a través de reglas, con ejemplos y sin argumentos que justificarán la utilización. El segundo método es el método razonado. En este método se explicaba la lógica de las reglas de cálculo. El tercer método es el método de las repeticiones. En este método los cálculos eran repetidos una y otra vez, era un aprendizaje mecánico y repetitivo. El cuarto método es el método intuitivo. En este método se utilizaba el empirismo razonado apoyado en imágenes y en tareas cotidianas de los alumnos para que les sea más fácil el proceso de comprensión. El quinto método es el método orientado a la estructura. En este método se pretende que el alumnado comprenda la estructura del contenido.

Todos los métodos fueron diseñados para facilitar el aprendizaje de las matemáticas. No obstante, todos, presentan limitaciones. El método de reglas es criticado por no enseñar la lógica de los procedimientos. El método razonado es criticado por ser demasiado complejo para los niños y para las niñas, pues necesita de un nivel de razonamiento que aún no poseen. El método de las repeticiones es criticado por ser mecánico y nada significativo. El método intuitivo es criticado por no enseñar al alumnado la estructura de las matemáticas y centrarse únicamente en los procedimientos y en las propiedades. El método orientado a la estructura es criticado porque no propone la suficiente práctica para que los alumnos y las alumnas puedan interiorizar los contenidos que los maestros y que los profesores les enseñan a los alumnos y a las alumnas.

El aprendizaje de algoritmos debería realizarse del siguiente modo. En primer lugar, los maestros y los profesores deben enseñar a los niños el procedimiento paso a paso, un procedimiento que sea significativo para el alumnado. En segundo lugar, deberá practicarse ese procedimiento para lograr la comprensión y, posteriormente, la automatización. Es fundamental que el procedimiento sea significativo para el alumnado, pues de este modo se evita el olvido y, en caso de que se produzca, el alumnado podrá crear un procedimiento propio, aunque sea menos elaborado que el inicialmente aprendido y también se evita la aplicación mecánica que puede conducir a error por parte de los alumnos y de las alumnas (Chamorro, 1995).

Los problemas que pueden surgir a través del aprendizaje de un procedimiento de cálculo no significativo para el alumnado se ponen de manifiesto en la distinción entre comprensión instrumental y comprensión relacional. La comprensión instrumental se produce cuándo los alumnos y las alumnas aplican una y otra vez un algoritmo sin planificar y sin poder explicar lo que están haciendo. Por el contrario, la comprensión relacional se produce cuándo los alumnos y las alumnas, ante un problema determinado, son capaces de planificar, de establecer relaciones y de explicar lo que están haciendo y porqué lo están haciendo (Sáiz, 1994). La comprensión relacional es alcanzada por la mayoría de los alumnos y de las alumnas en los años de escolaridad obligatoria (Watanabe, 2002). Por lo que no se deberían enseñar algoritmos a los niños hasta que los propios niños nos los requieran (Segarra, 2008).

Para lograr la comprensión relacional es necesario que los maestros y que los profesores permitan que sus alumnos hagan una construcción personal y progresiva del significado de las operaciones y que diferencien lo que es relevante de lo que es irrelevante, pues sólo así se logrará que los alumnos aprendan matemáticas (Treffers, 1987).

En definitiva, el objetivo último de la enseñanza de las matemáticas es enseñar a los alumnos y a las alumnas a resolver problemas. Por ello, los maestros y los profesores deben enseñar a los alumnos algoritmos que les permitan resolver problemas, pero no deben enseñarles primero los algoritmos y, posteriormente, cómo usarlos para resolver problemas, sino que debe de ser simultáneo.

3.1.3. Habilidades Matemáticas Básicas de elaboración y de utilización de conceptos y de propiedades.

Esta HMB se refiere a la construcción de conceptos matemáticos a través de los conocimientos previos del alumnado. Un concepto matemático es una generalización de datos relacionados que permite pensar en estímulos concretos de un modo determinado. Son conceptos matemáticos, por ejemplo, los números, las series, las correspondencias o las operaciones matemáticas.

Desde el nacimiento los bebés reciben percepciones del mundo exterior a través de los sentidos y, sin ser conscientes de ello, los niños y las niñas empiezan a discriminar, a generalizar y a abstraer. Cuando los niños son más mayores son cada vez más conscientes de que realizan estos procesos y, si reciben instrucción al respecto, dichos procesos serán más rápidos y más fiables. La secuencia de desarrollo es percepción, posteriormente, abstracción y, finalmente, generalización. En relación con la generalización, diferentes autores como Jean Piaget, indican que las clasificaciones son la base para la realización de generalizaciones, ya que para que un alumno construya un concepto debe de identificar, de reconocer y de diferenciar las cualidades comunes y diferentes de los elementos a clasificar. Por lo que en la etapa de Educación Infantil es fundamental trabajar con los niños y con las niñas las clasificaciones.

Hay dos tipos de conceptos que son los conceptos primarios y secundarios. Los conceptos primarios proceden de las experiencias sensoriales y motoras del mundo exterior como, por ejemplo, el calor o el frío. Los conceptos secundarios se abstraen de los anteriores, por lo que están más alejados de la realidad. Los conceptos matemáticos son conceptos secundarios. Estos conceptos matemáticos deben de ser enseñados a través de la experiencia y no de la exposición verbal. Es necesario que los maestros y que los profesores les faciliten a los alumnos múltiples experiencias sobre los conceptos para que abstraigan el concepto que se les quiere enseñar de dichas experiencias. Por ejemplo, si se les quiere enseñar el concepto de círculo se hará presentándoles diversas actividades, con diferentes tipos de círculos, para que abstraigan los elementos comunes e interioricen el concepto de círculo. En definitiva, se trata de aplicar el principio de variabilidad matemática de la Teoría del Aprendizaje de las Matemáticas de Zoltán Dienes.

Los conceptos no se adquieren de forma espontánea ni completamente elaborados, ya que los conceptos se van construyendo durante el desarrollo de la vida. En un primer momento la comprensión de los conceptos puede ser incompleta y fragmentada, pero progresivamente se irá creando la red de relaciones subyacentes al concepto, lo que permitirá que los alumnos y que las alumnas avancen en la abstracción y en la generalización. Por ejemplo, una buena comprensión del concepto de número depende directamente del entendimiento de los tipos de números. Así, los niños y las niñas comenzarán construyendo el concepto de número y, posteriormente, lo irán completando con los diferentes tipos de números. Es interesante profundizar en los conceptos matemáticos, ya que este análisis más detallado conduce a la adquisición de nuevos conceptos. No obstante, hay que tener en cuenta que muchas veces es innecesario, por lo que los maestros y los profesores deberán analizar cada situación para hacer una valoración de la profundidad en que se debe trabajar cada concepto.

Skemp (1971) especifica dos principios básicos para el aprendizaje de conceptos. El primer principio es que los conceptos de un nivel de complejidad mayor a los conceptos que los alumnos y que las alumnas ya poseen no pueden ser explicados mediante una instrucción verbal, sino que deben ser explicados a través de la presentación de múltiples ejemplos. Así, los maestros y los profesores deben ayudar a que los alumnos extraigan la definición de los conceptos objeto de estudio mediante una colección de ejemplos, lo que implica que los maestros y que los profesores tienen que ser creativos en la selección de los materiales y tienen que tener muy claro el concepto que quieren enseñar a sus alumnos. El segundo principio es que los maestros y los profesores deben asegurarse de que los conceptos previos necesarios forman parte de la estructura cognitiva del alumnado. Por lo que los maestros y los profesores antes de presentar un concepto al alumnado deben de reflexionar sobre cuáles son los conceptos previos que deben de tener los alumnos y las alumnas para poder adquirir el nuevo concepto. Esto es fundamental para que los alumnos puedan avanzar, pues difícilmente podrán realizar multiplicaciones si no han podido realizar con anterioridad sumas. Cuando se han identificado cuáles son los conocimientos previos los maestros y los profesores deben de programar una tarea para el alumnado que ellos puedan resolver por sí mismos, con la guía y con la orientación de sus maestros y de sus profesores.

Para finalizar con el presente subapartado se explicará la Teoría de los Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud.

La Teoría de los Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud tiene como objetivo estudiar el desarrollo cognitivo y el aprendizaje de las capacidades complejas, especialmente de las relacionadas con la ciencia y con la tecnología, teniendo presente los contenidos del conocimiento. Para ello este autor define un concepto como un conjunto SIR en el que S es un conjunto de situaciones, I es un conjunto de objetos de propiedades y de relaciones y R es un conjunto de representaciones simbólicas. Así, S es el referente del concepto, I es el significado y R es el significante.

Vergnaud (1982) defiende que el conocimiento está organizado en campos conceptuales que define como un conjunto informal y heterogéneo de contenidos, de conceptos, de situaciones, de relaciones, de estructuras, de operaciones cognitivas y de problemas que están interconectados durante el proceso de adquisición. Posteriormente Vergnaud (1990) define campo conceptual como un conjunto de situaciones cuyo dominio necesita del predominio de varios conceptos de diferente naturaleza. Son campos conceptuales, entre otros, las estructuras aditivas, las estructuras multiplicativas, las magnitudes espaciales y la lógica de clases. Las estructuras aditivas incluyen conceptos como, por ejemplo, número natural, cardinal, medida o transformaciones por incremento o por disminución. Las estructuras multiplicativas incluyen conceptos como, por ejemplo, proporción simple, proporción compuesta, función lineal, función multilineal, cociente, producto, múltiplo o divisor. Las magnitudes espaciales incluyen, entre otros conceptos, los conceptos de longitud, de superficie o de volumen. Finalmente, la lógica de clases es la referencia para que los alumnos y las alumnas puedan entender, entre otros, los conceptos de propiedad, de relación inclusiva, de operaciones de unión o de operaciones de intersección. La mayoría de estos conceptos no son aplicables a Educación Infantil, solo se han analizado para explicar la teoría.

En definitiva, para Gérard Vergnaud los campos conceptuales son el elemento clave de la cognición y su adquisición se produce a lo largo del tiempo mediante la madurez, la experiencia y el aprendizaje.

3.1.4. Habilidades Matemáticas Básicas de resolución de problemas.

La HMB de resolución de problemas es la base de las matemáticas (Halmos, 1980). Schoenfeld (1983) y Stanic y Kilpatrick (1988) definen resolución de problemas matemáticos como la situación en la que un alumno o una alumna intenta resolver un interrogante matemático complejo. Significar que gracias a todas las HMB anteriores los alumnos y las alumnas dispondrán de más estrategias para poder resolver los problemas que se les planteen en las aulas.

Antes de profundizar en esta HMB es necesario que se explique que en el aula no siempre se plantean problemas, sino ejercicios. Para que sea un problema deben darse dos factores. El primer factor depende de los maestros y de los profesores, ya que si es un problema debe de ser enfocado como tal y no como un ejercicio. Para cumplir el primer factor los maestros y los profesores deben de presentar problemas abiertos, diferentes unos de otros e imprevisibles, pues es el único modo en el que los alumnos y las alumnas planificarán, tomarán decisiones y recurrirán a sus conocimientos previos (Pozo y Postigo, 1994). Así, los Cuadernos Rubio de problemas que contenían múltiples adicciones, sustracciones, multiplicaciones y divisiones son un buen ejemplo de ejercicio matemático, pero no son un buen ejemplo de problema matemático. El segundo factor depende del alumnado. Para que una actividad se considere un problema tiene que presentar un reto para el alumnado, si se puede hacer de forma rutinaria no es un problema, y tiene que motivarle.

Teniendo en cuenta lo explicado se pueden distinguir dos tipos de actividades que son las actividades de ejercicios y las actividades de resolución de problemas. Las actividades de ejercicios permiten que los alumnos y que las alumnas automaticen técnicas, destrezas y procedimientos que son necesarios para la resolución de problemas. Las actividades de ejercicios presentan la limitación de que no se suelen poder usar en situaciones diferentes de las situaciones para las que se han aprendido. Las actividades de resolución de problemas permiten que el alumnado utilice sus conocimientos previos para construir nuevos conocimientos. Este tipo de actividades permiten que los aprendizajes se puedan utilizar en múltiples situaciones (Perales, 2000).

Para finalizar con el presente subepígrafe se presentarán esquemas de resolución de problemas aportados por diversos investigadores.

Dewey (1910) propuso que las fases que se deben seguir para resolver problemas son seis. La primera es la identificación de la situación problemática. La segunda es la definición precisa del problema. La tercera es el análisis medios-fines para elaborar un plan de solución. La cuarta es la ejecución del plan. La quinta es la asunción de las consecuencias. La sexta es la evaluación de la solución a través de la supervisión y de la generalización.

Por su parte, Polya (1945), propuso que las fases para solucionar un problema son comprender el problema, concebir un plan, ejecutar un plan y examinar la solución obtenida.

Posteriormente Mason, Burton y Stacey (1982) especifican tres fases para resolver los problemas que son el abordaje, el ataque y la revisión.

En años posteriores Puig y Cerdán (1988) plantean resolver los problemas aritméticos a través de seis fases que son la lectura, la comprensión, la traducción, el cálculo, la solución y la revisión.

Más adelante Schoenfeld (1992) plantea resolver los problemas a través de cuatro fases que son el análisis y la comprensión, el diseño y la planificación, la exploración y la verificación.

También Carrillo (1998) realizó su aportación y propuso cinco fases en el proceso general de resolución de problemas que son la identificación, la comprensión, la planificación y la exploración, la ejecución y la verificación.

Es importante destacar que en todas las fases de resolución de los problemas hay que tener muy presentes las características de los alumnos y de las alumnas. En la actualidad numerosas investigaciones ponen de manifiesto la importancia de las características personales en el éxito escolar, de forma general, y en la resolución de problemas, de forma particular. Las características personales que pueden mejorar la resolución de problemas son el conocimiento matemático, los métodos heurísticos, el conocimiento y las habilidades metacognitivas y los componentes de carácter afectivo (Gil, Blanco y Guerrero, 2006).

4. Desarrollo de las Habilidades Matemáticas Básicas en la infancia.

En primer lugar, es necesario definir que es el desarrollo lógico-matemático. El desarrollo lógico-matemático es un ámbito del desarrollo cognitivo que permite comprender la realidad y organizarla basándose en conceptos matemáticos (Desoete y Grégoire, 2006).

Una vez definido el desarrollo lógico-matemático se va a explicar el desarrollo lógico-matemático que se produce en torno a dos elementos que son las habilidades cognitivas básicas y la génesis y la formación de los principales conceptos (Piaget, 1978).

En primer lugar, se explicarán las habilidades cognitivas básicas. Las habilidades cognitivas básicas son un conjunto de operaciones mentales cuyo objetivo es que el alumno integre la información adquirida a través de los sentidos en una estructura de conocimiento que tenga sentido para él. Esta definición de habilidades cognitivas básicas parte de la suposición de que el ser humano es un sistema autorregulado capaz de buscar, de organizar, de reorganizar, de transformar y de emplear creativamente la información con diferentes fines.

A partir de los trabajos de Jean Piaget y de Lev Vygotski, centrados en una búsqueda epistemológica sobre como se conoce la realidad y sobre cómo se aprende con carácter integrador y holístico, se consideran habilidades cognitivas básicas la atención, la percepción, la memoria, el lenguaje, el pensamiento, la inteligencia y la creatividad. El énfasis está en el desarrollo de la potencialidad cognitiva del sujeto para que éste se convierta en un aprendiz estratégico que sepa aprender y solucionar problemas y que lo que aprende lo haga significativamente incorporando su significado a su esquema mental. Este enfoque del desarrollo de las habilidades cognitivas básicas desde la escuela ha dado lugar a un cambio del paradigma educacional. Se ha pasado de la concepción de la escuela como transmisora de conocimientos, a en palabras de Coll (1990), la escuela como formadora de pensadores y de constructores de aprendizajes significativos. Se impone, por tanto, un cambio paradigmático. Se deben abandonar los tradicionales modelos de transmisión de conocimiento por modelos que permitan la movilización de diferentes recursos cognitivos. El paradigma educacional referente debe ser el de aprender a aprender y el de aprender haciendo.

Una vez explicadas las habilidades cognitivas básicas se va a explicar la génesis y la formación de los principales conceptos.

Ann Boehm ha sido una de las pensadoras del último siglo que más ha contribuido a la definición de los principales conceptos básicos que determinan el desarrollo cognitivo de los niños y de las niñas en la etapa de Educación Infantil. A partir de la definición de los principales conceptos básicos ha creado el Test de Boehm.

El Test de Boehm es de aplicación individual y oral que evalúa información de relevancia para poder determinar el nivel evolutivo de los niños y de las niñas, desde los tres hasta los cinco años y once meses, con respecto a la noción de objeto permanente, a la noción de espacio, a la noción de tiempo, a la noción de causalidad y a la noción de número (Boehm, 1990).

La importancia del Test de Boehm reside en la prevención primaria, ya que la edad de aplicación del citado test permite detectar las posibles dificultades de los alumnos y de las alumnas y gracias a esa detección poder realizar una intervención temprana. Para que la información aportada sea la adecuada debe de ser aplicado por profesionales competentes en la aplicación de este tipo de pruebas en relación con el contexto escolar como pueden ser, por ejemplo, psicólogos educativos o psicopedagogos.

El desarrollo de la noción de objeto permanente, atendiendo a Jean Piaget, se va adquiriendo por medio de la experiencia durante el estadio sensoriomotor y establece las siguientes etapas. De cero a dos meses durante las primeras semanas de vida los objetos son considerados como simples sensaciones que aparecen y que desaparecen; de dos a cuatro meses sigue el objeto que se mueve hasta que desaparece, de cuatro a ocho meses cuando un objeto desaparece de su vista no hace ningún intento por buscarlo, de ocho a doce meses busca y recupera un objeto que se ha escondido delante de él, sin embargo, si se saca el objeto de donde se escondió y se esconde en otro lugar lo seguirá buscando en el primer sitio, de doce a dieciocho meses aprende a buscar el objeto en el último lugar donde lo vio desaparecer y de dieciocho a veinticuatro meses, gracias a la función simbólica, puede imaginar itinerarios alternativos al que ha tomado el objeto.

Con respecto a la noción de espacio el niño sigue cuatro etapas que no culminarán antes de terminar Educación Infantil. Estas etapas son: en primer lugar, no existe para el niño un espacio único dentro del cual se mueven los objetos, sino una colección de espacios separados, en cada uno de los cuales se halla concentrada su actividad; en segundo lugar, sitúa los objetos en relación a sí mismo; en tercer lugar, se sitúa a sí mismo en relación a los objetos y, en cuarto lugar, sitúa los objetos en relación a los otros.

Respecto a la noción de tiempo los niños tienen más dificultades para captar el tiempo que el espacio porque las unidades temporales son generalmente más abstractas y convencionales que las unidades espaciales. La noción de tiempo, según Jean Piaget, pasa por distintas fases que son: el tiempo biológico que es la satisfacción de las necesidades primarias, el tiempo percibido se refiere a que el niño percibe el orden de los fenómenos cuando es él quien realiza las acciones, el tiempo vivido que se refiere a que puede secuenciar sus vivencias en el aquí y en el ahora y el tiempo representado que se produce a partir de la aparición de la función simbólica, cuando el niño puede evocar recuerdos.

En cuanto a la noción de causalidad el niño comienza estableciendo relaciones de causa-efecto entre hechos simplemente porque se dan al mismo tiempo. Esto es lo que Jean Piaget denominó causalidad mágico-fenoménica. Por ejemplo, si el niño mueve la mano y en ese momento se enciende la luz sigue agitándola para prolongar el efecto. La noción de causalidad implica la comprensión de tres principios que son: cualquier fenómeno tiene una causa, toda causa es simultánea o anterior al efecto y la relación causa-efecto se explica en términos mecánicos.

En relación con la noción de número comprende un aspecto cardinal y otro ordinal. Jaime Martínez, creador del Método Algoritmo Basado en Números, considera que la adquisición del concepto de número se desarrolla en tres procesos cognitivos que son la subitización, la estimación y el conteo (Martínez, 2013).

Finalmente, destacar que la adquisición de estos conceptos seguirá un proceso que comenzará con la vivencia de cada uno con su cuerpo, avanzará con su expresión gestual, continuará con la manipulación, proseguirá con la utilización lingüística del concepto y terminará con su representación gráfica.

Para acabar el presente epígrafe se presentarán las capacidades lógico-matemáticas que desarrollarán los niños en la etapa de Educación Infantil.

El conteo es un proceso abstracto por el que se otorga un cardinal como representativo de un conjunto (Aunio y Niemivirta, 2010; Koponen, Aunola, Ahonen y Nurmi, 2007; Kurdek y Sinclair, 2001). Gelman y Gallistel (1978) muestran como aprendemos a contar según el principio de correspondencia uno a uno o correspondencia biunívoca (dos años), el principio de cardinalidad (dos años y siete meses), el principio de abstracción (tres años), el principio de orden estable (tres o cuatro años) y el principio de irrelevancia en el orden (cuatro años).

La discriminación es la exploración y la manipulación utilizando todos los sentidos. Así, el niño obtiene información sobre los objetos y establece las propiedades que los caracterizan. El lenguaje del adulto le ayuda a poner nombre a esos atributos y va adquiriendo las primeras nociones cualitativas.

La generalización es abstraer lo que es común y esencial a muchas cosas, para formar un concepto general que las comprenda todas. Se establecerán relaciones de similitud o de diferencia entre los objetos de una o de dos colecciones dando lugar a correspondencias, por ejemplo, a cada niño le corresponde su abrigo y a clasificaciones entre los objetos de una misma colección, por ejemplo, si clasificamos en función de la forma los objetos coincidirán en esta característica, pero pueden ser diferentes en otras características.

La seriación de un conjunto de elementos es la ordenación según un criterio dado (Aunio y Niemivirta, 2010; Stock et al., 2007; Stock, Desoete y Roeyers, 2010; Tobia, Bonifacci y Marzocchi, 2016). Por ejemplo, el tamaño. Existen diferentes tipos como, por ejemplo, seguir la serie u ordenar los objetos.

La medida es la comparación de dos cantidades de una misma magnitud en la que una de ellas se toma arbitrariamente como unidad. En Educación Infantil se refiere al dominio de los conceptos básicos relacionados con la longitud, con el peso y con el volumen/capacidad. En todos los casos se empezará usando medidas naturales como, por ejemplo, un palmo para la longitud, la comparación entre dos objetos para el peso y un puñado para el volumen/capacidad y, seguidamente, se usarán medidas arbitrarias.

Capítulo III:

Las Funciones Ejecutivas y su relación con las matemáticas

En el presente capítulo se analizará la relación de las FE, memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva y control inhibitorio, con las matemáticas.

Como se ha explicado las FE están constituidas por procesos mentales superiores que regulan, que coordinan y que controlan los procesos cognitivos de los seres humanos durante la realización de tareas y durante la realización de comportamientos que tienen como objetivo el logro de una meta preestablecida (Miyake et al., 2000).

Para seleccionar las FE que se van a investigar y que, por tanto, se van a presentar en el presente capítulo se ha tenido en cuenta, principalmente, la investigación de Miyake et al. (2000) en la que describieron tres componentes de las FE claramente diferenciados, aunque no totalmente independientes, que son la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio. Estos tres componentes de las FE tienen un alto consenso en la actualidad (Diamond, 2013; Pennington y Ozonoff, 1996; Thorell et al., 2009). No obstante, hay que tener en cuenta que Hughes et al. (2009) en un estudio longitudinal con niños y con niñas entre cuatro y seis años en el que emplearon tareas de control inhibitorio, tareas de planificación y tareas de memoria de trabajo encuentran que sus resultados se pueden explicar desde un factor único. Esta situación se puede deber a lo que explican Bull y Lee (2014) en una revisión de los estudios sobre análisis factorial en la que se pone de manifiesto que la estructura de las FE depende de la evolución. Así, en los niños y en las niñas las FE se pueden explicar como un factor único que se irá descomponiendo en más factores a medida que los alumnos y que las alumnas se desarrollan.

Desde este modelo la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio parecen estar relacionados con el rendimiento general de los alumnos y de las alumnas (Best et al., 2009; Best et al., 2011) y con el rendimiento específico en matemáticas (Blair y Peters, 2007; Brock et al., 2009; Bull et al., 2008; Bull y Scerif, 2001; Clark et al., 2010; Clark et al., 2013; Espy et al., 2004; Fuhs et al., 2014; Geary et al., 2007; Li y Geary, 2013; Mammarella, Hill, Devine, Caviola, y Szűcs, 2015; Peng y Fuchs, 2014; Rosas et al., 2017; Swanson y Jerman, 2006; Thorell et al., 2013; Toll et al., 2011; Wiklund-Hörnqvist et al., 2016).

1. Incidencia de la memoria de trabajo en las Habilidades Matemáticas Básicas.

En el presente apartado se analizará la incidencia de la memoria de trabajo en las HMB del alumnado de Educación Infantil. En primer lugar, es necesario definir memoria de trabajo que, según Miyake y Shah (1999), es un componente de las FE que permite la regulación y el mantenimiento activo de la información importante mientras se está realizando una actividad.

Seguidamente se presentarán investigaciones sobre la relación entre la memoria de trabajo y las HMB del alumnado de Educación Infantil, para posteriormente presentar las conclusiones sobre la citada relación.

Bull y Scerif (2001) realizaron una investigación para identificar si hay una relación entre las FE y las HMB en niños de Educación Infantil y de Educación Primaria. Los resultados muestran que las HMB están significativamente relacionadas con todas las tareas de evaluación, salvo con las Tareas Duales. Estos autores proponen que las dificultades de los niños en matemáticas se deben a los malos resultados en memoria de trabajo y en control inhibitorio.

Espy et al. (2004) llevaron a cabo una investigación para determinar si las FE estaban relacionadas con las HMB de los niños de Educación Infantil. Para ello a los 96 niños se les evaluó a través de tareas de FE para evaluar la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio. La memoria de trabajo y el control inhibitorio predijeron la competencia aritmética temprana. Además, dedujeron que la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio están relacionadas con las HMB emergentes a esta edad.

Swanson y Jerman (2006) sintetizaron la literatura publicada comparando las FE de los niños sin y con dificultades de lectura, las FE de los niños sin y con dificultades matemáticas y de los niños con ambas dificultades. Las investigaciones ponen de manifiesto que los niños con un rendimiento promedio superaron a los niños con dificultades en FE, en lectura y en matemáticas y los niños con dificultades superaron en FE, en lectura y en matemáticas a los niños con ambas dificultades. Los resultados parecen indicar que las diferencias entre grupos se deben a la memoria de trabajo.

Por su parte Geary et al. (2007) realizaron un estudio en el cual evaluaron la relación entre el rendimiento de niños en pruebas matemáticas y su desempeño en tareas de memoria de trabajo y de velocidad de procesamiento. Hallaron que los niños con un rendimiento normal en matemáticas eran más rápidos y tenían mayor precisión a la hora de responder a tareas que presentaban demandas de identificación de conjuntos numéricos, de recuperación y de retención de información numérica, de estimación lineal y de capacidad de conteo. Asimismo, la capacidad de reconocimiento de conjuntos numéricos estaba relacionada con el desempeño de los mismos en tareas de memoria de trabajo visoespacial. Los niños con dificultades procesaban dicha información de modo más lento, requiriendo mayor esfuerzo en la determinación del tamaño de los conjuntos.

Bull et al. (2008) realizaron un estudio longitudinal en el que pretendían predecir si existe una relación entre las FE en la etapa de Educación Infantil y un mejor rendimiento posterior en Educación Primaria en lectura y en matemáticas. Para ello primero evaluaron a los niños y a las niñas en Educación Infantil en FE, en lectura y en matemáticas y, posteriormente, evaluaron a los niños y a las niñas a su entrada a Educación Primaria, al final del primer curso de Educación Primaria y al acabar el tercer curso de Educación Primaria. Los resultados mostraron que un mejor rendimiento en FE proporciona al alumnado un mejor rendimiento en lectura y en matemáticas en la entrada a Educación Primaria y en los primeros años de esta etapa. Encontraron que las FE predijeron un mejor rendimiento en general y que la memoria de trabajo visoespacial era un predictor específico de la habilidad matemática.

Brock et al. (2009) implementaron un programa de FE para una muestra de 173 niños y niñas de Educación Infantil. Los resultados muestran que la memoria de trabajo y el rendimiento matemático están directamente relacionados.

Toll et al. (2011) llevaron a cabo una investigación longitudinal para identificar si las FE, memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva y control inhibitorio, pueden actuar como predictores del rendimiento en matemáticas. Los resultados muestran que la memoria de trabajo predice el rendimiento en matemáticas, incluso mejor que las propias habilidades preparatorias de las matemáticas.

Li y Geary (2013) realizaron una investigación con 177 niños de Educación Infantil en la que evaluaron la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento. Los resultados parecen indicar que hay diferencias entre los niños y las niñas en el ritmo de desarrollo de la memoria visoespacial durante la infancia y que estas diferencias se vuelven cada vez más importantes para el aprendizaje de las matemáticas.

Thorell et al. (2013) realizaron una investigación sobre la relación entre FE y el rendimiento académico en niños y en niñas de seis a once años de edad de España, de Suecia, de China y de Irán. La evaluación de las FE se realizó a través del Cuestionario de Funcionamiento Ejecutivo en Niños (CHEXI). Los resultados muestran que la memoria de trabajo y el control inhibitorio están relacionados con el rendimiento académico.

Peng y Fuchs (2014) ponen de manifiesto que los déficits en memoria de trabajo verbal son los que caracterizan a los sujetos con dificultades en las matemáticas.

Mammarella et al. (2015) evidencia que las dificultades en memoria de trabajo visoespacial están directamente relacionadas con las dificultades en matemáticas.

Wiklund-Hörnqvist et al. (2016) realizaron una investigación en la que los resultados muestran que cuándo se controla la memoria de trabajo verbal los déficits en la memoria de trabajo visoespacial es lo que más diferencia a los niños y a las niñas con un rendimiento normal en matemáticas o con dificultades en matemáticas.

Rosas et al. (2017) evaluaron a 109 niños y niñas a principios y a finales de Educación Infantil en FE, memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva y control inhibitorio, para comprobar el valor predictivo de las FE en lengua y en matemáticas al acabar Educación Infantil. Los resultados muestran que las FE, de forma conjunta, predicen el desempeño académico general de los niños y de las niñas entre un 15% y un 23%, el rendimiento en lectura entre un 10% y un 14% y el rendimiento en matemáticas entre un 9% y un 19%. Al desglosar las FE solo la memoria de trabajo y el control inhibitorio tienen capacidad predictiva.

Los resultados de las investigaciones presentadas llegan a conclusiones sobre la relación entre la memoria de trabajo y el rendimiento matemático.

La primera conclusión es que la relación entre la memoria de trabajo y el rendimiento matemático ha sido evidenciada en multitud de investigaciones que han tenido como sujetos tanto a infantes como a adultos (Bull y Lee, 2014; Raghobar, Barnes y Hecht, 2010) y que la relación parece más importante durante el desarrollo inicial en la infancia (Clark et al., 2013; Clements, Sarama y Germeroth, 2016; Thorell et al., 2013).

La segunda conclusión es que la relación entre la memoria de trabajo y el rendimiento matemático no parece depender del tipo de memoria a evaluar, pero la importancia de cada tipo de memoria no es igual en todas las HMB como se refleja en el metaanálisis realizado por Peng, Namkung, Barnes y Sun (2015).

La tercera conclusión es que la memoria de trabajo puede actuar como una variable predictora del rendimiento en matemáticas (Alloway y Alloway, 2010; Alloway, Alloway y Wootan, 2014). El valor predictivo de la memoria de trabajo es mucho más potente que el del resto de FE (Friso, Van der Ven, Kroesbergen y Van Luit, 2013). Es importante destacar que parece que el valor predictivo de la memoria de trabajo está influido por el periodo evolutivo, dónde la memoria visoespacial parece tener el mayor peso explicativo (Klein y Bisanz, 2000; Rasmussen y Bisanz, 2005). No obstante, algunas investigaciones como la de McKenzie, Bull y Gray (2003) y la de Meyer, Salimpoor, Wu, Geary y Menon (2010) sugieren que la capacidad predictiva del rendimiento en matemáticas en Educación Primaria será más potente si en Educación Infantil se mide la memoria de trabajo verbal, ya que en este periodo evolutivo ese tipo de memoria tiene un peso mayor.

La cuarta conclusión es que cada componente de la memoria de trabajo parece estar relacionado con alguna o con algunas tareas matemáticas concretas. Así, la memoria de trabajo verbal estaría relacionada con el procesamiento de palabras numéricas y con las tareas de codificación y la memoria de trabajo visoespacial estaría relacionada con la representación mental y con la resolución de problemas (Li y Geary, 2013).

2. Incidencia de la flexibilidad cognitiva en las Habilidades Matemáticas Básicas.

En el presente apartado se analizará la incidencia de la flexibilidad cognitiva en las HMB del alumnado de Educación Infantil. En primer lugar, es necesario definir flexibilidad cognitiva que es la capacidad o la habilidad que tienen las personas para adaptar las conductas mentales y las conductas físicas a situaciones novedosas, a situaciones cambiantes o a situaciones inesperadas.

Seguidamente se presentarán investigaciones sobre la relación entre la flexibilidad cognitiva y las HMB del alumnado de Educación Infantil, para posteriormente presentar las conclusiones sobre la citada relación.

Espy et al. (2004) realizaron una investigación para determinar si las FE estaban relacionadas con las HMB de los niños y de las niñas de Educación Infantil. La memoria de trabajo y el control inhibitorio predijeron la competencia aritmética temprana, pero no la flexibilidad cognitiva.

Brock et al. (2009) implementaron un programa de FE para una muestra de 173 niños y niñas de Educación Infantil. Los resultados muestran que la flexibilidad cognitiva y el rendimiento matemático están directamente relacionados.

Clark et al. (2010) realizaron una investigación para establecer los vínculos entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio de los niños de cuatro años y su posterior rendimiento a los seis años en matemáticas. Los resultados indican que la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio pudieron clasificar al 80% de los alumnos y de las alumnas en grupos sin y con problemas en rendimiento matemático después de dos años de ser evaluados. Por lo tanto, la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio actuaban como predictores del rendimiento de los infantes en matemáticas.

Clark et al. (2013) realizaron una investigación con una muestra de 228 niños y niñas en la que querían relacionar las FE con el rendimiento en matemáticas en la infancia. Para ello realizaron un estudio longitudinal. Los resultados indicaron que las FE podrían actuar como un predictor del rendimiento en matemáticas durante la infancia.

Los resultados de las investigaciones presentadas llegan a conclusiones sobre la relación entre la flexibilidad cognitiva y el rendimiento matemático.

La primera conclusión es que la memoria de trabajo con el paso de los años tiende a diferenciarse en dos factores que son el control inhibitorio y la flexibilidad cognitiva (Bull y Lee, 2014). Por este motivo es complejo encontrar datos en la etapa de Educación Infantil que evidencien la relación entre la flexibilidad cognitiva y las matemáticas. No sucede lo mismo con el control inhibitorio porque aparece muy pronto en los niños y en las niñas (Carlson y Moses, 2001).

La segunda conclusión es que la flexibilidad cognitiva no ha sido tan investigada como la memoria de trabajo y el control inhibitorio, lo que se puede deber a la explicación indicada en la primera conclusión, es decir, que es una FE que tarda más en desarrollarse que la memoria de trabajo y que el control inhibitorio.

La tercera conclusión es que la flexibilidad cognitiva no se puede establecer como una variable predictora del rendimiento matemático de los niños y de las niñas de la etapa de Educación Infantil, como sí sucede con la memoria de trabajo (Alloway y Alloway, 2010; Alloway et al., 2014) o con el control inhibitorio (Bull y Lee, 2014).

La cuarta conclusión es que parece que pueden existir relaciones entre la flexibilidad cognitiva y el rendimiento en matemáticas. También parece, en función de las investigaciones presentadas, que la importancia de la flexibilidad cognitiva no es muy potente cuándo los niños y las niñas son muy pequeños, ya que la flexibilidad cognitiva se desarrolla entre los tres años y los cinco años, es decir, después de que se desarrolle la memoria de trabajo y el control inhibitorio. Por este motivo las investigaciones que pretendan relacionar la flexibilidad cognitiva con el rendimiento en matemáticas deberán ser de carácter longitudinal para poder observar como la relación entre ambas variables evoluciona con el paso del tiempo y con el desarrollo de las FE, para poder establecer, si es el caso, el poder predictivo de la flexibilidad cognitiva en relación con el rendimiento en matemáticas como se ha logrado con la memoria de trabajo y con el control inhibitorio.

3. Incidencia del control inhibitorio en las Habilidades Matemáticas Básicas.

En el presente epígrafe se analizará la incidencia del control inhibitorio en las HMB del alumnado de Educación Infantil. En primer lugar, es necesario definir control inhibitorio que es la capacidad de las personas para controlar las respuestas automáticas o impulsivas para producir respuestas reguladas por el razonamiento y por la atención (Blaye y Chevalier, 2011).

Seguidamente se presentarán investigaciones sobre la relación entre el control inhibitorio y las HMB del alumnado de Educación Infantil, para posteriormente presentar las conclusiones sobre la citada relación.

Bull y Scerif (2001) realizaron una investigación para identificar si hay una relación entre las FE y las HMB en niños de Educación Infantil y de Educación Primaria. Para evaluar las FE usaron la Tarea de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin, las Tareas Duales, la Tarea Stroop y para evaluar las HMB usaron el Intervalo de Conteo. Los resultados muestran que las HMB están significativamente relacionadas con todas las tareas de evaluación, salvo con las Tareas Duales. Estos autores proponen que las dificultades de los niños en matemáticas se deben a los malos resultados en memoria de trabajo y en control inhibitorio.

Blair y Peters (2007) realizaron un estudio longitudinal sobre la relación existente entre algunas FE como, el control inhibitorio, y el rendimiento en tareas de lengua y de matemáticas. Los niños y las niñas fueron evaluados dos veces. La primera vez, entre los tres y los cinco años de edad, y la segunda vez, entre los cinco y los seis años de edad. Los resultados de la primera medición en control inhibitorio se hallaban vinculados al desempeño en las tareas matemáticas durante ese periodo y en la segunda medición las puntuaciones en control inhibitorio se hallaban vinculadas a la capacidad matemática de los infantes. Tales resultados indicarían que la influencia de las FE sobre el desempeño académico dependería del período evolutivo y de la competencia académica.

Brock et al. (2009) implementaron un programa de FE para una muestra de 173 niños y niñas de Educación Infantil. Los resultados muestran que el control inhibitorio y el rendimiento matemático están directamente relacionados.

Clark et al. (2010) investigaron sobre la flexibilidad cognitiva y sobre el control inhibitorio de niños de cuatro años y su rendimiento en matemáticas a los seis años. Los resultados indican que las FE estudiadas pudieron clasificar al 80% del alumnado en grupos sin problemas en rendimiento matemático y con problemas en rendimiento matemático después de dos años de haber sido evaluados.

Röthlisberger, Neuenschwander, Cimeli y Roebbers (2013) investigaron sobre la relación entre la memoria de trabajo y el control inhibitorio llegando a unos resultados que muestran que los niños y que las niñas con un bajo rendimiento en FE a la edad de cinco años presentan un rendimiento en matemáticas inferior al de los niños con un rendimiento en FE medio o alto en las tareas de cálculo y de secuenciación.

Fuhs et al. (2014) realizaron una investigación con 572 niños y niñas de cuatro años al inicio y al final de Educación Infantil en la que explicaron la relación entre las FE, la lectura y las matemáticas. Los resultados mostraron que existen fuertes asociaciones bidireccionales entre las FE y la comprensión oral y el rendimiento en matemáticas, pero no existen fuertes asociaciones bidireccionales para las habilidades de alfabetización.

Presentación, Mercader, Siegenthaler, Fernández y Miranda (2015) en sus investigaciones sobre la relación entre el control inhibitorio y el rendimiento en matemáticas destacan que si la FE se evalúa con estímulos auditivos, en lugar de con estímulos visuales, es más eficaz para diferenciar los niños sin y con riesgo de presentar dificultades en matemáticas a la edad de cinco o de seis años.

Rosas et al. (2017) evaluaron a 109 niños y niñas a principios y a finales de Educación Infantil en FE, memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva y control inhibitorio, para comprobar el valor predictivo de las FE en lengua y en matemáticas al acabar Educación Infantil. Los resultados muestran que las FE, de forma conjunta, predicen el desempeño académico general de los niños y de las niñas entre un 15% y un 23%, el rendimiento en lectura entre un 10% y un 14% y el rendimiento en matemáticas entre un 9% y un 19%. Al desglosar las FE solo la memoria de trabajo y el control inhibitorio tienen capacidad predictiva.

Los resultados de las investigaciones presentadas llegan a conclusiones sobre la relación entre el control inhibitorio y el rendimiento matemático.

La primera conclusión es que el control inhibitorio para muchos autores como, por ejemplo, para Carlson y Moses (2001) es una de las primeras FE en desarrollarse, por lo que se entiende que el control inhibitorio es un componente primario del funcionamiento ejecutivo.

La segunda conclusión es que la relación entre la memoria de trabajo y el rendimiento matemático se ha realizado, en la mayoría de las investigaciones, utilizando tareas cognitivas como, por ejemplo, el Test de Stroop. Este tipo de evaluación ha sido de tipo cognitivo debido a la importancia del aprendizaje académico en la sociedad.

La tercera conclusión es que el control inhibitorio permite no saturar la memoria de trabajo (Nigg, 2000). Esta conclusión puede estar relacionada con el hecho de que los niños y las niñas con diversas dificultades en matemáticas presentan problemas para eliminar la información cognitiva presente en la memoria de trabajo, lo que ocasiona que la memoria de trabajo se sobrecargue de información y el alumnado no consiga satisfacer eficazmente las demandas de las tareas. Por tanto, se puede entender que tener dificultades en control inhibitorio puede estar relacionado con tener dificultades en memoria de trabajo (D'Amico y Passolunghi, 2009; Passolunghi y Siegel, 2001; Szücs, Devine, Soltesz, Nobes y Gabriel, 2013). No obstante, hay investigaciones que no han encontrado diferencias en control inhibitorio entre los niños sin y con dificultades en matemáticas (Cesnabella y Noël, 2005; Cesnabella y Noël, 2008). Estas diferencias pueden ser achacadas a múltiples variables como, por ejemplo, las edades de los sujetos o las pruebas de evaluación utilizadas.

La cuarta conclusión es que, según Lan et al. (2011), Bull y Lee (2014) y Aragón, Guzmán, Villagrán y Cerda (2015), el valor predictivo del control inhibitorio en las dificultades de matemáticas es mayor que el de la memoria de trabajo durante los primeros años de escolaridad. Esta capacidad predictora se extiende a los primeros cursos de Educación Primaria (Ng, Tamis-LeMonda, Yoshikawa y Sze, 2014).

Capítulo IV:

Tecnologías de la Información y
de la Comunicación y su
integración en las aulas de
Educación Infantil

1. Visión histórica de la introducción de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en los centros educativos.

A lo largo de la historia de la humanidad ha habido dos grandes hitos que han cambiado para siempre la evolución cultural y, por tanto, la evolución social de los seres humanos que son, en primer lugar, la creación de la escritura y con ello la perpetuación del conocimiento adquirido por las generaciones anteriores y, en segundo lugar, la creación de la imprenta que ha permitido difundir a un mayor número de personas el conocimiento. Comparables a estos grandes hitos históricos se encuentra la democratización de la tecnología, que facilita el acceso a la información a una parte importante de la población, aunque, bien es cierto que no llega al conjunto de la humanidad. En el presente apartado se va a explicar la visión histórica de la introducción de las TIC en los centros educativos, por lo que se analizará un aspecto muy concreto de la evolución de las TIC.

En relación con la visión histórica de la introducción de las TIC en los centros educativos hay tres posturas por parte de los investigadores. Todas las posturas que se van a presentar evidencian la gran cantidad de investigaciones al respecto (Anglin, 1991; Ely, 1972; Ely, Januszewski y Leblanc, 1989; Eraut, 1994; Gutiérrez, 1980; Hawkrigde, 1981; Saettler, 1990).

Para algunos investigadores como Saettler (1968) y Cabero (1989) la introducción de las TIC en los centros educativos ha sido intermitente a lo largo de la historia, con picos de mayor interés y con picos de menor interés, pero se inició principalmente a finales del siglo XX y principios del siglo XXI. No obstante, señalan que siempre ha habido un gran interés por la introducción de las TIC en los centros educativos. Significar que es a partir de la segunda mitad del siglo XX cuándo progresa la revolución de las TIC en los centros educativos con la utilización de TIC como, por ejemplo, la radio, la televisión o los ordenadores.

Para investigadores como Schramm (1977) o Saettler (1990) la introducción de las TIC en los centros educativos ha sido constante a lo largo de la historia.

Finalmente, hay un tercer grupo en el que se encuentran investigadores como Hawkrigde (1981) y Eraut (1994) que abogan por que la introducción de las TIC en los centros educativos se ha limitado a ámbitos muy concretos.

Presentado el marco general de incorporación de las TIC a los centros educativos se va a profundizar en cómo se produjo la incorporación.

La introducción de las TIC en el campo de la educación se produjo en los años veinte y en los años treinta con la introducción de la radio y en los años cincuenta con la introducción de la televisión. Después de los años cincuenta se desarrollaron los primeros ordenadores y desde ese momento se produjeron los avances en la microelectrónica, en las interfaces y en las redes de comunicación.

La década de los años setenta aportó al mundo y a la educación la televisión en color y los vídeos domésticos. Posteriormente, en la década de los setenta se empezaron a comercializar los primeros ordenadores personales. En un primer momento los ordenadores personales no podían sustituir al resto de TIC como, por ejemplo, la televisión o el vídeo porque no permitían ver imágenes ni vídeos de calidad, ni escuchar sonidos de calidad. Esta situación fue cambiando a lo largo de los años, hasta tener una gran tecnología a nivel de calidad audiovisual.

A comienzos de la década de los años ochenta las Administraciones Educativas de la gran mayoría de los países de Europa, también España, comenzaron a elaborar planes, programas y proyectos que tenían como objetivo que se integraran las TIC en los centros educativos en las etapas de escolarización obligatoria. En España este objetivo se inició con el Programa Nacional de Tecnologías de la Información y de la Comunicación creando el Programa Mercurio en el año 1985, el Programa Atenea en el año 1985 y el Plan Patea en el año 1990. Posteriormente se desarrolló el Programa de Nuevas Tecnologías de la Información y de la Comunicación que en la actualidad se denomina Instituto de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. A estas propuestas iniciales les siguieron otras como el Proyecto Aldea Digital para integrar las TIC en la educación rural. Así, se apostó por los programas educativos que tienen sus orígenes en la Enseñanza Programa de Burrhus Skinner y en los Programas de Enseñanza Asistida por Ordenador (Gallego y Alonso, 1999), más tarde se desarrollarían los Sistemas Inteligentes de Enseñanza Asistida por Ordenador basados en las Teorías de Procesamiento de la Información de autores como David Ausubel o Jerome Bruner y, finalmente, se diseñó el primer software educativo para niños, LOGO, creado por Papert (Papert, 1983).

En la década de los años noventa con la Ley Orgánica 1/1999, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo las TIC se convierten en una prioridad. Por lo que se creó el perfil del asesor especializado en TIC cuya función era asesorar a los maestros y a los profesores sobre el uso pedagógico de las TIC en los centros educativos y en las aulas. No obstante, las TIC siguen sin ser un eje vertebrador. En Galicia es interesante destacar que se desarrolló el Proyecto SIEGA, por parte de la Consellería de Educación e Ordenación Universitaria, para mejorar los conocimientos del profesorado sobre las TIC. No obstante, para algunos investigadores como Reisner (2001) o Area (2005) el impacto de los ordenadores en los centros educativos podría haber sido importante, sin embargo, el impacto fue bajo. Pues, por ejemplo, en centros educativos en Estados Unidos la ratio de ordenadores por niños era de un ordenador por cada nueve niños, sin embargo, el trabajo con los mismos distaba mucho de ser innovador, por lo que la implantación de los ordenadores en las aulas no cumplía el objetivo inicial esperado.

Seguidamente a finales del siglo XX surge la verdadera inclusión de las TIC en los centros educativos y en las aulas a gran escala. En este periodo histórico se habla de la Sociedad del Conocimiento y de la Información (Adell, 1997; Bauman, 2003; Giddens, 2000; Joyanes, 1996; Lévy, 2000) momento en el que se pone de manifiesto la importancia de la integración de las TIC en los centros educativos y en las aulas para lograr el desarrollo social. Para lograr este objetivo se crean diferentes programas como, por ejemplo, el Programa Grutving, el Programa Minerva, el Programa Comenius o el Programa Sócrates, algunos de los cuales siguen vigentes en la actualidad.

Es interesante destacar que la evolución de las TIC en la enseñanza durante el siglo XX realmente no significó una revolución en el campo de la educación, ya que los maestros y los profesores repetían en las aulas las mismas metodologías, pero en lugar de utilizar sólo recursos tradicionales, como los libros de texto, utilizaban a mayores las TIC para realizar actividades concretas. Por tanto, las TIC se utilizaban como herramientas y no como un sistema para cambiar el modelo de enseñanza-aprendizaje (Cuban, 1986). Esta situación se puede deber a que se han puesto muchas expectativas en la implementación de las TIC en la educación, pero no se ha profundizado en cómo integrarlas ni en los agentes educativos.

Más adelante, concretamente a comienzos del siglo XXI, la Unión Europea desarrolló el Programa e-Europe que en el campo de la educación recibió el nombre de e-Learnig. Este programa tenía como objetivos al finalizar el año 2001 dotar de acceso a Internet a todas las escuelas de la Unión Europea y al finalizar el año 2002 dotar de acceso a Internet a las aulas de todas las escuelas de la Unión Europea. Además, se pretendía impulsar la formación docente del profesorado en TIC, lo que es necesario para que se logre una inclusión de las TIC con resultados de cara al proceso de enseñanza-aprendizaje. Este programa se llevó a cabo en España a través del Plan Info XXI que pretendía alfabetizar tecnológicamente a la sociedad española. En relación con la educación en el año 2002 se desarrolló el Programa Internet en la Escuela, pero tuvo muy poco impacto. Por ello durante los años 2005, 2006, 2007 y 2008 se desarrolló el Programa Internet en el Aula por parte del Ministerio de Educación, Ciencia e Industria, Turismo y Comercio y de la Entidad Pública Empresarial Red.es en colaboración con las Comunidades Autónomas. Posteriormente, fue reforzado por el Plan Avanza 1 y por el Plan Avanza 2 que se consolidaron gracias a la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. En esta ley por primera vez en la historia de España se considera que la integración de las TIC en todas las etapas educativas es una prioridad del Sistema Educativo Español. En la actualidad el Estado Español y todas las Comunidades Autónomas se están esforzando por desarrollar y por implementar planes, programas y proyectos para lograr la Sociedad del Conocimiento y de la Información. Como se puede observar en los datos aportados durante estos años, desde hace aproximadamente una década, una de las principales prioridades de las políticas educativas es incorporar las TIC en las escuelas y en las aulas mediante planes, programas y proyectos que se deben elaborar, desarrollar e implementar desde los estamentos públicos, tanto a nivel estatal como a nivel autonómico, para lo que es necesaria una gran inversión en hardware y en software que en esta década se está llevando a cabo (Area, 2008).

En síntesis, la implementación de las TIC en los centros educativos y en las aulas ha tenido un gran crecimiento desde sus inicios en el siglo XX, tanto a nivel de elaboración, de desarrollo y de implementación, como de estudio por parte de múltiples investigadores e investigadoras de diferentes campos, especialmente, desde la Psicología y desde la Educación.

2. Teorías de aprendizaje y Tecnologías de la Información y de la Comunicación.

Las TIC son un elemento que está presente en la vida diaria de los niños y de las niñas de Educación Infantil. Una característica de la citada etapa es que el proceso de enseñanza-aprendizaje debe mostrar y conectarse con las experiencias previas de los alumnos y de las alumnas. Por lo tanto, es imprescindible que en Educación Infantil se utilicen las TIC, ya que son elementos presentes en el día a día del alumnado. Esta idea es defendida por la totalidad de la comunidad científica y por la totalidad de la comunidad educativa.

Una vez que se reconoce la necesidad de la implementación de las TIC en los centros educativos y en las aulas surge el reto de cómo se deben de introducir las TIC en las clases, lo que lleva a diversificar las metodologías empleadas por los maestros y por los profesores (Moallem, 2003; Roblyer, Edwards y Havriluk, 2004; Salinas, Pérez y De Benito, 2008). Por ello, en el presente apartado se presentarán las principales teorías de aprendizaje, Conductismo, Psicología Cognitiva y Constructivismo, y cómo se trabajan desde ellas las TIC (Shunk, 1991). Desde todas las teorías de aprendizaje se entiende que la incorporación de las TIC tiene que ser un proceso que favorezca y que mejore el aprendizaje de los alumnos y de las alumnas (Williams, 2003). Para lograr este objetivo es fundamental la teoría pedagógica y el diseño pedagógico y no simplemente la disponibilidad de TIC en los centros educativos y en las aulas (Earle, 2002; Mandell, Sorge y Russell, 2002).

Es fundamental tener muy presente que las TIC no mejoran el proceso de enseñanza-aprendizaje por sí mismas, sino que deben ser utilizadas teniendo en cuenta la teoría de aprendizaje más adecuada para cada contexto, centro, aula y alumnado (Russell, 1999). Por este motivo es fundamental que los maestros y que los profesores conozcan las diferentes teorías de aprendizaje, para que de este modo puedan decidir que metodologías, qué principios y qué técnicas van a utilizar para lograr que el alumnado consiga los objetivos didácticos planteados.

Seguidamente se presentarán las teorías de aprendizaje, Conductismo, Psicología Cognitiva y Constructivismo, relacionándolas con el uso de las TIC en la etapa de Educación Infantil.

2.1. Conductismo.

El Conductismo, cómo se ha explicado en capítulos anteriores, se basa en la adquisición de conocimientos mediante la repetición. Para lograr el conocimiento los maestros y los profesores deben elaborar ejercicios jerárquicos y muy estructurados con diferentes tareas que avancen en el grado de dificultad y deben darle inmediatamente feedback de los resultados a sus alumnos y a sus alumnas sobre si el resultado de la tarea es correcto o incorrecto, para así poder progresar si ha resuelto la tarea correctamente o volver a niveles de dificultad inferiores de la tarea si el resultado de la misma es erróneo. En la etapa de Educación Infantil algunos maestros suelen utilizar esta teoría de aprendizaje, ya que suelen trabajar mediante rutinas. El problema de esta metodología de trabajo es que las tareas repetitivas son altamente desmotivantes.

Desde el Conductismo la utilización de las TIC se ha realizado a través de la Enseñanza Asistida por Computador que se centra en la realización de tareas practicas muy concretas que se basan, como el propio Conductismo, en la repetición y en el refuerzo positivo o negativo o en el castigo positivo o negativo para lograr el aprendizaje (Rushby, 1989).

El Conductismo aplicado a las TIC presenta muchas ventajas, pero también muchos inconvenientes. Las ventajas del modelo Conductista en la utilización de las TIC son cuatro. La primera ventaja es que las TIC al ser automáticas permiten que cada alumno y que cada alumna pueda trabajar a su ritmo personal de aprendizaje adaptándose a su nivel de desarrollo real. La segunda ventaja es que los maestros y que los profesores tienen inmediatamente los resultados de sus alumnos y de sus alumnas. La tercera ventaja es que se puede programar previamente adaptándose a las características del alumnado. La cuarta ventaja es que los alumnos aprenden estructuras conceptuales (Martí, 1992; Worthington, Welsh, Arhcer, Mindes y Forsyth, 1996). Los inconvenientes del modelo Conductista en la utilización de las TIC son cuatro. El primer inconveniente es que los contenidos se presentan fragmentados. El segundo inconveniente es que el proceso de enseñanza-aprendizaje es individual, pasivo y con poca implicación de los alumnos y de las alumnas. El tercer inconveniente es que el aprendizaje es mecánico. El cuarto inconveniente es que los alumnos y las alumnas se pueden desmotivar rápidamente (Roschelle, Pea, Hoadley, Gordin y Means, 2000).

2.2. Psicología Cognitiva.

La Psicología Cognitiva, cómo se ha explicado en capítulos anteriores, defiende que el aprendizaje se produce gracias a la estructuración de la información que se le facilita a los alumnos y a las alumnas y por retroalimentación constante para poder adaptar el proceso de enseñanza-aprendizaje a las características de cada alumno, por lo que va más lejos de la mera transmisión de información. Así, el proceso de aprendizaje se produce de forma interactiva y dinámica entre los alumnos y las alumnas y el entorno.

Desde la Psicología Cognitiva la utilización de las TIC se ha realizado considerando que las TIC son herramientas que deben permitir la creación de entornos educativos en los cuáles el alumnado construya su propio conocimiento a través de la interacción con los diferentes elementos (Cabero, 2007). Desde la Psicología Cognitiva se aboga por que las TIC incrementen la cantidad y la calidad de las interacciones entre toda la comunidad educativa, pero principalmente entre maestros y profesores y alumnos. Por lo que las TIC favorecen el aprendizaje colaborativo y que los alumnos y las alumnas construyan aprendizajes sociales gracias, sobre todo, a romper las barreras del espacio y del tiempo.

Desde esta teoría de aprendizaje se han desarrollado programas en los que los alumnos y las alumnas deben solucionar problemas, por lo que va más lejos del Conductismo dónde sólo se daban respuestas, para lo que tendrán que tomar decisiones para lograr los objetivos previamente establecidos (Papert, 1993). Así, desde la Psicología Cognitiva las TIC deben permitir desarrollar procesos cognitivos. Se han diseñado recursos tecnológicos que permiten buscar la información, mediante buscadores Web, que facilitan acceder a gran cantidad de información, por lo que los maestros y los profesores deben enseñar a sus alumnos criterios de selección, de análisis y de evaluación de la información para orientarles en esas capacidades; recursos tecnológicos que dan feedback al alumnado actuando como lo haría un maestro o un profesor; recursos tecnológicos que se pueden adaptar a las características de desarrollo evolutivo del alumnado en las que los propios niños y las propias niñas pueden adaptar las tareas teniendo en cuenta sus conocimientos previos y, finalmente, recursos tecnológicos que permiten llevar a cabo procesos cognitivos como, por ejemplo, la selección, la integración, la inclusión o la síntesis de la información.

La Psicología Cognitiva aplicada a las TIC presenta muchas ventajas, pero también algunos inconvenientes.

Las ventajas de la Psicología Cognitiva en utilización de las TIC son las cuatro siguientes.

La primera ventaja es que las TIC, al ser automáticas, permiten que los alumnos y que las alumnas interaccionen teniendo en cuenta el nivel de desarrollo real del alumnado.

La segunda ventaja es que las TIC permiten la personalización del proceso de enseñanza-aprendizaje lo que mejora el aprendizaje significativo y la capacidad de aprender a aprender.

La tercera ventaja es que el alumnado es un agente activo de su proceso de aprendizaje gracias a su participación directa.

La cuarta ventaja es que presentan una gran comprensión del proceso de enseñanza-aprendizaje porque en su desarrollo se han tenido en cuenta la inteligencia artificial y el conocimiento de los procesos de enseñanza y de los procesos aprendizaje de los seres humanos. Gracias a tener en cuenta todas estas aportaciones son unos recursos muy interesantes para trabajar en los centros educativos y en las aulas.

Los inconvenientes de la Psicología Cognitiva en la utilización de las TIC son los tres siguientes.

El primer inconveniente es que son de carácter individual y la interacción ente compañeros puede ser limitada.

El segundo inconveniente es que presentan una visión rígida de la realidad, pues muy a menudo, presentan un único punto de vista de la realidad social, cuándo la realidad social es muy compleja y posee una infinidad de puntos de vista. Por lo que presentan una simplificación de un mundo complejo, sobre todo en lo que respecta a contenidos de tipo social.

El tercer inconveniente es que este tipo de tecnologías son muy metódicas y muy rígidas.

2.3. Constructivismo.

El Constructivismo, cómo se ha explicado en capítulos anteriores, explica la adquisición de conocimientos a través de la construcción de conocimientos gracias a las experiencias con el entorno. Hay tres tipos de construcción del conocimiento. El primer tipo se produce cuando el sujeto construye conocimiento a través de la acción con el objeto de estudio (Piaget, 1978). El segundo tipo se produce cuando el sujeto construye conocimiento a través de la interacción con otras personas (Vygotski, 1962). El tercer tipo se produce cuando el sujeto construye un conocimiento que es significativo para él (Ausubel, Novak y Hanesian, 1989).

Desde el Constructivismo las TIC son recursos tecnológicos que deben facilitar a los alumnos y a las alumnas el acceso a la información ilimitada que necesita para realizar sus proyectos de investigación y, gracias a dichos proyectos de investigación, construir su propio conocimiento.

Desde el Constructivismo prima la interacción entre los maestros y los profesores y el alumnado y las TIC deben potenciar estas relaciones. Así, desde el Constructivismo se han desarrollado diferentes recursos tecnológicos para el desarrollo integral de los alumnos y de las alumnas. A continuación, se presentarán algunos ejemplos. El primer ejemplo es la incorporación de las TIC como un elemento integrado del currículo para facilitar la comunicación, para compartir experiencias y para buscar información, en definitiva, para que los alumnos y las alumnas logren construir sus propios conocimientos (De Pablos, Bravo y Moreno, 2010). El segundo ejemplo es la utilización de TIC que favorezcan la comunicación entre los diferentes miembros de la comunidad educativa y con otras comunidades educativas, ya que a través de la comunicación se favorece la participación, la reflexión y la construcción de ideas (Coll, 2008). El tercer ejemplo es la utilización de recursos tecnológicos para realizar la evaluación del alumnado (Dorrego, 2006). El cuarto ejemplo es la utilización de la Web 2.0 a través de la cual los maestros y los profesores lograrán establecer relaciones sociales, obtener información, intercambiar información y crear información (Aznar y Soto, 2010; Tena, Graván y Cejudo, 2009). Gracias a estas tecnologías se pasa de agente pasivo a agente activo dentro del grupo social.

El Constructivismo aplicado a las TIC presenta muchas ventajas, pero también algunos inconvenientes.

Las ventajas del Constructivismo en la utilización de las TIC son las cinco siguientes.

La primera ventaja es que los maestros y los profesores son un recurso más para el alumnado y actúan como guías, como orientadores y como coordinadores del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La segunda ventaja es que los planteamientos pedagógicos que los maestros y que los profesores les presentan a los alumnos y a las alumnas coinciden con situaciones de la vida real, por lo que son situaciones que pueden relacionar con sus conocimientos previos.

La tercera ventaja es que los intereses del alumnado son el foco que guía el desarrollo de las tareas, por lo que serán tareas que conecten fácilmente con los conocimientos previos del alumnado al formar parte de sus intereses.

La cuarta ventaja es que los alumnos y las alumnas usan las TIC para construir sus propios conocimientos en interacción con sus compañeros y con sus compañeras.

La quinta ventaja es que la evaluación es entendida como una parte del proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo que se realizará antes, durante y después del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los inconvenientes del Constructivismo en la utilización de las TIC son los dos siguientes.

El primer inconveniente es que pueden producirse muchas tareas de carácter individual, dejando a un lado aprendizajes de tipo colaborativo o cooperativo, lo que es fundamental para el alumnado por todas las ventajas que posee para su desarrollo social y personal.

El segundo inconveniente es que los alumnos y las alumnas construyen los aprendizajes a través de problemas que aún no están resueltos y no de problemas que ya hayan sido resueltos.

3. Definición de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación.

En el presente epígrafe se van a presentar diferentes definiciones de TIC aportadas por investigadores y por investigadoras de prestigio en el mundo de las TIC. Las definiciones se van a centrar en el campo de la educación y en la etapa de Educación Infantil.

Para Adell (1997) las TIC son el conjunto de procesos y de productos que se derivan del hardware y del software, por lo que son los soportes de la información y son los canales de comunicación que permiten el almacenamiento, el procesamiento y la transmisión de la información.

Para Tejedor (2003) las TIC son un conjunto convergente de tecnologías derivadas de la microelectrónica, de la informática, de la telecomunicación y de la optoelectrónica, que están produciendo en la actualidad una revolución.

Para Martínez (2007) las TIC son recursos diferentes a los recursos tradicionales porque permiten manipular y gestionar la información y, también, permiten que las personas se comuniquen.

Para Area (2009) las TIC son los instrumentos tecnológicos que permiten romper las barreras del espacio y del tiempo, permitiendo la comunicación entre las personas de forma escrita, oral o audiovisual.

Para Sancho (2009) las TIC son los medios, los métodos, los instrumentos, las técnicas y los procesos que presentan un enfoque sistemático para comprender, para manejar y para organizar la información aumentando la eficiencia y la eficacia del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Para Sacristán (2013) las TIC son las herramientas de comunicación sin límites de espacio y de tiempo, por lo que los maestros y los profesores y los alumnos pueden no compartir ni los mismos espacios ni los mismos tiempos.

Los autores no coinciden en su definición de TIC, ya que algunos autores sólo se limitan a definir las TIC como medios multimedia, pero otros autores se refieren a muchos más medios, pero si hay puntos de convergencia como que las TIC forman parte de la sociedad, por lo que deben ser enseñadas.

4. Características de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación.

En el presente epígrafe se analizarán las diferentes características que presentan las TIC. Para ello se ha recurrido a la síntesis que ha elaborado Cabero (1998) en la que presenta las características de las TIC que son la digitalización, la diversidad, los elevados parámetros de calidad de la imagen y del sonido, la inmaterialidad, la innovación, la instantaneidad, la interactividad, la interconexión, la mayor influencia sobre los procesos que sobre los productos, la penetración en todos los sectores de la sociedad y, finalmente, la tendencia hacia la automatización. Seguidamente se analizarán estas características.

La primera característica es la digitalización. La digitalización tiene como objetivo que la información de diferente tipo como, por ejemplo, el texto, la imagen, el vídeo o el sonido pueda ser enviada por los mismos mecanismos al poseer un formato único universal. Se ha logrado gracias a la conversión de lo analógico a lo digital.

La segunda característica es la diversidad. Las TIC pueden ser utilizadas con multitud de propósitos, pudiendo ser usadas como medio de trabajo, por ejemplo, para escribir un trabajo, para hacer cálculos matemáticos en un programa informático, para mandar un correo electrónico o para buscar información en Internet o como medio de entretenimiento, por ejemplo, para ver una película, para escuchar música, para leer un libro o para navegar por Internet.

La tercera característica son los elevados parámetros de calidad del sonido y de la imagen. Las TIC tienen como uno de sus principales fines la transmisión de la información en diferentes formatos, por lo que a lo largo de la historia han evolucionado para mejorar la transmisión de esa información y, por ello, poseen elevados niveles de calidad en el sonido y en la imagen gracias, en parte, a la digitalización.

La cuarta característica es la inmaterialidad. La información que es creada a través de las TIC es inmaterial, no posee un cuerpo físico, y puede ser transmitida sin tener en cuenta las barreras del espacio y del tiempo, ya que es transparente e instantánea.

La quinta característica es la innovación. Las TIC son un instrumento generador de innovación en todos los campos de la sociedad como, por ejemplo, en la Medicina, en la Psicología o en la Educación. Las TIC han permitido, gracias a su capacidad de innovación, grandes avances en todos los campos de la sociedad. No obstante, en el campo de la educación es necesario que estos grandes avances se produzcan, ya que no se ha dado, todavía, el salto cualitativo que inicialmente se esperaba de las TIC. Esta situación se puede deber a que no se ha reflexionado sobre cómo debería ser su implementación y simplemente se ha dotado a los centros educativos de herramientas tecnológicas. Por lo que es fundamental que se plantee cómo debe ser la implementación y qué se reflexione sobre cuáles pueden ser los avances que se logren gracias a la introducción de las TIC en los centros educativos. La innovación no supone que las TIC aparten a las herramientas anteriores, sino que, algunas veces se produce una simbiosis con las herramientas predecesoras.

La sexta característica es la instantaneidad. Las TIC se caracterizan por ser casi inmediatas. Así, las personas pueden comunicarse sin depender de las barreras espaciales o temporales y de una forma casi instantánea. Esta situación se debe gracias a la introducción de la informática en el campo del desarrollo de las TIC.

La séptima característica es la interactividad. La interactividad es la característica que permite que los seres humanos interaccionen con el ordenador o que los seres humanos interaccionen con otros seres humanos. En el campo de la educación, que es sobre el que versa el presente trabajo, puede que esta sea la característica de las TIC más importante. El motivo de que sea una de las características más importante es que permite que los maestros y que los profesores puedan adaptar los recursos que se emplean en los centros educativos y en las aulas a las características personales de los alumnos y de las alumnas, especialmente a su nivel de desarrollo real. Por tanto, las TIC son un recurso que permite que maestros y que profesores puedan adaptarse a la diversidad de sus alumnos y de sus alumnas.

La octava característica es la interconexión. Esta característica se refiere a que las TIC gracias a la conexión de otras dos tecnologías pueden dar lugar a una nueva tecnología. Un claro ejemplo de la interconexión son las telecomunicaciones que unen la informática y las tecnologías de la comunicación y de la información dando lugar a nuevas TIC como, por ejemplo, el correo electrónico.

La novena característica es la mayor influencia sobre los procesos que sobre los productos. Antaño las personas tenían que aprender una mínima cantidad de información a la que no tenían acceso, pero en la actualidad las personas tienen acceso a una gran cantidad de información al alcance de sus manos utilizando cualquier dispositivo tecnológico con conexión a Internet. Esta nueva situación pone de manifiesto que es más importante aprender competencias que adquirir conocimientos de carácter conceptual. Por lo que el proceso de enseñanza-aprendizaje se debería centrar más en el propio proceso de adquisición de competencias que en el resultado final de aprendizaje de contenidos conceptuales. No se puede perder de vista que la gran cantidad de información puede suponer un problema para los alumnos y para las alumnas, ya que no toda la información a la que acceden es de calidad y por ello se les deben enseñar estrategias para aprender a buscar, a seleccionar y a elaborar la información. Además, la construcción del conocimiento por parte de los alumnos y de las alumnas ya no se tiene que realizar en solitario, pues los alumnos y las alumnas pueden buscar, crear, compartir y transmitir información a otras personas del colegio o de fuera del colegio. Por lo que se crea un conocimiento de elaboración social. En definitiva, el protagonismo de cada persona y la posibilidad de acción conjunta son las dos variables que pueden introducir un verdadero cambio cualitativo en el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumnado.

La décima característica es la penetración en todos los sectores de la sociedad. El impacto de las TIC no se ha producido sobre una única persona o sobre un único país, sino que ha afectado al conjunto de la población mundial y a sus respectivos países e instituciones, en mayor o en menor medida, lo que se pone de manifiesto a través de conceptos como el de globalización o el de Sociedad del Conocimiento y de la Información. No obstante, se tiene que tener en cuenta la brecha digital que hay entre los países y entre las poblaciones.

La décimo primera característica es la tendencia hacia la automatización. La complejidad de las propias TIC y de la sociedad obliga a que cada vez más se creen instrumentos tecnológicos que permitan la automatización de la información, por lo que en los últimos años se han creado gestores corporativos o gestores personales para facilitar el tratamiento de la información.

5. Integración de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en los centros educativos.

Muchas investigaciones se han realizado sobre cómo debe de ser la integración de las TIC en los centros educativos como, por ejemplo, el Proyecto SIBIS que estudió el grado de implantación de las TIC en la sociedad y en la enseñanza en la Unión Europea o el Programa Educación en la Era Digital para analizar el uso de los recursos tecnológicos en los centros educativos de España.

Para que la integración de las TIC en los centros educativos sea posible son necesarias una serie de factores que dependen de tres pilares que son la inversión, la dotación de TIC en los centros educativos tanto a nivel de hardware como de software y la formación del profesorado (Sevillano, 2003). Así, para implementar las TIC hay que tener en cuenta una serie de factores. El primer factor es que es necesario ofrecer al profesorado una formación inicial y continua sobre la utilización de las TIC en la que se tenga muy presente el uso pedagógico de las mismas, ya que la dificultad de implementarlas en los centros educativos no es dotarlos de tecnologías, sino introducirlas en el desarrollo del currículo educativo (Valcárcel, 2001). El segundo factor es que se debe enseñar a los maestros y a los profesores a programar las clases para rentabilizar el uso de los recursos, en general, y de las TIC, en particular, y en función de que parámetros deberán elegir unas tecnologías u otras. El tercer factor es que se deben facilitar situaciones en las que los maestros y los profesores puedan compartir experiencias profesionales para innovar. El cuarto factor es que los maestros y que los profesores deben de ser críticos con las TIC para sus clases y para enseñarles a sus alumnos a serlo.

En función del logro de estos factores las TIC tendrán una mayor o una menor integración en los centros educativos. Según Marqués (2009) hay cuatro niveles de integración de las mismas en los centros educativos. El primer nivel es la alfabetización en las TIC y en su utilización como herramientas de aprendizaje. El segundo nivel es su aplicación en el aula que en el caso de Educación Infantil se hará a través de proyectos de investigación y en el caso de Educación Primaria a través de las asignaturas. El tercer nivel es la utilización de las TIC como instrumentos para la interacción en el aula, es decir, aprender con las TIC. El cuarto nivel es su utilización como una herramienta para la gestión del aula.

5.1. Formación del profesorado para la integración de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en los centros educativos.

En el presente subapartado se explicará la formación para la integración de las TIC en los centros educativos ya que, según González (2004), uno de los retos de la educación es dar al alumnado una enseñanza de calidad y conseguir responder a las demandas sociales, por ambos factores se deben integrar las TIC en los centros educativos, por lo que es necesaria la formación del profesorado (Alfaro, Fernández y Alvarado, 2014; Antón, 2013; Del Moral y Villalustre, 2012; Escudero y Portela, 2014; Merchán, 2005; Sánchez, Boix y Jurado, 2009; Torres, 2006).

Antes de explicar la formación del profesorado se va a presentar la legislación al respecto.

La Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa en el artículo 102º establece que las Administraciones Educativas promoverán la utilización de las TIC y la formación de lenguas extranjeras de todo el profesorado, independientemente de su especialidad, estableciendo programas específicos de formación en este ámbito. Por lo que se obliga a que los maestros y a que los profesores reciban formación en TIC.

La Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa en el artículo 111º bis establece que se promoverá el uso, por parte de las Administraciones Educativas y por parte de los equipos directivos de los centros educativos, de las TIC en el aula, como medio didáctico apropiado y valioso para realizar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Lo que implica que los maestros y que los profesores deberán estar formados en TIC.

En la misma línea se encuentran el Real Decreto 1630/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas del segundo ciclo de Educación Infantil, el Decreto 330/2009, de 4 de junio, por el que se establece el currículo de la Educación Infantil en la Comunidad Autónoma de Galicia y la Orden de 25 de junio de 2009 por la que se regula la implantación, el desarrollo y la evaluación del segundo ciclo de la Educación Infantil en la Comunidad Autónoma de Galicia.

Presentada la legislación que ratifica la necesidad de formar al profesorado en TIC seguidamente se van a explicar los modelos de formación del profesorado en las TIC. En la actualidad las Administraciones Educativas y las organizaciones privadas ofrecen diferentes tipos de formación según la naturaleza de la misma, según los contextos sean formales o informales, según el puesto de trabajo y según las metodologías. En concreto se va a presentar el Modelo de Escudero y Portela (2014) y el Modelo TPACK. Según el Modelo de Escudero y Portela (2014) existen tres dimensiones de la formación del profesorado que son la centralización y la descentralización de la formación, el modelo del profesorado y la organización a los apoyos de la formación. La primera dimensión hace referencia al modelo de gestión de la formación. Es centralizada cuándo es controlada por organismos públicos como las Administraciones Educativas y es descentralizada cuándo es controlada por organismos privados como una empresa. La segunda dimensión hace referencia al modelo de profesor para el que se realiza la formación que está determinado por las políticas de formación. Los modelos que existen, según Zeichner (2010), son la profesionalización cerrada, la profesionalización técnica, la profesionalización democrática y la profesionalización equitativa. La tercera dimensión pone de manifiesto la necesidad de organizar los apoyos con los que cuentan los maestros y los profesores (López y Matezanz, 2009). Según el Modelo TPACK (Koehler y Mishra, 2009; Mishra y Koehler, 2006) hay que ofrecer conocimiento disciplinar, pedagógico y tecnológico (Cabero, 2014).

Todos los modelos presentan una serie de variables que indican cuáles son los contenidos que se deben transmitir a los maestros y a los profesores en la formación con respecto a las TIC. Así, se deben transmitir contenidos instrumentales, contenidos curriculares, contenidos pragmáticos, contenidos psicológicos, contenidos críticos, contenidos actitudinales, contenidos investigadores, contenidos diseñadores, contenidos estéticos y contenidos de evaluación todos ellos relacionados con las TIC. En relación con la etapa de Educación Infantil la formación de los maestros, según Zabalza (2013), debe de tener en cuenta las características del entorno, de la escuela y del alumnado, pues es el único modo en el que los maestros lograrán introducir las TIC en el currículo de Educación Infantil y, así, desarrollar la competencia de tratamiento de la información y competencia digital en el alumnado.

A continuación, se va a presentar un breve resumen de cómo debería ser la formación inicial y la formación continua de los maestros y de los profesores en relación con las TIC.

La formación inicial del profesorado cuenta con materias cuyo tema central son las TIC, ya que en el currículo educativo del presente y del futuro las TIC tienen y tendrán un gran peso. Así, según Blázquez (2001), estas materias deben perseguir objetivos como enseñar alfabetización digital, utilizar las TIC como herramientas de creación o reflexionar críticamente sobre el uso de las TIC. De este modo, según Romero (2006), la formación inicial en relación con las TIC tiene que ser una formación en medios que les permita conocer los conceptos y los principios para poder utilizarlas, una formación con medios por lo que deben estar presentes en las actividades formativas de los maestros y de los profesores y una formación para los medios que les ofrezca la formación didáctica para poder integrarlas en el currículo de educación.

La formación en relación con las TIC no se limita a la formación inicial, sino que durante la formación permanente el profesorado también tiene que perfeccionar la competencia informática, por lo que el profesorado tiene acceso a diferentes modalidades de formación como, por ejemplo, los cursos, los talleres, los congresos, las experiencias o el e-Learning gracias a los cuáles seguirán formándose para poder integrar las TIC en el currículo de educación (Reparaz, Sobrino y Mix, 2000).

Como resultado de la formación inicial y de la formación permanente los maestros y los profesores deberían adquirir una serie de competencias en relación con las TIC. Estas competencias informáticas deberán ser competencias instrumentales para saber utilizar las TIC, competencias interpersonales para poder enseñar con las TIC y competencias sistemáticas para desarrollar sistemas (Villa y Poblete, 2007).

En definitiva, en la integración de las TIC en los centros educativos y en la calidad de la educación tiene un mayor peso la formación inicial y la formación permanente del profesorado que la adquisición y que la actualización de las TIC (Cebrián, 2005).

6. Condiciones para la integración de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en los centros educativos.

En el presente epígrafe se van a presentar las condiciones para la integración de las TIC en los centros educativos teniendo en cuenta las aportaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura y las aportaciones de Alcántara (2009).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura son necesarias tres condiciones para integrar las TIC en los centros educativos.

La primera condición es que los centros educativos deben disponer de TIC y deben disponer de acceso a Internet.

La segunda condición es que los maestros y que los profesores hayan sido formados por las Administraciones Educativas en cómo se deben de utilizar las TIC en los centros educativos y en las aulas. Para ello deberán tener una formación en TIC que les permita saber utilizar las TIC, saber integrar las TIC en el currículo educativo y saber evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje de sus alumnos y de sus alumnas con la introducción de las TIC.

La tercera condición es que los maestros y que los profesores deben de poder tener acceso a contenidos educativos digitales de calidad.

Para Alcántara (2009) son necesarias tres condiciones, coincidentes con las condiciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, para integrar las TIC en los centros educativos.

La primera condición es que los centros educativos cuenten con las TIC necesarias para poder realizar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La segunda condición es que el profesorado debe de haber recibido una formación específica en cómo usar las TIC en los centros educativos y en las aulas.

La tercera condición es que la comunidad educativa, especialmente los maestros y los profesores, desarrollen herramientas tecnológicas que permitan y que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje.

7. Aspectos positivos y aspectos negativos de la integración de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en los centros educativos.

7.1. Aspectos positivos.

En el presente epígrafe se van a presentar los principales aspectos positivos de la integración de las TIC en los centros educativos.

El primer aspecto positivo es que las TIC aportan beneficios sobre otros materiales didácticos a diferentes niveles como, por ejemplo, en la elección de las metodologías, en la creación de materiales personalizados y adaptados a las características del alumnado, en la creación de ambientes de enseñanza-aprendizaje activos e interactivos y en la evaluación (Ortega y Chacón, 2009).

El segundo aspecto positivo es que las TIC forman parte del entorno de la mayoría de los alumnos y de las alumnas, por lo que el alumnado posee conocimientos previos sobre ellas, lo que convierte a las TIC en un puente entre el contenido a aprender y el propio alumno, facilitando el proceso de enseñanza-aprendizaje (De Pablos, 2003; Raposo, 2005).

El tercer aspecto positivo es que los alumnos están interesados en las TIC, lo que facilita la motivación que es fundamental para que realicen aprendizajes significativos (Alfalla, Arena y Medina, 2001; Raposo, 2005).

El cuarto aspecto positivo es que la utilización de las TIC permite mejorar en los alumnos aspectos cognitivos, aspectos de motricidad fina y aspectos de orientación espacial y, también, desarrollar estrategias de selección, de análisis, de organización y de evaluación de la información (De Pablos, 2003).

El quinto aspecto positivo es que la utilización de las TIC supone un esfuerzo cognitivo al interactuar con los sistemas simbólicos de las TIC, lo que ocasiona que los alumnos y que las alumnas tengan una sensación de autoeficacia percibida hacia ese tipo de tareas (Ortega y Chacón, 2009).

El sexto aspecto positivo es que la utilización de las TIC permite la individualización del proceso de enseñanza-aprendizaje y, por tanto, la atención a la diversidad (Alfalla et al., 2001; Tourón y Santiago, 2013).

7.2. Aspectos negativos.

En el presente apartado se van a presentar los principales aspectos negativos de la integración de las TIC en los centros educativos.

El primer aspecto negativo de las TIC es que las Administraciones Educativas, por lo general, invierten poco en las TIC tanto a nivel de dotación de TIC en los centros educativos como a nivel de formación de los maestros y de los profesores (Touriñán, Rodríguez y Oliveira, 2003).

El segundo aspecto negativo es que las TIC presentan un gran avance tecnológico que complica que los maestros y que los profesores puedan estar constantemente actualizados sobre los avances en las TIC en el campo de la educación (Touriñán et al., 2003).

El tercer aspecto negativo de la utilización de las TIC es que algunos maestros y algunos profesores tienen una escasa alfabetización digital, lo que complica considerablemente el uso de las TIC en los centros educativos y en las aulas (Alfalla et al., 2001).

El cuarto aspecto negativo es que la falta de coordinación por parte de los maestros y de los profesores favorece la repetición del mismo tipo de tareas a realizar con los alumnos y con las alumnas (Touriñán et al., 2003).

El quinto aspecto negativo de la utilización de las TIC en el aula es el tiempo. La utilización de las TIC, para la mayoría del profesorado, supone una mayor inversión de tiempo en la planificación de las clases para realizar actividades como, por ejemplo, elaborar materiales didácticos propios o seleccionar recursos audiovisuales (Alfalla et al., 2001).

El sexto aspecto negativo de la utilización de las TIC es a nivel de la propia utilización en el día a día en las aulas, ya que algunas herramientas tecnológicas como, por ejemplo, la Pizarra Digital Interactiva presenta dos tipos de limitaciones, una en relación con la luminosidad impidiendo su uso en determinados momentos del día y otra con el sonido que requiere que el auditorio esté en silencio porque el sonido depende directamente del ordenador, lo que en un aula de Educación Infantil es complicado (Alfalla et al., 2001).

8. Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la etapa de Educación Infantil.

En el presenta epígrafe se analizarán las TIC en la etapa de Educación Infantil destacando cómo fomentar la integración de las TIC en las aulas de la citada etapa y teniendo presente que los niños y que las niñas de Educación Infantil son nativos digitales (Recio, 2014; Santos y Pinto, 2008).

Para explicar la integración de las TIC en Educación Infantil es necesario hacerlo a dos niveles que son a nivel de familias y a nivel de centros educativos.

A nivel de familias es necesario empezar explicando que los niños y que las niñas de la etapa de Educación Infantil son nativos digitales, por lo que conviven con las TIC de una forma natural y espontánea y con un gran interés por aprender a utilizarlas. Así, algunos autores como, por ejemplo, Plowman y Stephen (2010) proponen que la integración de las TIC debe comenzar en el ámbito familiar, ya que los alumnos y las alumnas están más horas con las TIC en sus hogares que en los centros educativos. Por lo que una tarea de los centros educativos y de los tutores es concienciar a las familias de que deben asumir, en conjunto con los centros educativos, esta responsabilidad.

A nivel de centros educativos se debe tener presente que la integración de las TIC se realizará como una oportunidad educativa y no solamente como un medio de ocio (Amante, 2007). De este modo, la integración de las TIC en las aulas de Educación Infantil se realizará a través de los proyectos de investigación, del rincón TIC y de los talleres. A través de ellos los maestros y los profesores enseñarán a sus alumnos y a sus alumnas a manejar las TIC, a buscar información, a seleccionar información, a analizar información y a evaluar la información, siempre en la medida de las posibilidades de cada alumno. Además, en las aulas de Educación Infantil se utilizarán diferentes TIC como, por ejemplo, software educativo. Existen pocas investigaciones sobre la utilización de las TIC en Educación Infantil, sin embargo, cada vez hay más software educativo para esta etapa. Las pocas investigaciones manifiestan que las TIC se pueden incorporar fácilmente al aula a través del rincón TIC, pero se necesitará un docente para ese rincón y un docente para la dinámica general del aula (Urbina, 2002).

Desde la Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria a través del Decreto 330/2009, de 4 de junio, por el que se establece el currículo de la educación infantil en la Comunidad Autónoma de Galicia se han establecidos tres objetivos TIC a lograr en el segundo ciclo de Educación Infantil. El primero objetivo es utilizar los diversos lenguajes como instrumentos de comunicación, de expresión de ideas y de sentimientos, de representación, de aprendizaje y de disfrute. El segundo objetivo es comprender que las palabras, las escrituras indeterminadas, los números, las notas musicales, los iconos y otros símbolos y signos convencionales pueden representar los pensamientos, las experiencias, los conocimientos, las ideas y las intenciones de las personas. El tercero objetivo es acercarse al conocimiento, al empleo y a la valoración de las TIC -ordenadores, Internet, Pizarra Digital Interactiva, escáner, vídeo...- como herramientas de búsqueda de información, de creación, de expresión y de comunicación.

Para lograr estos objetivos se harán actividades con TIC. El ordenador es una herramienta útil en Educación Infantil. Existen muchos programas informáticos pensados para niños que favorecen el desarrollo de diversas capacidades. Entre ellos se pueden citar algunos como, por ejemplo, PC Genius, Aprender con Adibú o Aprendalia. Navegar por Internet es una actividad que divierte a los más pequeños. A ellos van dedicadas diversas webs y aplicaciones digitales para móviles o para Tablets como, por ejemplo, QuiverVision para realizar actividades de realidad aumentada, creAPPcuentos para elaborar cuentos, Duolingo para aprender idiomas o Little Hero para fomentar valores y reforzar hábitos saludables. La robótica educativa en Educación Infantil supone el uso de un pequeño robot que se controla con un sencillo software que permite al alumnado aprender por ensayo-error, programar sencillas tareas y conseguir que el robot haga cosas. Algunos ejemplos de robots en Educación Infantil son el Escornabot o el Bee-Bot. Si bien lo ideal en Educación Infantil es aprovechar las herramientas de la robótica educativa, la programación también puede ser una actividad con grandes beneficios. Plataformas como ScratchJr están dirigidas a niños desde los cinco años y sirven como herramientas con las que crear todo tipo de contenido digital. Además de las TIC citadas se harán actividades con diaporamas, con el proyector de transparencias, con la Pizarra Digital Interactiva, con cámaras, con la radio, con la televisión, con los videojuegos, con los Blogs y con las WebQuest.

Para que todas las actividades presentadas sean un éxito son necesarios varios requisitos.

El primer requisito es la duración de la actividad que los maestros le propongan a los alumnos y a las alumnas. Hay que tener presente que los niños y las niñas de la etapa de Educación Infantil tienen una capacidad de atención limitada, por lo que la duración de las actividades con TIC deberá de ser entre diez y quince minutos, a partir de los quince minutos aparece el cansancio y puede que los niños y las niñas quieran abandonar la actividad.

El segundo requisito son las propias actividades, es decir, la actividad al margen de los recursos que se utilicen para su realización. A veces la propia naturaleza de la actividad es poco interesante y, por tanto, poco motivante para el alumnado. Por lo que los maestros deben ser muy cuidadosos en la propuesta de actividades que presenten a sus alumnos y a sus alumnas.

El tercer requisito es evitar la monotonía. Es necesario que los maestros seleccionen actividades que sean innovadoras, evitando las actividades repetitivas que favorecen el desinterés de los alumnos y de las alumnas de la etapa Educación Infantil.

El cuarto requisito es el éxito en las tareas que los maestros le propongan a los alumnos y a las alumnas. Es necesario que los maestros realicen tareas en la Zona de Desarrollo Próximo de Lev Vygotski para proponer unos contenidos que no sean aburridos por falta de interés, pero que tampoco sean demasiado complejos como para ser alcanzados por el alumnado y supongan frustración, lo que ocasionaría que abandonaran la actividad.

El quinto requisito es que se debe de enseñar a los alumnos y a las alumnas habilidades sociales relacionadas con la utilización de las TIC como, por ejemplo, cooperar en la realización de las actividades para llegar a los resultados de forma conjunta o respetar el turno de cada niño y de cada niña del aula en la utilización de recursos tecnológicos y, también, se debe de enseñar a los alumnos y a las alumnas habilidades de autonomía relacionadas con la utilización de las TIC como, por ejemplo, pedir ayuda a los maestros o a los compañeros para realizar las actividades o realizar tareas sencillas con las TIC de forma autónoma.

SEGUNDA PARTE:
MARCO EMPÍRICO

Capítulo V:

Planteamiento de la investigación

1. Objetivos de la investigación.

Para realizar esta investigación se han planteado dos objetivos generales que se pueden desglosar, principalmente, a través de cuatro objetivos específicos que se presentan seguidamente.

El primer objetivo general es usar un programa de interacción virtual persona-ordenador para desarrollar las FE, memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva y control inhibitorio, con la finalidad de observar sus efectos sobre las HMB en alumnos y en alumnas del tercer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil.

El segundo objetivo general es comprobar en qué medida los efectos de un programa de intervención educativa en FE son debidos a la estructura y a los contenidos de las tareas o al tipo de recursos utilizados para presentarlas y para resolverlas que son los recursos digitales (grupo tecnológico) y los recursos no digitales (grupo papel y lápiz).

Para profundizar en el esclarecimiento de estos objetivos generales, se han planteado los siguientes objetivos específicos:

El primer objetivo específico es desarrollar nuevas metodologías y nuevas fórmulas innovadoras de trabajo con las TIC y comprobar su aplicabilidad y su eficiencia para el desarrollo de las FE y de las HMB en alumnado del tercer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil.

El segundo objetivo específico es implementar un programa de intervención educativa en formato digital (grupo tecnológico) e implementar un programa de intervención educativa en formato no digital (grupo papel y lápiz) que permita trabajar las FE y las HMB en el tercer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil.

El tercer objetivo específico es comprobar si los efectos de un programa de intervención son debidos a la estructura y a los contenidos de las tareas o al tipo de recursos utilizados que son los recursos digitales (grupo tecnológico) y los recursos no digitales (grupo papel y lápiz).

El cuarto objetivo específico es identificar si existe una correlación positiva significativa entre las FE y las HMB.

2. Hipótesis de la investigación.

Para realizar las hipótesis de la presente investigación se ha tenido en cuenta la literatura existente y el marco teórico del presente trabajo de investigación. Teniendo en cuenta la literatura existente la evidencia empírica parece constatar que las FE influyen en el mejor o en el peor rendimiento en las HMB y que las TIC pueden producir mejoras en el proceso de enseñanza-aprendizaje, especialmente en lo relacionado con la motivación de los alumnos y de las alumnas. A raíz de estos hallazgos se han planteado las siguientes hipótesis de investigación.

Con respecto a las FE y a su incidencia en las HMB se han planteado las siguientes hipótesis de investigación:

Hipótesis 1: Se espera que exista una correlación positiva significativa entre las FE y las HMB.

Hipótesis 2: Se espera una correlación positiva significativa entre la memoria de trabajo y las HMB.

Hipótesis 3: Se espera una correlación positiva significativa entre la flexibilidad cognitiva y las HMB.

Hipótesis 4: Se espera una correlación positiva significativa entre el control inhibitorio y las HMB.

Con respecto a las TIC se han planteado las siguientes hipótesis de investigación:

Hipótesis 5: Se espera que haya diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control en las variables dependientes, a favor del grupo tecnológico.

Hipótesis 6: Se espera que haya diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz en las variables dependientes, a favor del grupo tecnológico.

Hipótesis 7: Se espera que haya diferencias estadísticamente significativas entre el grupo papel y lápiz y el grupo control en las variables dependientes, a favor del grupo papel y lápiz.

3. Método.

3.1. Diseño.

En el presente epígrafe, teniendo en cuenta la lógica que rige la investigación científica, se va a presentar la estrategia que permitirá refutar o rechazar los objetos y las hipótesis de la investigación planteados anteriormente.

Teniendo en cuenta los objetivos generales, los objetivos específicos y las hipótesis de la presente investigación se ha optado por un diseño experimental, de carácter transversal, utilizando un diseño factorial de medidas repetidas 3x2 con un factor inter-grupo (grupo control, grupo papel y lápiz y grupo tecnológico) y con un factor intra-grupo (pre-test y post-test).

Las variables independientes de la presente investigación son el momento de evaluación (pre-test y post-test), el grupo al que pertenecen los participantes (grupo control, grupo papel y lápiz y grupo tecnológico) y la interacción entre el momento de evaluación y el grupo. El grupo control no recibirá intervención educativa, el grupo papel y lápiz recibirá intervención educativa a través del programa de intervención educativa en formato no digital y el grupo tecnológico recibirá intervención educativa a través del programa de intervención educativa en formato digital.

Las variables dependientes de la presente investigación son las FE y las HMB.

Las FE evaluadas en la presente investigación son la memoria de trabajo (amplitud de memoria), la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio (precisión global porcentual, tiempos de reacción globales y puntuación de conflicto).

Las HMB evaluadas en la presente investigación son contar, numerar, comprensión del sistema numérico (sistema numérico arábigo, decisión numérica escrita, comparación de números arábigos, sistema numérico oral y decisión numérica oral), operaciones lógicas (operaciones lógicas, series numéricas, clasificación numérica, conservación numérica e inclusión numérica), operaciones (operaciones con apoyo de imágenes, operaciones con enunciado aritmético, sumas simples y operaciones con enunciado verbal) y estimación del tamaño.

3.2.Participantes.

Para la elaboración de este estudio se seleccionaron 90 niños y niñas del C.E. I.P. Ponte dos Brozos situado en Arteixo, A Coruña, Galicia, España. Los participantes cursan el tercer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil y sus edades están comprendidas entre los cinco y los seis años de edad.

El criterio de inclusión que se aplicó a los participantes de la investigación fue el siguiente:

1. Que los alumnos y que las alumnas tuvieran una edad cronológica correspondiente al tercer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil.

Los criterios de exclusión que se aplicaron a los participantes de la investigación fueron los siguientes:

1. Que los alumnos y que las alumnas presentarán una necesidad específica de apoyo educativo.
2. Que los alumnos y que las alumnas presentarán una necesidad educativa especial.
3. Que los alumnos y que las alumnas tuvieran un refuerzo educativo o una adaptación curricular.
4. Que los alumnos y que las alumnas hubieran flexibilizado curso y, por tanto, tuvieran una edad superior a los seis años de edad.

Una vez firmadas las autorizaciones por parte de los padres, de las madres o de los tutores legales se revisaron el criterio de inclusión y los criterios de exclusión. El cumplimiento del criterio de inclusión y de los criterios de exclusión se verificó mediante una reunión con cada una de las tutoras de los grupos que han participado en la investigación. En esta reunión se revisaron las características y el expediente personal de cada uno de los alumnos y de las alumnas participantes. Finalmente, fueron excluidos de la muestra un niño con Síndrome de Down que había flexibilizado, un niño diagnosticado con Trastorno del Espectro Autista y una niña en proceso de diagnóstico, que corresponde a un 1,8% de los participantes. Finalmente, la muestra quedó constituida por 90 participantes.

En relación con las características de la muestra los participantes tenían entre 5 y 6 años y hay 41 niños (45,55%) y 49 niñas (54,44%). Para más información consultar la Tabla V.1.

Tabla V.1.

Características de la muestra.

Grupo	Sexo			
	Niños		Niñas	
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
Grupo control (n=30)	14	46.67%	16	53.33%
	Niños		Niñas	
Grupo papel y lápiz (n=30)	12	40%	18	60%
	Niños		Niñas	
Grupo tecnológico (n=30)	15	50%	15	50%
	Niños		Niñas	

Antes de iniciar la intervención los 90 participantes fueron evaluados en FE y en HMB. Para evaluar las FE se utilizaron la Tarea Corsi para la memoria de trabajo y la Tarea Flanker para la flexibilidad cognitiva y para el control inhibitorio. Por su parte, para evaluar las HMB se utilizó el Test para el Diagnóstico de las Competencias Básicas en Matemáticas (TEDI-MATH).

Con los datos obtenidos en el pre-test los 90 alumnos fueron divididos en tres grupos. El grupo papel y lápiz (n=30) recibió igual intervención educativa que el grupo tecnológico (n=30), pero sin recursos tecnológicos, por lo que actuó como control del efecto de la tecnología, y el grupo control (n=30) no recibió intervención educativa, actuando como control de la intervención educativa.

Para distribuir a los 90 participantes se realizó una asignación de los alumnos y de las alumnas de forma aleatoria a cada uno de los grupos y, posteriormente, se llevó a cabo un ANOVA y pruebas post hoc para verificar que los grupos eran comparables (ver Tabla V.2. y Tabla V.3.).

Tabla V.2.

ANOVA.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significatividad
Amplitud de memoria	Entre grupos	.46	2	.23	.29	.74
	Dentro de grupos	69.43	87	.79		
	Total	69.90	89			
Precisión global porcentual	Entre grupos	4.69	2	2.34	.04	.96
	Dentro de grupos	5018.79	87	57.68		
	Total	5023.48	89			
Tiempos de reacción globales	Entre grupos	76928016.29	2	38464008.14	2.61	.07
	Dentro de grupos	1281172472.39	87	14726120.37		
	Total	1358100488.68	89			
Puntuación de conflicto	Entre grupos	2586388.71	2	1293194.35	.62	.54
	Dentro de grupos	181299607.71	87	2083903.53		
	Total	183885996.42	89			

Contar (Prueba 1)	Entre grupos	2095.80	2	1047.90	1.66	.19
	Dentro de grupos	54743.80	87	629.23		
	Total	56839.60	89			
Numerar (Prueba 2)	Entre grupos	808.02	2	404.01	.63	.53
	Dentro de grupos	55177.80	87	634.22		
	Total	55985.82	89			
Sistema numérico arábigo (Prueba 3.A.)	Entre grupos	193.26	2	96.63	.06	.93
	Dentro de grupos	124939.23	87	1436.08		
	Total	125132.50	89			
Sistema numérico oral (Prueba 3.B.)	Entre grupos	960.82	2	480.41	.51	.59
	Dentro de grupos	80620.46	87	926.67		
	Total	81581.28	89			
Operaciones lógicas (Prueba 4)	Entre grupos	1040.95	2	520.47	.53	.58
	Dentro de grupos	84840.03	87	975.17		
	Total	85880.98	89			

Operaciones con apoyo de imágenes (Prueba 5.A.)	Entre grupos	3621.95	2	1810.97	1.53	.22
	Dentro de grupos	102529.86	87	1178.50		
	Total	106151.82	89			
Operaciones con enunciado aritmético (Prueba 5.B.)	Entre grupos	303.88	2	151.94	.19	.82
	Dentro de grupos	69457.23	87	798.35		
	Total	69761.12	89			
Operaciones con enunciado verbal (Prueba 5.C.)	Entre grupos	804.06	2	402.03	.64	.52
	Dentro de grupos	54102.83	87	621.87		
	Total	54906.90	89			
Estimación del tamaño (Prueba 6)	Entre grupos	.00	2	.00		
	Dentro de grupos	.00	87	.00		
	Total	.00	89			

Tabla V.3.

Comparaciones múltiples.

Variable dependiente	(I) Grupos provisionales	(J) Grupos provisionales	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Amplitud de memoria	Grupo control	Grupo papel y lápiz	.13	.23	.84	-.44	.70
		Grupo tecnológico	.16	.23	.77	-.40	.74
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	-.13	.23	.84	-.70	.44
		Grupo tecnológico	.03	.23	.99	-.54	.60
	Grupo tecnológico	Grupo control	-.16	.23	.77	-.74	.40
		Grupo papel y lápiz	-.03	.23	.99	-.60	.54
Precisión global porcentual	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-.33	1.96	1.00	-5.12	4.45
		Grupo tecnológico	.22	1.96	1.00	-4.56	5.00
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	.33	1.96	1.00	-4.45	5.12
		Grupo tecnológico	.55	1.96	1.00	-4.23	5.34
	Grupo tecnológico	Grupo control	-.22	1.96	1.00	-5.00	4.56
		Grupo papel y lápiz	-.55	1.96	1.00	-5.34	4.23

Tiempos de reacción globales	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-761.38	990.82	1.00	-3180.14	1657.37
		Grupo tecnológico	1466.36	990.82	.42	-952.39	3885.12
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	761.38	990.82	1.00	-1657.37	3180.14
		Grupo tecnológico	2227.75	990.82	.08	-191.01	4646.51
	Grupo tecnológico	Grupo control	-1466.36	990.82	.42	-3885.12	952.39
		Grupo papel y lápiz	-2227.75	990.82	.08	-4646.51	191.01
Puntuación de conflicto	Grupo control	Grupo papel y lápiz	344.12	372.72	1.00	-565.76	1254.00
		Grupo tecnológico	-29.19	372.72	1.00	-939.08	880.69
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	-344.12	372.72	1.00	-1254.00	565.76
		Grupo tecnológico	-373.31	372.72	.95	-1283.20	536.56
	Grupo tecnológico	Grupo control	29.19	372.72	1.00	-880.69	939.08
		Grupo papel y lápiz	373.31	372.72	.95	-536.56	1283.20

Contar (Prueba 1)	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-5.30	6.47	.71	-21.43	10.83
		Grupo tecnológico	-11.80	6.47	.19	-27.93	4.33
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	5.30	6.47	.71	-10.83	21.43
		Grupo tecnológico	-6.50	6.47	.60	-22.63	9.63
	Grupo tecnológico	Grupo control	11.80	6.47	.19	-4.33	27.93
		Grupo papel y lápiz	6.50	6.47	.60	-9.63	22.63
Numerar (Prueba 2)	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-7.20	6.50	.54	-23.39	8.99
		Grupo tecnológico	-2.36	6.50	.93	-18.56	13.83
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	7.20	6.50	.54	-8.99	23.39
		Grupo tecnológico	4.83	6.50	.75	-11.36	21.03
	Grupo tecnológico	Grupo control	2.36	6.50	.93	-13.83	18.56
		Grupo papel y lápiz	-4.83	6.50	.75	-21.03	11.36

Sistema numérico arábigo (Prueba 3.A.)	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-26	9.78	1.00	-24.64	24.10
		Grupo tecnológico	2.96	9.78	.95	-21.40	27.34
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	.26	9.78	1.00	-24.10	24.64
		Grupo tecnológico	3.23	9.78	.94	-21.14	27.60
	Grupo tecnológico	Grupo control	-2.96	9.78	.95	-27.34	21.40
		Grupo papel y lápiz	-3.23	9.78	.94	-27.60	21.14
Sistema numérico oral (Prueba 3.B.)	Grupo control	Grupo papel y lápiz	1.73	7.86	.97	-17.84	21.31
		Grupo tecnológico	-5.90	7.86	.75	-25.48	13.68
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	-1.73	7.86	.97	-21.31	17.84
		Grupo tecnológico	-7.63	7.86	.62	-27.21	11.94
	Grupo tecnológico	Grupo control	5.90	7.86	.75	-13.68	25.48
		Grupo papel y lápiz	7.63	7.86	.62	-11.94	27.21

Operaciones lógicas (Prueba 4)	Grupo control	Grupo papel y lápiz	7.80	8.06	.62	-12.28	27.88
		Grupo tecnológico	1.36	8.06	.98	-18.71	21.45
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	-7.80	8.06	.62	-27.88	12.28
		Grupo tecnológico	-6.43	8.06	.72	-26.51	13.65
	Grupo tecnológico	Grupo control	-1.36	8.06	.98	-21.45	18.71
		Grupo papel y lápiz	6.43	8.06	.72	-13.65	26.51
Operaciones con apoyo de imágenes (Prueba 5.A.)	Grupo control	Grupo papel y lápiz	8.13	8.86	.65	-13.94	30.21
		Grupo tecnológico	15.53	8.86	.22	-6.54	37.61
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	-8.13	8.86	.65	-30.21	13.94
		Grupo tecnológico	7.40	8.86	.70	-14.68	29.48
	Grupo tecnológico	Grupo control	-15.53	8.86	.22	-37.61	6.54
		Grupo papel y lápiz	-7.40	8.86	.70	-29.48	14.68

Operaciones con enunciado aritmético (Prueba 5.B.)	Grupo control	Grupo papel y lápiz	2.33	7.29	.95	-15.84	20.50
		Grupo tecnológico	-2.16	7.29	.95	-20.34	16.00
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	-2.33	7.29	.95	-20.50	15.84
		Grupo tecnológico	-4.50	7.29	.82	-22.67	13.67
	Grupo tecnológico	Grupo control	2.16	7.29	.95	-16.00	20.34
		Grupo papel y lápiz	4.50	7.29	.82	-13.67	22.67
Operaciones con enunciado verbal (Prueba 5.C.)	Grupo control	Grupo papel y lápiz	6.86	6.43	.56	-9.17	22.90
		Grupo tecnológico	5.63	6.43	.68	-10.40	21.67
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	-6.86	6.43	.56	-22.90	9.17
		Grupo tecnológico	-1.23	6.43	.98	-17.27	14.80
	Grupo tecnológico	Grupo control	-5.63	6.43	.68	-21.67	10.40
		Grupo papel y lápiz	1.23	6.43	.98	-14.80	17.27

3.3. Instrumentos de medida.

3.3.1. Tareas para evaluar las Funciones Ejecutivas.

3.3.1.1. Tarea Corsi.

La Tarea Corsi (Mueller, 2014) se ha utilizado para evaluar la memoria de trabajo. Con esta tarea se van a obtener datos de tres variables que son la puntuación total de la prueba, la puntuación total de respuestas correctas y la amplitud de memoria.

La Tarea Corsi se inicia con una pantalla explicativa en la que se indica en qué consistirá la prueba (ver Figura V.1.). Como los alumnos y las alumnas que han participado en la investigación cursan el tercer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil y sus edades están comprendidas entre los cinco y los seis años de edad la explicación se ha adaptado a su nivel de desarrollo. Así, el evaluador les dijo exactamente la misma consigna a los 90 participantes. La consigna fue: “Ahora vamos a hacer un juego con el ordenador. En el juego primero vamos a ver unos cuadrados de color azul y algunos de ellos se van a iluminar. Cuando acaben de iluminarse tú tienes que iluminar los cuadros en el mismo orden utilizando el ratón. Antes de empezar con el juego vamos a ver un ejemplo y tienes que estar muy atento. Si tienes alguna duda antes de empezar puedes preguntarme”. Después de la pantalla de explicación se muestra un ejemplo de cómo se tiene que realizar la prueba.

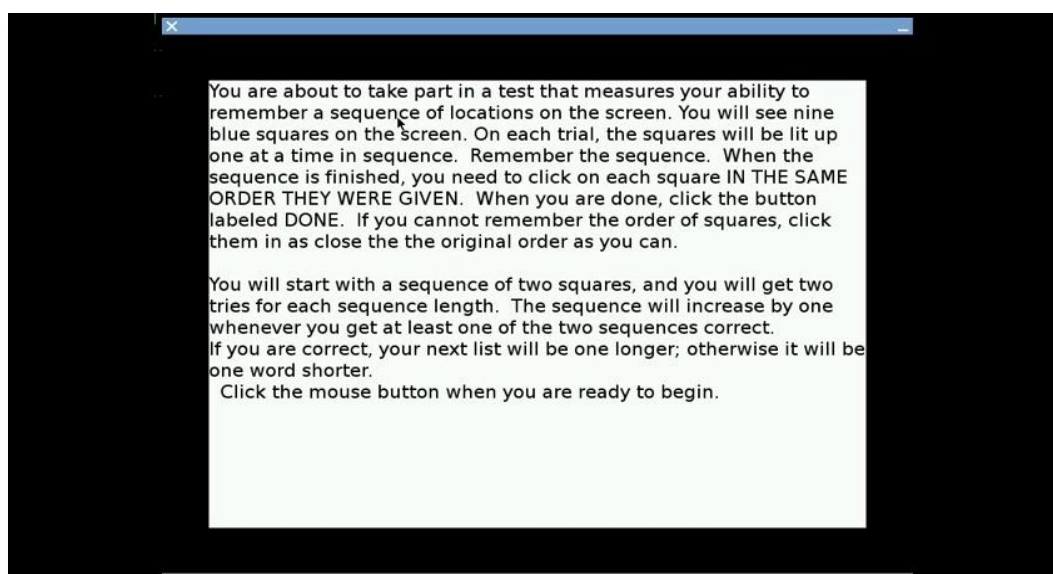


Figura V.1. Tarea Corsi: pantalla explicativa.

Una vez el participante ha visto el ejemplo empezará la prueba de evaluación. Momento en el que el evaluador le recordará que ya no puede hacer preguntas y que tiene que estar atento a la pantalla. La dinámica de la Tarea Corsi es siempre la misma, primero se presenta la secuencia que irá aumentando en dificultad a medida que el participante acierte (ver Figura V.2.) y luego el sujeto tiene que repetir la secuencia en el mismo orden y seguidamente pulsar en DONE para indicar que ha finalizado la secuencia (ver Figura V.3.).

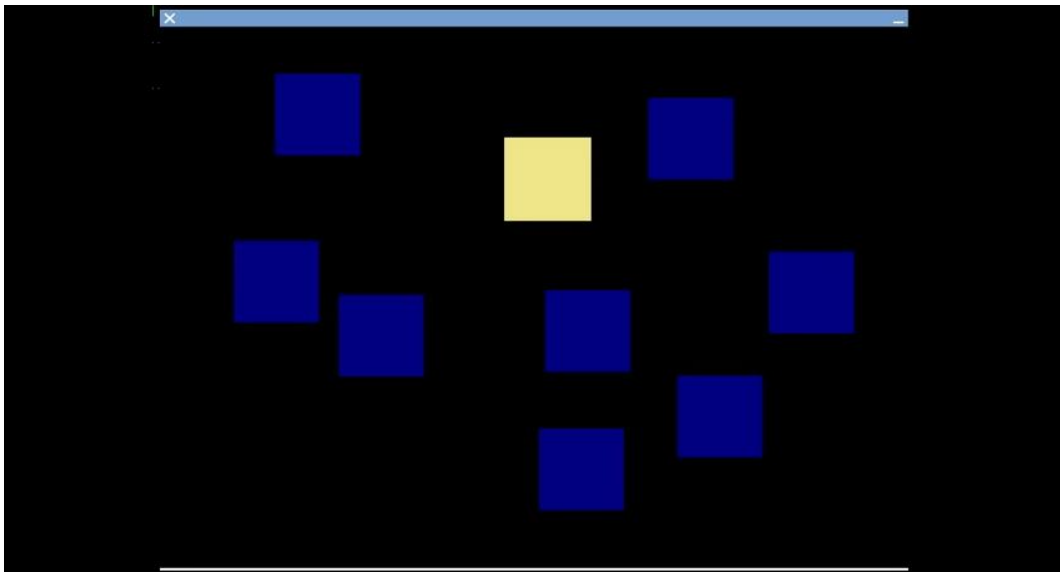


Figura V.2. Tarea Corsi: presentación de la secuencia.

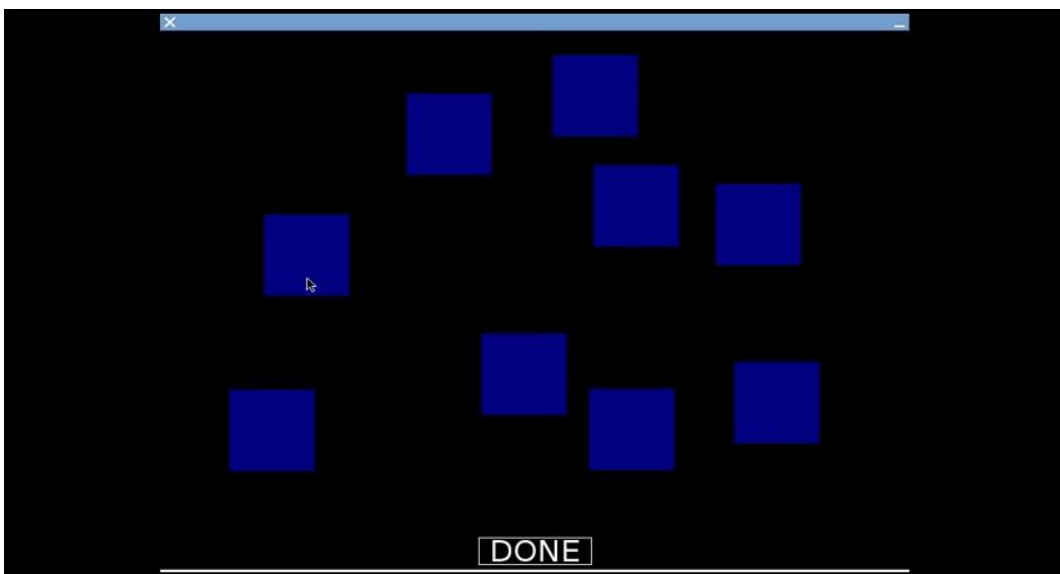


Figura V.3. Tarea Corsi: realización de la secuencia.

Una vez el alumno o la alumna ha realizado la secuencia inmediatamente recibirá feedback positivo si ha hecho bien la secuencia o feedback negativo si ha hecho mal la secuencia (ver Figura V.4.). Es importante destacar que la evaluación del alumno o de la alumna se detiene cuándo el participante comete dos errores consecutivos. Una vez se finaliza la prueba aparecen los resultados de la misma en la última pantalla de la Tarea Corsi (ver Figura V.5.), resultados que quedan almacenados en el software PEBL.

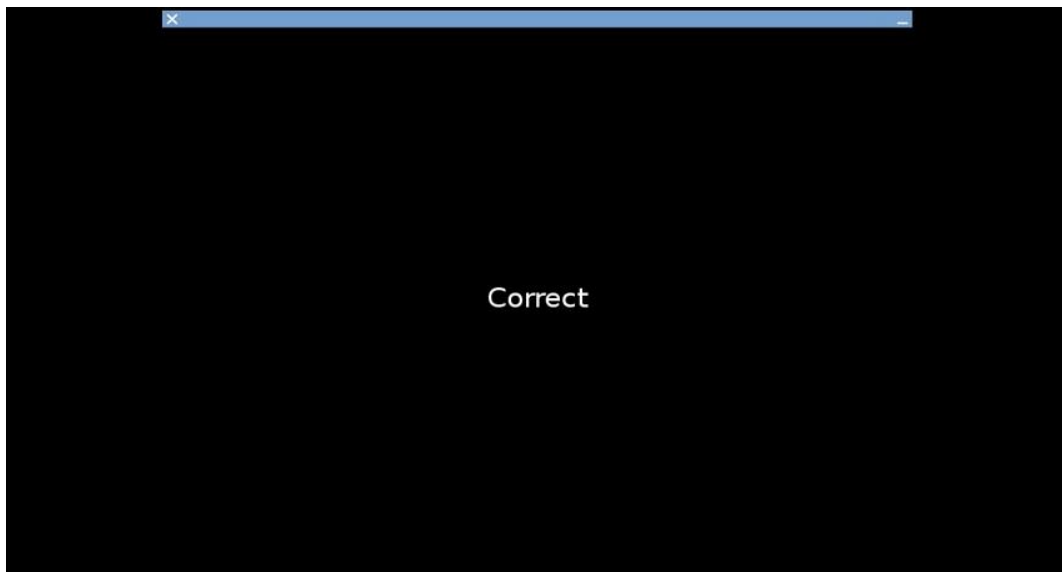


Figura V.4. Tarea Corsi: feedback positivo.

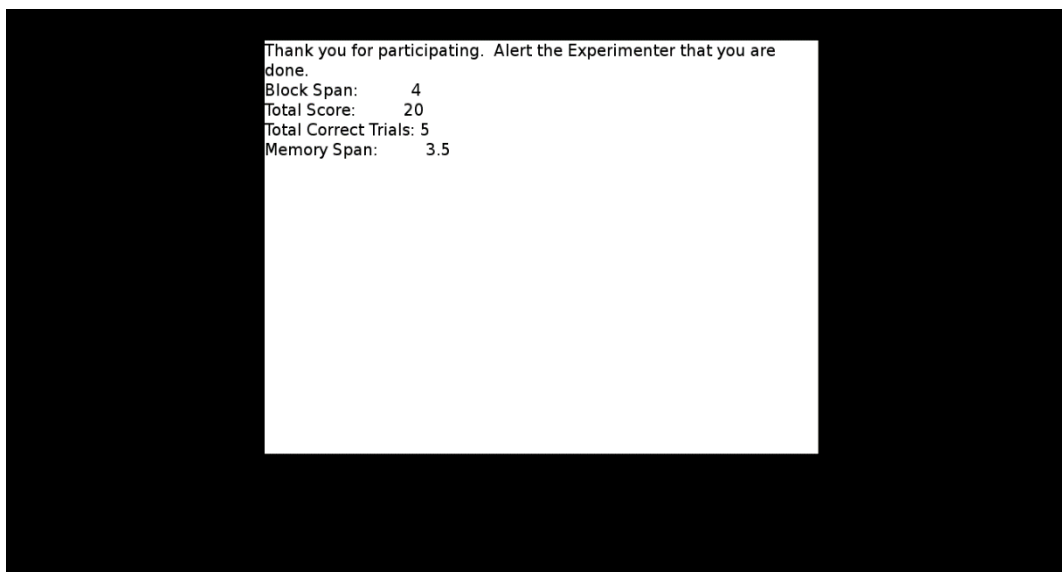


Figura V.5. Tarea Corsi: resultado de la prueba.

3.3.1.2. Tarea Flanker.

La Tarea Flanker (<http://www.devcogneuro.com/>) se ha utilizado para evaluar la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio.

La Tarea Flanker está organizada en tres bloques. Un primer bloque en el que solo se presentan peces de color azul, un segundo bloque en el que solo se presentan peces de color rosa y un tercer bloque en el que se presentan peces de ambos colores. Cada bloque tiene igual número de estímulos congruentes que de estímulos incongruentes. Un estímulo es congruente cuando todas las flechas de los peces apuntan en el mismo sentido (ver Figura V.6. y Figura V.7.). Un estímulo es incongruente cuando las flechas de los peces de los lados y del pez del medio apuntan hacia diferentes sentidos (ver Figura V.8. y Figura V.9.).

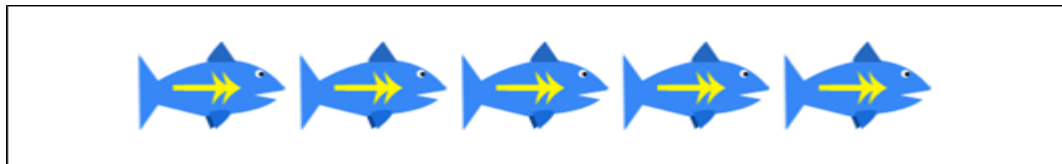


Figura V.6. Tarea Flanker: estímulo congruente I.

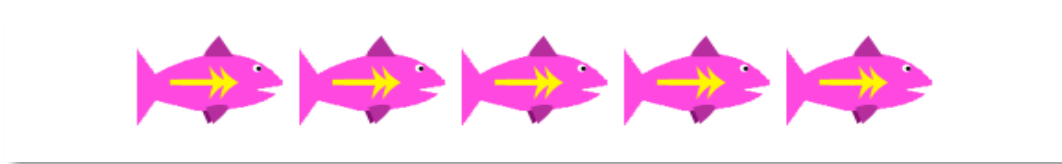


Figura V.7. Tarea Flanker: estímulo congruente II.



Figura V.8. Tarea Flanker: estímulo incongruente I.



Figura V.9. Tarea Flanker: estímulo incongruente II.

Además de tener en cuenta la organización en bloques de la prueba y si los estímulos son congruentes o incongruentes también hay que considerar que si los peces son de color azul los niños y las niñas tendrán que fijarse en el pez del medio (ver Figura V.10. y Figura V.11.) y si los peces son de color rosa los niños y las niñas tendrán que fijarse en los peces de los lados (ver Figura V.12. y Figura V.13.).



Figura V.10. Tarea Flanker: prueba de peces azules congruente.



Figura V.11. Tarea Flanker: prueba de peces azules incongruente.

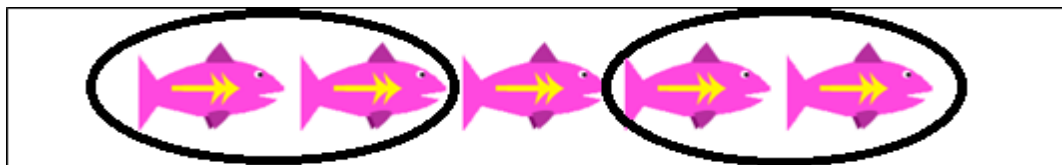


Figura V.12. Tarea Flanker: prueba de peces rosas congruente.

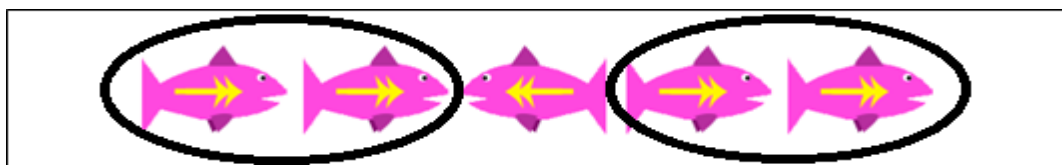


Figura V.13. Tarea Flanker: prueba de peces rosas incongruente.

Debido a esta estructura en bloques se van a obtener datos de dieciocho variables que son seis de cada uno de los bloques. Estos seis datos son número de errores congruentes, número de errores incongruentes, media del tiempo de reacción de los errores congruentes, desviación típica del tiempo de reacción de los errores congruentes, media del tiempo de reacción de los errores incongruentes y desviación típica del tiempo de reacción de los errores incongruentes.

Hechas las consideraciones previas ahora se explicará cómo el evaluador realizó la prueba con los participantes.

La Tarea Flanker se inicia con una pantalla explicativa en la que se indica en qué consistirá la prueba. Como los alumnos y las alumnas que han participado en la investigación cursan el tercer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil y sus edades están comprendidas entre los cinco y los seis años de edad la explicación se ha adaptado a su nivel de desarrollo. Así, el evaluador les dijo exactamente la misma consigna a los 90 participantes. La consigna fue: “Ahora vamos a hacer un juego con el ordenador. En el juego va a haber unos peces que algunas veces serán azules y otras veces serán rosas. Cuando el pez es de color azul tienes que fijarte en el pez del medio y pulsar con el ratón en la pantalla el lugar hacia donde apunta su flecha. Si el pez es rosa tienes que fijarte en los peces de los lados y pulsar con el ratón en la pantalla el lugar hacia donde apunta su flecha. Antes de empezar con el juego vamos a ver un ejemplo y tienes que estar muy atento. Si tienes alguna duda antes de empezar puedes preguntarme”. Después de la pantalla de explicación se muestra un ejemplo de cómo se tiene que realizar la prueba.

Una vez el alumno o la alumna ha visto el ejemplo empezará la prueba de evaluación. Momento en el que el evaluador le recordará que ya no puede hacer preguntas y que tiene que estar atento a la pantalla del ordenador. La dinámica de la Tarea Flanker es siempre la misma, primero se presenta el primer bloque con peces azules, después se presenta el segundo bloque con peces rosas y, finalmente, se presenta el tercer bloque con peces azules y con peces rosas. Los dos primeros bloques sirven de entrenamiento. En el primer bloque con los peces azules habrá el mismo número de estímulos congruentes (ver Figura V.6. y Figura V.7.) que de estímulos incongruentes (ver Figura V.8. y Figura V.9.). Lo mismo ocurrirá en el bloque dos donde solo aparecen peces rosas y en el bloque tres donde alternativamente aparecen peces de los dos colores. Durante el transcurso de la prueba, para mantener la atención, el interés y la motivación de los niños y de las niñas, de vez en cuando aparecen imágenes y sonidos reforzadores como, por ejemplo, una cara feliz o un sonido que indica que están haciendo un buen trabajo.

Al acabar la prueba la Tarea Flanker da la enhorabuena a los niños y a las niñas que han participado en la investigación.

3.3.2. Test para evaluar las Habilidades Matemáticas Básicas.

3.3.2.1. Test para el Diagnóstico de las Competencias Básicas en Matemáticas.

Para evaluar las HMB se recurrirá al Test para el Diagnóstico de las Competencias Básicas en Matemáticas (TEDI-MATH) de Van Nieuwenhoven, Noël y Grégoire (2005).

El Test para el Diagnóstico de las Competencias Básicas en Matemáticas (TEDI-MATH) es una batería que permite identificar las dificultades en el campo numérico. Es un test de aplicación individual, durante aproximadamente treinta minutos, que consta de seis pruebas (contar, numerar, comprensión del sistema numérico, operaciones lógicas, operaciones y estimación del tamaño). Para más información sobre esta prueba consultar la Tabla V.6.

La prueba uno, contar, se compone de cuatro pruebas que son contar hasta el número más alto posible, contar con un límite superior, contar con un límite inferior y contar con límites inferior y superior.

La prueba dos, numerar, consta de tres pruebas que son numerar conjuntos lineales, numerar conjuntos aleatorios y abstracción de los objetos contados.

La prueba tres, comprensión del sistema numérico, se compone de dos pruebas que son el sistema numérico arábigo y el sistema numérico oral. En la primera hay una tarea de decisión numérica escrita y otra de comparación de números arábigos y en la segunda hay una tarea de decisión numérica oral.

La prueba cuatro, operaciones lógicas, consta de cuatro pruebas que son las series numéricas, la clasificación numérica, la conservación numérica y la inclusión numérica.

La prueba cinco, operaciones, se compone de tres pruebas que son las operaciones con apoyo de imágenes, las operaciones con enunciado aritmético y las operaciones con enunciado verbal. En la segunda hay una tarea de sumas simples.

La prueba seis, estimación del tamaño, consta de una prueba que es la comparación de modelos de puntos dispersos.

Tabla V.4.

Valores estadísticos del Test para el Diagnóstico de las Competencias Básicas en Matemáticas (TEDI-MATH).

Puntuaciones básicas	Consistencia interna	Fiabilidad test-retest	Validez de constructo
Contar (Prueba 1)	.87	.86	.86
Numerar (Prueba 2)	.84	.70	.74
Sistema numérico arábigo (Prueba 3.A.)	.96	.66	.71
Sistema numérico oral (Prueba 3.B.)	.98	.78	.86
Operaciones lógicas (Prueba 4)	.93	.83	.84
Operaciones con apoyo de imágenes (Prueba 5.A.)	.94	.88	.83
Operaciones con enunciado aritmético (Prueba 5.B.)	.99	.71	.84
Operaciones con enunciado verbal (Prueba 5.C.)	.94	.75	.69
Estimación del tamaño (Prueba 6)	.95	.85	.70

Nota. Recuperado de Van Nieuwenhoven, C., Grégoire, C. y Noël, M. (2005). *Test para el diagnóstico de las competencias en Matemáticas. (TEDI-MATH)*. Madrid: TEA.

3.4. Instrumentos de intervención.

Para la realización de la presente investigación se han utilizado dos instrumentos de intervención educativa que son el “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil” y su versión sin recursos tecnológicos.

El primer instrumento de intervención educativa, con el que ha trabajado el grupo tecnológico (n=30), es el “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil” que, debido a la precisión con la que debe ser explicado, se puede consultar en el capítulo VI del presente documento. Para su aplicación se creó un rincón TIC que contaba con un ordenador de sobremesa, con un dispositivo de captación de movimientos del cuerpo y de las extremidades (Kinect VI) y con una pantalla de proyección.

El segundo instrumento de intervención educativa, con el que ha trabajado el grupo papel y lápiz (n=30), es la realización del programa de intervención educativa sin la utilización de recursos tecnológicos. Para la realización de la intervención educativa sin recursos tecnológicos se han realizado las mismas tareas que en la intervención educativa con recursos tecnológicos. Por lo tanto, se han tenido que elaborar materiales que fueran lo más parecidos posible al “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil” para que de este modo los alumnos y las alumnas del tercer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil recibieran los mismos estímulos. Para la realización de los materiales se han realizado capturas de pantalla de los fondos de las tareas del programa de intervención educativa con recursos tecnológicos y se han pegado encima de un panel de cartón pluma que posteriormente se ha plastificado para garantizar que no se rompa durante su utilización y se ha colocado velcro, del color del fondo para que fuera lo más estético posible, en las zonas clave en las que el investigador tendría que colocar las piezas o en las que los niños y las niñas de Educación Infantil tendrían que colocar o realizar alguna acción. Además, se han tenido que realizar las piezas necesarias para jugar encima del panel. Las piezas se han plastificado para asegurar la durabilidad de las mismas. Para su aplicación se creó un rincón sin TIC que contaba con los materiales necesarios para la intervención educativa.

3.5.Procedimiento.

La investigación se realizó en el C.E.I.P. Ponte dos Brozos que, por estar a la vanguardia en la incorporación de TIC, se ha interesado por esta investigación.

Una vez que el centro aceptó que se realizará la investigación y se tenía autorización de los tutores legales del alumnado hubo una reunión con las tutoras de las aulas de los participantes para aplicar los criterios de inclusión y de exclusión.

Después de la reunión se procedió a realizar la evaluación previa a la intervención en la que se pasaron las pruebas de evaluación (Tarea Corsi, Tarea Flanker y TEDI-MATH). En función de los resultados se hicieron tres grupos: un grupo control (n=30) que no recibió intervención educativa, un grupo papel y lápiz (n=30) que participó en un programa de intervención educativa sin TIC para desarrollar las FE y las HMB y un grupo tecnológico (n=30) que participó en un programa de intervención educativa con TIC para desarrollar las FE y las HMB. Para hacer tres grupos homogéneos se realizó una asignación de los alumnos de forma aleatoria a cada uno de los grupos y, posteriormente, se llevó a cabo un ANOVA y pruebas post hoc para verificar que los grupos eran comparables.

Hechos los grupos se llevó a cabo la intervención. Para ello en un aula del centro se crearon un rincón TIC para el grupo tecnológico y un rincón sin TIC para el grupo papel y lápiz. El rincón TIC fue dotado de un ordenador de sobremesa, de un dispositivo de captación de movimientos del cuerpo y de las extremidades (Kinect VI) y de una pantalla de proyección. El rincón sin TIC fue dotado de los materiales necesarios para la intervención.

El alumnado del grupo tecnológico en diferentes tipos de agrupamientos, individual, en parejas o en grupos de cinco, realizó un total de veinte sesiones en el rincón TIC teniendo tres sesiones semanales de treinta minutos. Con el grupo papel y lápiz se hizo lo mismo, pero sin recursos tecnológicos.

Después de la aplicación del programa educativo se procedió a realizar la evaluación posterior a la intervención en la que se pasaron las pruebas de evaluación (Tarea Corsi, Tarea Flanker y TEDI-MATH).

Finalmente, con los datos obtenidos en las pruebas pre-test y pos-test se envió a cada tutora un informe de su alumnado y se les agradeció su participación.

3.5.1. Técnicas de análisis de datos.

Los análisis estadísticos se han realizado utilizando el programa estadístico Statistical Package for Social Sciences (SPSS) versión 23.

La investigación se desarrolló empleando un diseño experimental, de carácter transversal, utilizando un diseño factorial de medidas repetidas 3x2 con un factor inter-grupo (grupo control, grupo papel y lápiz y grupo tecnológico) y con un factor intra-grupo (pre-test y post-test). Como variables dependientes se anlaizaron las FE en concreto la memoria de trabajo obteniendo datos de la variable amplitud de memoria de la Tarea Corsi y la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio obteniendo datos de la variable precisión global porcentual que se refiere a la suma media de todas las respuestas correctas del participante en la Tarea Flanker, de la variable tiempos de reacción globales que se refiere a la suma media de todos los tiempos de respuesta del participante en la Tarea Flanker y de la variable puntuación de conflicto que se refiere a los tiempos de respuesta medios para los ensayos incongruentes menos los ensayos congruentes en la Tarea Flanker (Röthlisberger, Neuenschwander, Cimeli, Michel y Roebbers, 2012) y las HMB (contar, numerar, sistema numérico arábigo, decisión numérica escrita, comparación de números arábigos, sistema numérico oral, decisión numérica oral, operaciones lógicas, series numéricas, clasificación numérica, conservación numérica, inclusión numérica, operaciones con apoyo de imágenes, operaciones con enunciado aritmético, sumas simples, operaciones con enunciado verbal, estimación del tamaño y comparación de modelos de puntos dispersos).

Las pruebas estadísticas que se realizaron para analizar los resultados de la investigación fueron, en primer lugar, análisis descriptivos, en segundo lugar, un análisis de varianza de medidas repetidas en el que se realizaron pruebas de igualdad de Levene de varianzas de error para identificar tanto en el pre-test como en el pos-test si los grupos son o no homogéneos, pruebas del análisis multivariante para identificar si hay diferencias en cada grupo entre el pre-test y el pos-test y para saber si hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación, pruebas de efectos inter-sujetos para identificar si hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos y pruebas post hoc para identificar si hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos y, en tercer lugar, un análisis de correlación para identificar correlaciones entre las FE y las HMB.

Capítulo VI:
Programa de intervención virtual
para mejorar los procesos
cognitivos en la etapa de
Educación Infantil

El “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil” tiene como objetivo usar un programa de interacción virtual persona-ordenador para desarrollar las FE con la finalidad de observar sus efectos sobre las HMB en alumnos y en alumnas del tercer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil.

Antes de explicar el programa es necesario presentar unas consideraciones previas.

En primer lugar, hay que destacar que el programa de intervención educativa con recursos tecnológicos se basa en el *Digital Game-Based Learning* (DGBL), en español Aprendizaje Basado en Juegos Digitales, y en el *Gesture-Based Learning* (GBL), en español Aprendizaje Basado en Gestos. El Aprendizaje Basado en Juegos Digitales es, según Prensky (2003), un método de instrucción que incorpora a los contenidos educativos aspectos de los videojuegos con el objetivo de involucrar al alumnado. El Aprendizaje Basado en Gestos es el proceso de aprendizaje que se produce a través de la interacción entre personas y ordenadores basado en movimientos corporales. Los movimientos corporales son captados por un dispositivo somatosensorial que escanea el espacio y calcula la localización de un objeto o de un cuerpo en tiempo real (Chu, Dani y Gadh, 1997). El dispositivo somatosensorial capta los movimientos del cuerpo, de la cabeza, de los brazos y de las manos. Esta tecnología está en continua evolución y tiene por objetivo proporcionar diferentes modos de llevar a cabo el proceso de aprendizaje (Hostetter y Alibali, 2008; Tellier, 2008; Wilson, 2002). El mayor impulso ha sido la aparición en el mercado de nuevas tecnologías de bajo coste como, por ejemplo, Microsoft Kinect, Asus XtionPro y Wiimote. En la presente investigación se ha optado por Microsoft Kinect ya que, a priori, puede ser de más fácil manejo para los alumnos de Educación Infantil (Altanis, Boloudakis, Retalis y Nikou, 2013). En la actualidad el Aprendizaje Basado en Juegos Digitales y el Aprendizaje Basado en Gestos se combinan para conectar el aprendizaje y la actividad física (Dakota, 2016) lo que permite presentar al alumnado interfaces más naturales, que el alumnado pueda utilizar su cuerpo como herramienta de aprendizaje disminuyendo la pasividad física y aumentando la motivación (Biddiss e Irwin, 2010) y que el alumnado pueda obtener retroalimentación en tiempo real.

En segundo lugar, hay que considerar el número de sesiones, el tiempo de cada sesión y la distribución de las sesiones.

En relación con el número de sesiones el programa consta de veinte sesiones que se han realizado tres veces a la semana.

En relación con el tiempo de cada sesión destacar que las sesiones han durado, aproximadamente, treinta minutos.

En relación con la distribución de las sesiones el programa de intervención educativa con recursos tecnológicos se ha organizado en tres bloques. En el primer bloque, que corresponde con la primera sesión, se hará una presentación del profesorado, de la tecnología y de la metodología de trabajo y se realizará un primer juego de adaptación a la tecnología. Es muy importante esta primera sesión, ya que se ha considerado que al ser actividades nuevas y una tecnología que puede presentar dificultades a estas edades, debido a que el alumnado de Educación Infantil está en una fase de incipiente perfeccionamiento de la motricidad fina, es necesario realizar un primer bloque de entrenamiento con el Kinect. Significar que para trabajar con el Kinect daríamos al alumnado la siguiente explicación: “Estos días vamos a jugar a unos juegos nuevos. Algunos juegos se parecen a actividades que ya conocéis del aula, otros son distintos. En todos los juegos, primero tenéis que escuchar nuestra explicación para saber lo que tenéis que hacer en el juego. Después de la explicación tenéis que hacer algo, pero sólo lo podrá hacer la persona o las personas a quienes se les pida. En los juegos tendréis que utilizar vuestra mano como si escribierais en el aire, como si cogierais un objeto para arrastrar o como si hicierais un clic de ratón. Vuestras manos serán vuestro teclado y vuestro ratón. Lo que hagáis con ellas lo veréis en esta pantalla. En la pantalla irán apareciendo los juegos que tenéis que realizar. Pero no os preocupéis que ahora vamos a hacer una prueba para que entendáis que es lo que tenéis que hacer”. Después de la explicación la profesora hará una prueba que el alumnado observará para que tengan un modelo. Acto seguido los niños probarán uno a uno la tecnología. En el segundo bloque, que corresponde a las sesiones desde la segunda hasta la decimonovena, se realizarán las tareas del programa de intervención educativa con recursos tecnológicos que se explicarán a continuación. Finalmente, en el tercer bloque, que corresponde con la última sesión, se realizará una evaluación del trabajo realizado.

En tercer lugar, hay que tener en cuenta que las tareas pueden ser individuales, en parejas o en pequeños grupos como se explicará en cada tarea.

En cuarto lugar, hay que considerar la organización estructural. La aplicación del programa se llevó a cabo en una de las aulas de usos múltiples del centro, independiente de las aulas del alumnado, debido a cuestiones organizativas del centro escolar. En esa aula de usos múltiples se montó un rincón TIC para el grupo tecnológico y un rincón sin TIC para el grupo papel y lápiz.

En quinto lugar, hay que tener en cuenta que el programa se ha planteado desde una perspectiva lúdica, siguiendo la corriente metodológica de la gamificación (Gennaria et al., 2017; Sampedro, Muñoz y Vega, 2017). Así, se han relacionado los tipos de juegos, juegos de memoria de trabajo, juegos de flexibilidad cognitiva y juegos de control inhibitorio, con un sistema de recompensas. Cada uno de estos juegos está asociado con un color. Los juegos de memoria de trabajo con el color blanco, los juegos de flexibilidad cognitiva con el color azul y los juegos de control inhibitorio con el color rojo. Los colores de los juegos están relacionados con un juego que se va a hacer con los niños. El juego consiste en que si juegan a un juego de memoria de trabajo (juego blanco) o a un juego de flexibilidad cognitiva (juego azul) los niños no tienen ningún punto y se les da un punto por cada juego que hagan bien, la aplicación se lo da directamente pues detecta que ha hecho bien la tarea. Pero si juegan a un juego de control inhibitorio (juego rojo) pierden una ficha cada vez que lo hagan mal, el profesor es el encargado de sacar las fichas de la aplicación. Los niños parten de un total de 20 fichas en los juegos de control inhibitorio. Por este motivo los niños tienen un contador en el que pueden ver los puntos que tienen, los puntos que han ganado y los puntos que han perdido. Hay un contador para cada una de las sesiones de trabajo y un contador general que les indica los puntos que tienen en total.

Finalmente, en sexto lugar, hay que destacar que para la realización del programa de intervención educativa con recursos tecnológicos se ha tenido en cuenta el Conductismo porque se recurre al refuerzo positivo y negativo, la Psicología Cognitiva porque se trabajan procesos cognitivos y el Constructivismo porque se han priorizado los principios metodológicos de actividad, tanto manipulativa como reflexiva, para que el alumnado construya su conocimiento.

1. Descripción del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

1.1. Acceso al “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

El programa se inicia con una pantalla de acceso (ver Figura VI.1.) y con una pantalla de bienvenida (ver Figura VI.2.).

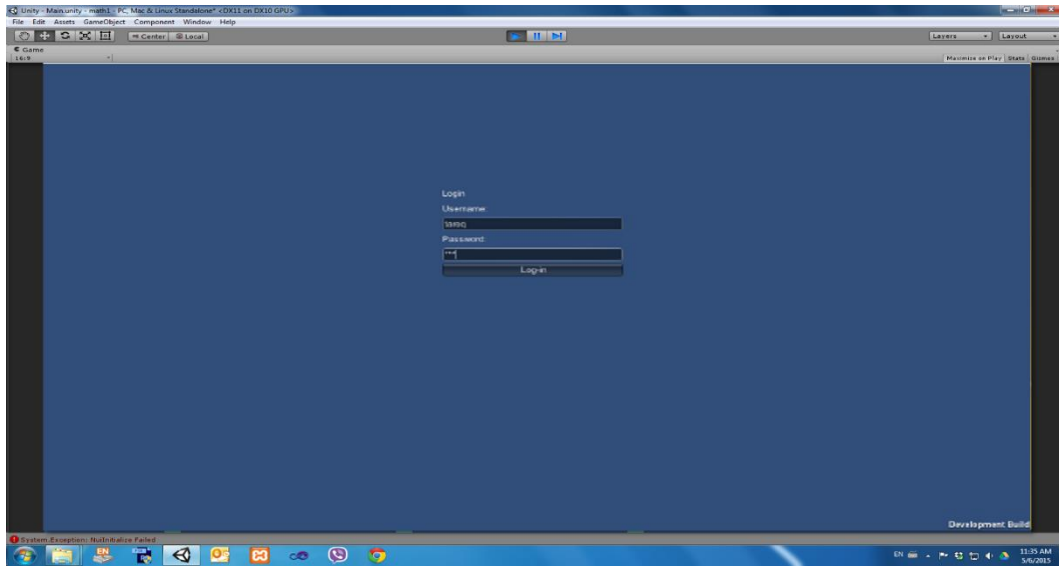


Figura VI.1. Pantalla de acceso del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

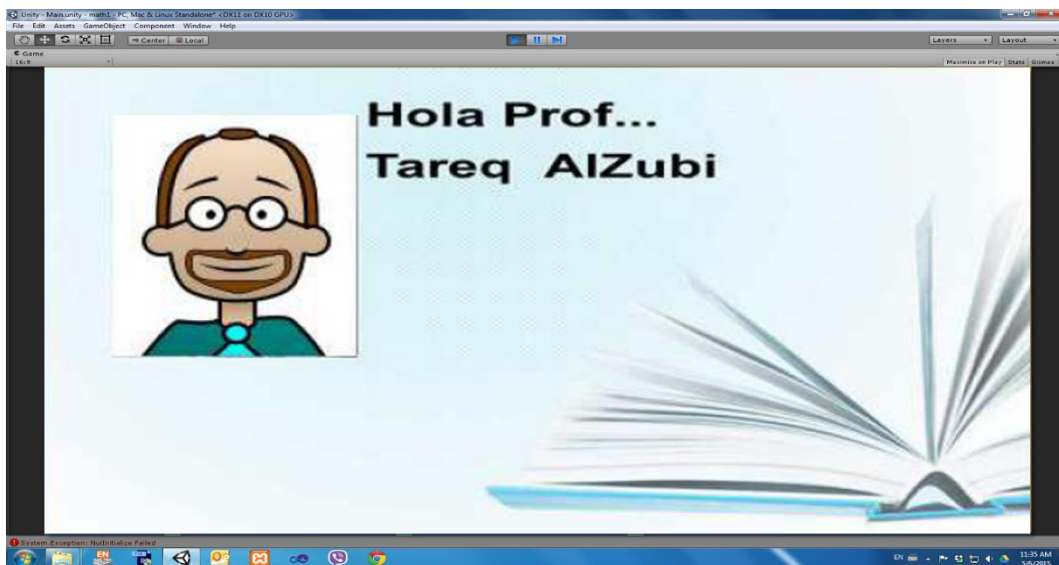


Figura VI.2. Pantalla de bienvenida al profesorado del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

1.2. Juegos del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

Seguidamente se accederá a una pantalla de menú principal como se puede observar en la Figura VI.3.

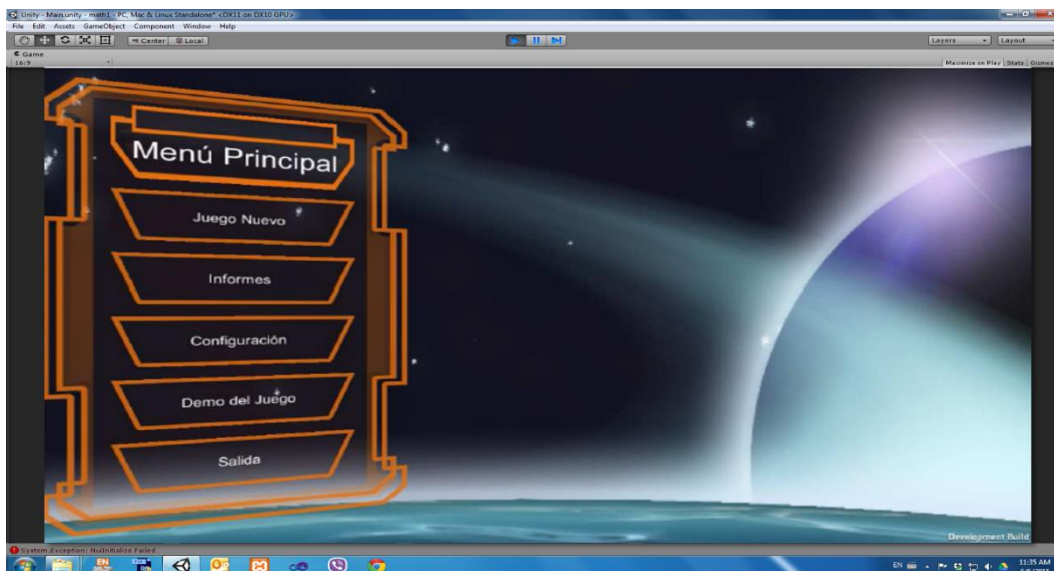


Figura VI.3. Pantalla de menú principal del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

En la pestaña de “Juego Nuevo” se accede a los juegos que se pueden realizar con el alumnado, que se explicarán detalladamente a continuación.

En la pestaña de “Informes” se podrá obtener un informe de cada uno de los participantes del programa con datos de cada juego como, por ejemplo, número de aciertos, número de errores o tiempos de respuesta.

En la pestaña de “Configuración” el profesorado podrá modificar la base de datos del programa. Se modificarán datos como, por ejemplo, profesores, aulas, alumnos o imágenes de los materiales con los que se trabaja.

En la pestaña de “Demo del Juego” se podrá realizar con el alumnado una demo en la que practicar con la tecnología antes de iniciar el programa.

En la pestaña de “Salida” se saldrá del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil” guardando las modificaciones en la configuración y el registro de las sesiones.

Desde la pantalla de menú principal se seleccionará la pestaña de “Juego Nuevo” accediendo a la Figura VI.4. en la que aparecerán las pestañas de “Memoria de Trabajo”, de “Control Inhibitorio”, de “Flexibilidad Cognitiva” o de “Volver al Menú Principal”. Al seleccionar en las tres primeras pestañas se accederá a los juegos y al seleccionar en la última pestaña se volverá al menú principal. Antes de empezar el juego aparecerá la Figura VI.5. en la que cada alumno se seleccionará para jugar.



Figura VI.4. Pantalla de selección del juego del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

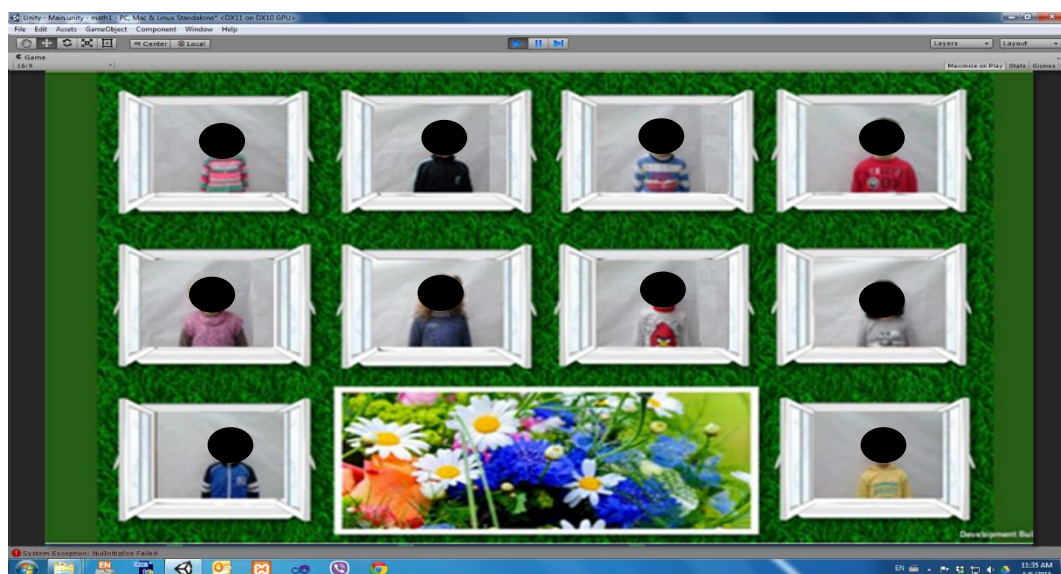


Figura VI.5. Pantalla de selección del jugador del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

1.2.1. Juegos de memoria de trabajo.

Ahora se procederá a explicar los juegos de la pestaña de “Memoria de Trabajo” que componen el programa.

En el primer juego se le muestra al alumno una actividad en la que se les presenta un número en la parte superior izquierda de la pantalla y a continuación van apareciendo peces. En dicha actividad los alumnos tendrán que coger con su mano tantos peces como indica el número de la pantalla (consultar Figura VI.6.).

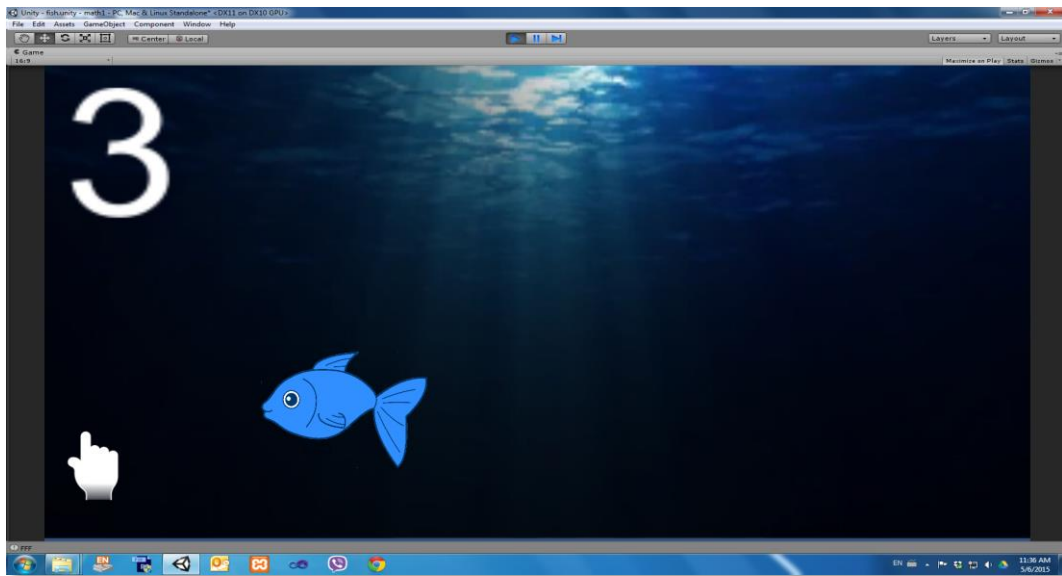


Figura VI.6. Juego de memoria de trabajo del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

Para la realización de esta actividad se les dará la siguiente consigna: “Ahora vais a hacer una actividad en la que tenéis que pescar peces. Tenéis que pescar tantos peces como el número que aparece en la pantalla, pero debéis estar muy atentos porque el número solo aparecerá unos segundos”.

La tarea se realizará en grupos de cinco y en ambas sesiones los treinta niños del grupo tecnológico realizarán dicha actividad. Con esta tarea se está trabajando el concepto de número y también la operación matemática de la suma. En este contexto matemático se trabajará la memoria de trabajo porque el alumnado tiene que recordar el número de peces que había y el número de peces que ya ha pescado y el control inhibitorio porque el niño deberá ser capaz de dejar de pescar una vez haya llegado a la cantidad indicada en la pantalla.

En el segundo juego se le muestra al alumno una actividad en la que se les presentan tres números en un marcador en la parte superior derecha, tres pivotes y una pelota en la parte superior izquierda. El alumno tendrá que encajar en cada pivote el número de pelotas indicado en la parte derecha de la aplicación (consultar Figura VI.7.).

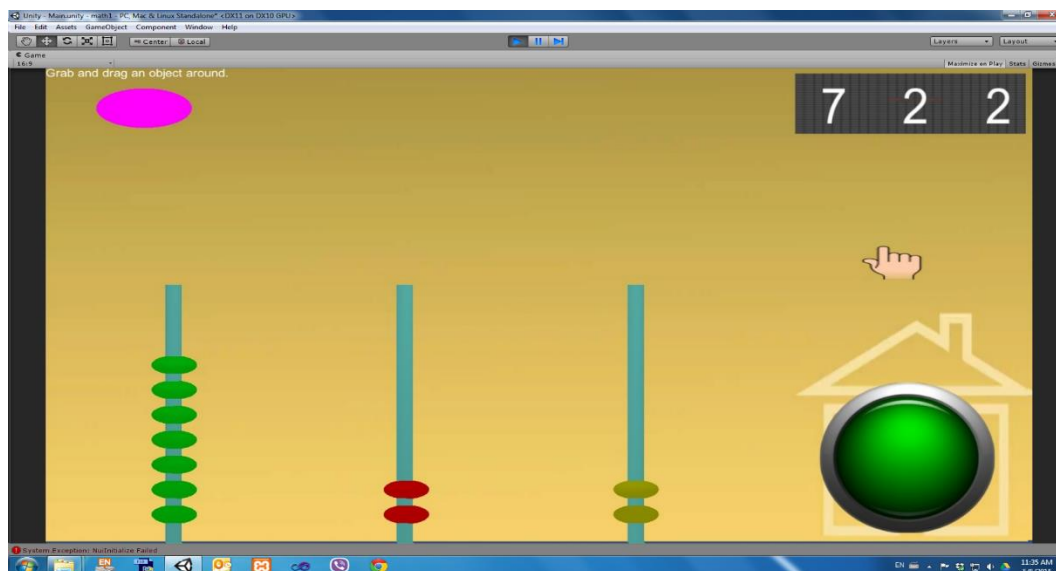


Figura VI.7. Juego de memoria de trabajo del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

Para la realización de esta actividad se les dará la siguiente consigna: “Ahora vais a hacer una actividad en la que tenéis que poner en cada palo el número de pelotas que aparece en el marcador. En el palo de la izquierda el número de la izquierda, en el palo del medio el número del medio y en el palo de la derecha el número de la derecha. Tenéis que estar muy atentos porque los números del marcador solo van a aparecer unos segundos y tendréis que memorizarlos”.

La tarea se realizará en grupos de cinco y en ambas sesiones los treinta niños del grupo tecnológico realizarán dicha actividad. Con esta tarea se está trabajando el concepto de número y también la operación matemática de la suma y de la resta. En este contexto matemático se trabajará la memoria de trabajo porque el alumnado tiene que recordar el número de pelotas que tiene que meter en cada palo y el control inhibitorio porque el niño deberá ser capaz de dejar de meter bolas en el palo cuando haya llegado a la cantidad de bolas indicada en la aplicación.

En el tercer juego se le muestra al alumnado una actividad en la que se le presenta en primer lugar una pantalla, durante unos segundos, varios compañeros y varias compañeras sentados simulando el tradicional juego de las sillas que, posteriormente, desaparecerán y luego tendrán que sentar a cada compañero y a cada compañera en el lugar en el que estaban sentados en la pantalla inicial (consultar Figura VI.8.).



Figura VI.8. Juego de memoria de trabajo del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

Para la realización de esta actividad se les dará la siguiente consigna: “Ahora vais a hacer una actividad en la que tenéis que recordar cómo estaban sentados vuestros compañeros y vuestras compañeras alrededor de la mesa. En primer lugar, vais a ver en la pantalla a varios de vuestros compañeros sentados y tendréis unos pocos segundos para memorizar en qué lugar están sentados porque luego desaparecerán y aparecerá una pantalla en la que tendréis que colocar las imágenes de vuestros compañeros y de vuestras compañeras en los lugares dónde estaban sentados en la primera pantalla del juego”.

La tarea se realizará en grupos de cinco y en ambas sesiones los treinta niños del grupo tecnológico realizarán dicha actividad. Con esta tarea estamos trabajando la memoria de trabajo porque el alumnado tiene que recordar la posición inicial de sus compañeros y de sus compañeras y reproducirla en la última pantalla para resolver correctamente la actividad.

1.2.2. Juegos de control inhibitorio.

Ahora se explicarán los juegos de la pestaña de “Control Inhibitorio” que componen el programa.

En el primer juego se le muestra al alumno una actividad en la que se le presenta una fila con varios números que desaparecerán y un espacio en blanco y tendrán que completar con un número de los que aparecen en la parte inferior de la aplicación (consultar Figura VI.9.).

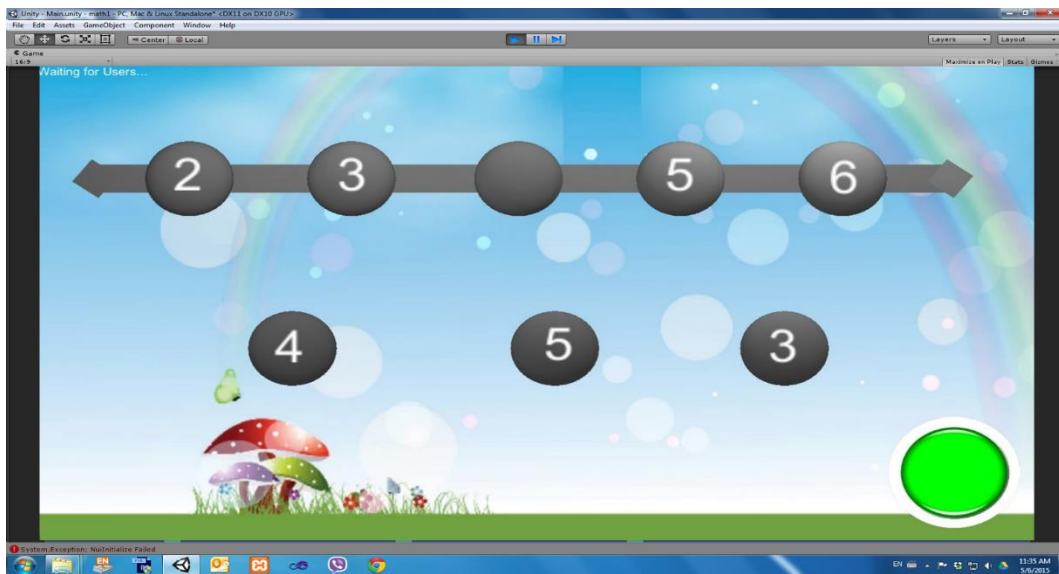


Figura VI.9. Juego de control inhibitorio del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

Para la realización de esta actividad se les dará la siguiente consigna: “Ahora vais a hacer una actividad en la que tenéis que ordenar números. Como veis en la pantalla arriba hay una fila con números y un espacio en blanco, tenéis que llenar ese espacio en blanco con la bola correspondiente de las que hay abajo”.

La tarea se realizará en grupos de cinco y en ambas sesiones los treinta niños del grupo tecnológico realizarán dicha actividad. Con esta tarea se está trabajando en primer lugar el concepto de número, las series y las operaciones de suma y de resta. En este contexto se trabajará el control inhibitorio porque el alumnado deberá inhibirse de coger cualquier bola que no sea la adecuada para completar la serie y la memoria de trabajo porque el alumnado tiene que estar operando con los números de la aplicación para llegar a la bola correcta.

En el segundo juego se le muestra al alumno una actividad en la que se le presentan durante unos segundos varios compañeros y varias compañeras sentados simulando el tradicional juego de las sillas que, posteriormente, desaparecerán y luego aparecerá la imagen con dos compañeros cambiados y ellos tendrán que colocarlos correctamente, pero sin mover al resto de compañeros y de compañeras (consultar Figura VI.10.).

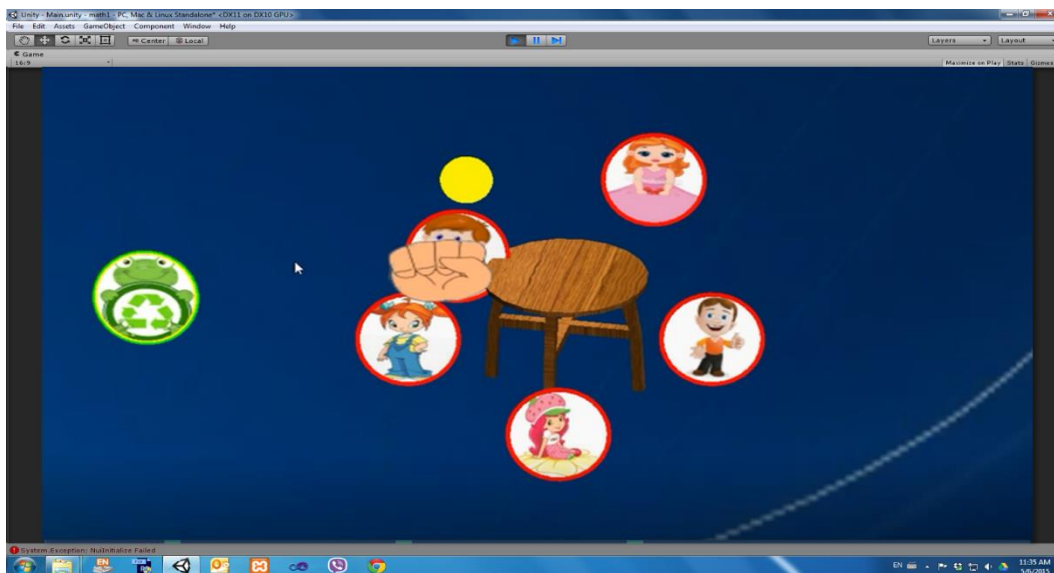


Figura VI.10. Juego de control inhibitorio del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

Para la realización de esta actividad se les dará la siguiente consigna: “Ahora vais a hacer una actividad en la que tenéis que recordar cómo estaban sentados vuestros compañeros y vuestras compañeras en la primera pantalla. En primer lugar, vais a ver en la pantalla a varios de vuestros compañeros sentados, luego desaparecerán y aparecerán todos sentados, pero habrá dos que han cambiado el sitio. Tenéis que fijaros en los dos que han cambiado el sitio y colocarlos correctamente, pero sin mover al resto de vuestros compañeros”.

La tarea se realizará en grupos de cinco y en ambas sesiones los treinta niños del grupo tecnológico realizarán dicha actividad. Con esta tarea se está trabajando el control inhibitorio porque el alumnado sólo podrá mover la posición de los compañeros que han cambiado de silla con respecto a la posición inicial y la memoria de trabajo porque el alumnado tiene que recordar la posición inicial de sus compañeros.

En el tercer juego se les muestra a los dos alumnos que participan en la actividad dos avatares con dos bolas de colores en la parte superior. En la pantalla verán en la parte inferior derecha dos muñecos, uno correspondiente a cada alumno. Los avatares se moverán y ellos tendrán que reproducir el movimiento que han hecho los avatares, siempre y cuando las bolas de colores estén de color verde, ya que cuando las bolas están de color rojo los alumnos tendrán que permanecer estáticos (consultar Figura VI.11.).



Figura VI.11. Juego de control inhibitorio del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

Para la realización de esta actividad se les dará la siguiente consigna: “Ahora vais a hacer una actividad en la que tenéis que reproducir los movimientos de los avatares que hay en la parte del medio de la pantalla. Cada avatar es para uno de vosotros. Este para ti y este para ti. Pero no siempre podréis hacer lo que hace el avatar. Solo podréis imitarle cuándo las bolas que tenéis encima de la cabeza estén de color verde. Cuándo están de color rojo tenéis que quedarnos muy quietos, sin moveros”.

La tarea se realizará en parejas y en ambas sesiones los treinta niños del grupo tecnológico realizarán dicha actividad. Con esta tarea se está trabajando el control inhibitorio porque los alumnos solo podrán reproducir los movimientos de los muñecos cuándo las bolas estén de color verde, por lo que deberán inhibir sus respuestas conductuales cuándo las bolas estén de color rojo.

1.2.3. Juegos de flexibilidad cognitiva.

Ahora se explicarán los juegos de la pestaña de “Flexibilidad Cognitiva” que componen el programa.

En el primer juego se le muestra al alumno una actividad en la que se le presentan cuatro números y una escalera. En dicha tarea los alumnos tendrán que ordenar de menor a mayor o de mayor a menor, según la indicación del profesorado, los números que aparecen en la pantalla. Para ello tendrán que cogerlos con la mano y colocarlos en el peldaño correspondiente (consultar Figura VI.12.).

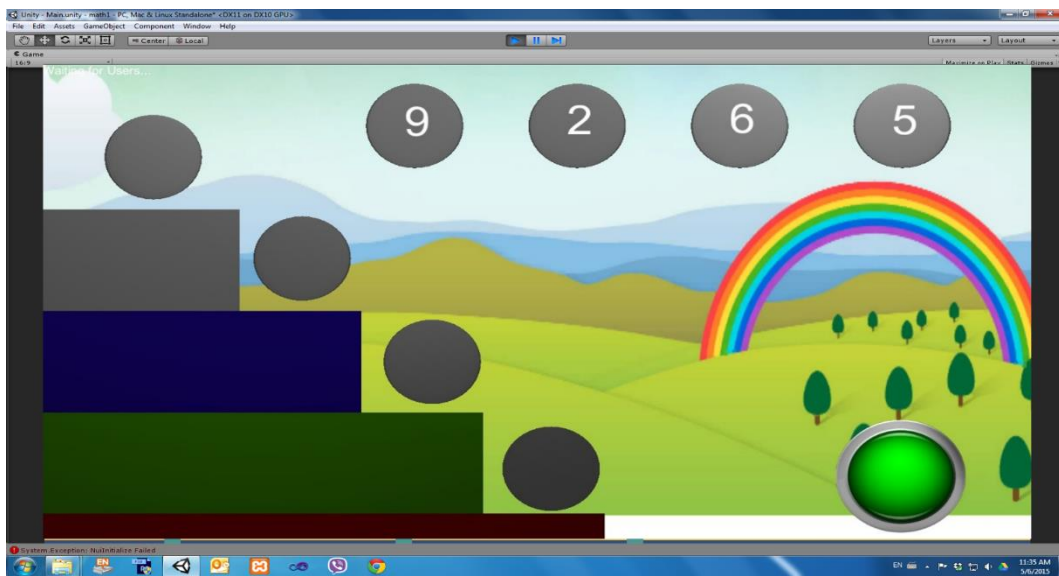


Figura VI.12. Juego de flexibilidad cognitiva del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

Para la realización de esta actividad se les dará la siguiente consigna: “Ahora vais a jugar a ordenar los números de la pantalla. Lo que tenéis que hacer es poner el número más pequeño en el escalón más bajo y a continuación colocar los otros números”. Posteriormente se les daría la pauta inversa.

La tarea se realizará en grupos de cinco y en ambas sesiones los treinta niños del grupo tecnológico realizarán dicha actividad. Con esta tarea se está trabajando el concepto de número, las series y el establecimiento de correspondencias. En este contexto matemático se trabajará la flexibilidad cognitiva porque los niños tendrán que colocar los números en orden creciente y posteriormente en orden decreciente, cambiando la pauta de trabajo.

En el segundo juego se le muestra al alumno una actividad en la que se le presenta un círculo verde, un círculo rojo o ambos colores de forma simultánea. En dicha tarea los alumnos pasarán por tres fases. En la primera fase aparecerá un círculo de color verde y los alumnos tendrán que pescar solo los peces de color verde y dejar pasar los peces de los demás colores. En la segunda fase aparecerá un círculo de color rojo y los alumnos tendrán que pescar solo los peces de color rojo y dejar pasar los peces de los demás colores. En la tercera fase aparecerá simultáneamente un círculo de color verde o de color rojo y los alumnos tendrán que pescar los peces que no son del color del círculo (consultar Figura VI.13.).

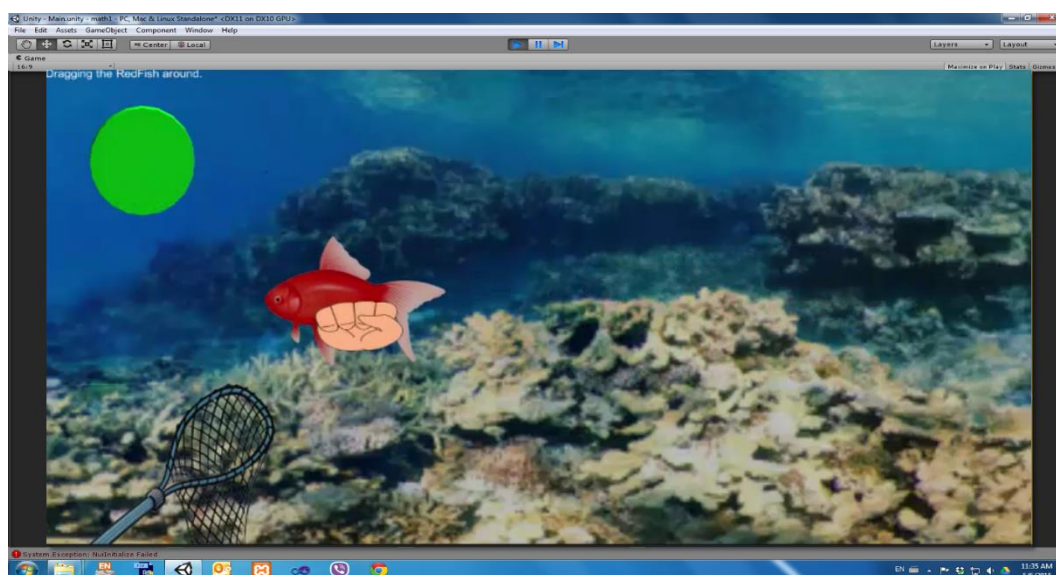


Figura VI.13. Juego de flexibilidad cognitiva del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

Para la realización de esta actividad se les dará la siguiente consigna: “Ahora vais a jugar a pescar peces. Pero tenéis que estar muy atentos porque sólo podéis pescar los peces del color del círculo que aparece en la parte de arriba de la pantalla”. Posteriormente se les daría la pauta inversa.

La tarea se realizará en grupos de cinco y en ambas sesiones los treinta niños del grupo tecnológico realizarán dicha actividad. Con esta tarea se está trabajando el establecimiento de correspondencias. En este contexto matemático se trabajará la flexibilidad cognitiva porque los niños en la primera y en la segunda fase tendrán que pescar los peces que son del color del círculo, pero en la tercera fase tendrán que pescar los peces que no son del color del círculo.

En el tercer juego los alumnos y las alumnas tendrán que hacer una actividad que se compone de varios apartados, representados cada uno en una pantalla, que se va a explicar seguidamente.

En primer lugar, se le muestra al alumno una pantalla con diez objetos durante unos segundos para lo que tendrán un contador con un tiempo disponible para memorizarlos. Entre los objetos hay objetos de dentro del aula como, por ejemplo, libros, pinturas o juguetes y objetos de fuera del aula como, por ejemplo, coches, bolsos o lámparas (consultar Figura VI.14.).

A continuación, se accede a una pantalla en la que aparece un avatar masculino para los niños (consultar Figura VI.15.) y un avatar femenino para las niñas (consultar Figura VI.16.) en dicha pantalla los alumnos y las alumnas tendrán que decidir si el objeto es de dentro del aula o de fuera del aula. Si deciden que el objeto es de fuera del aula caerá hacia el lado izquierdo de la pantalla, dónde hay una imagen que representa la situación de fuera del aula, y si deciden que el objeto es de dentro del aula caerá hacia el lado derecho de la pantalla, en el que hay una imagen que representa un aula. Significar que la pauta para dejar caer los objetos como de dentro del aula o de fuera del aula es diferente en cada ronda. La primera vez que realicen la tarea los alumnos y las alumnas tendrán que levantar la mano derecha si el objeto es de dentro del aula y no hacer nada si el objeto es de fuera del aula. La segunda vez que realicen la actividad se cambia la pauta y en lugar de levantar la mano derecha para los objetos del aula tienen que levantar esta misma mano para los objetos de fuera del aula y no hacer nada para los objetos de dentro del aula.

Finalmente, cuando el estudiante ha decidido si los diez elementos presentados en la pantalla inicial son de dentro o de fuera del aula aparece una última pantalla (consultar Figura VI.17.) en la que los niños y las niñas tendrán que indicar el número de objetos de dentro y de fuera del aula. Para ello, en primer lugar, tendrán que recordar los objetos de dentro y de fuera del aula y luego deberán sumar o restar en el contador que aparece en la pantalla para indicar el número que consideran que pertenece a los objetos de dentro y de fuera del aula. Los alumnos y las alumnas dispondrán de tres oportunidades para acertar el número de objetos de dentro y de fuera del aula.

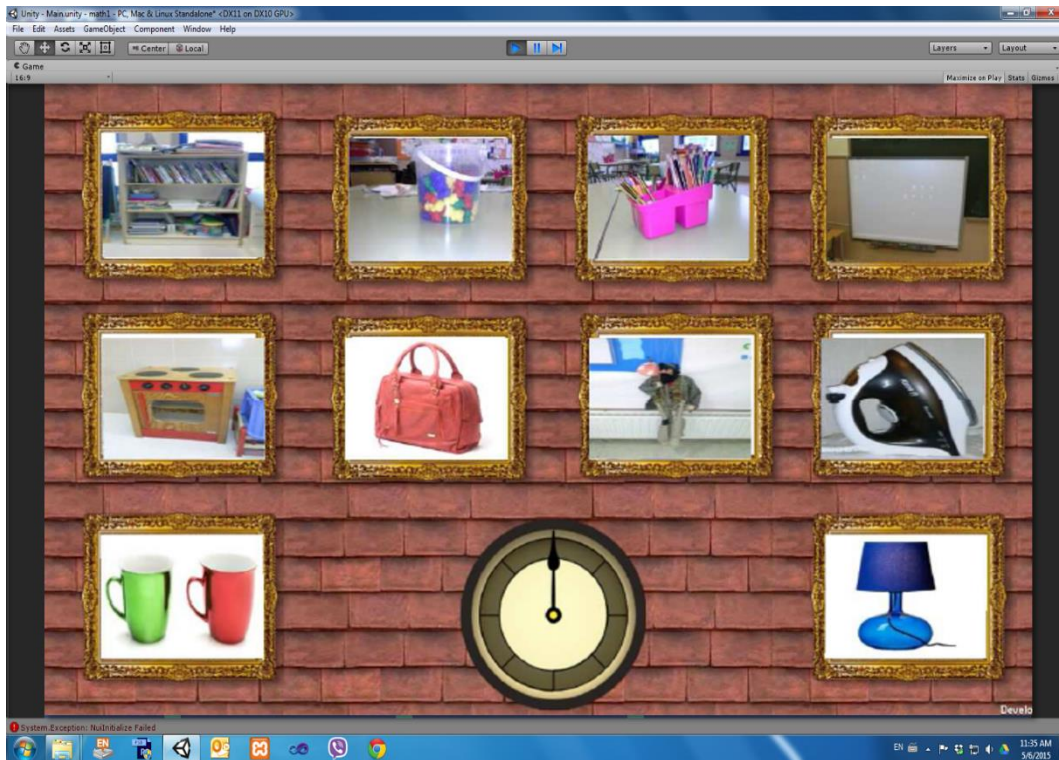


Figura VI.14. Juego de flexibilidad cognitiva del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.



Figura VI.15. Juego de flexibilidad cognitiva del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.



Figura VI.16. Juego de flexibilidad cognitiva del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

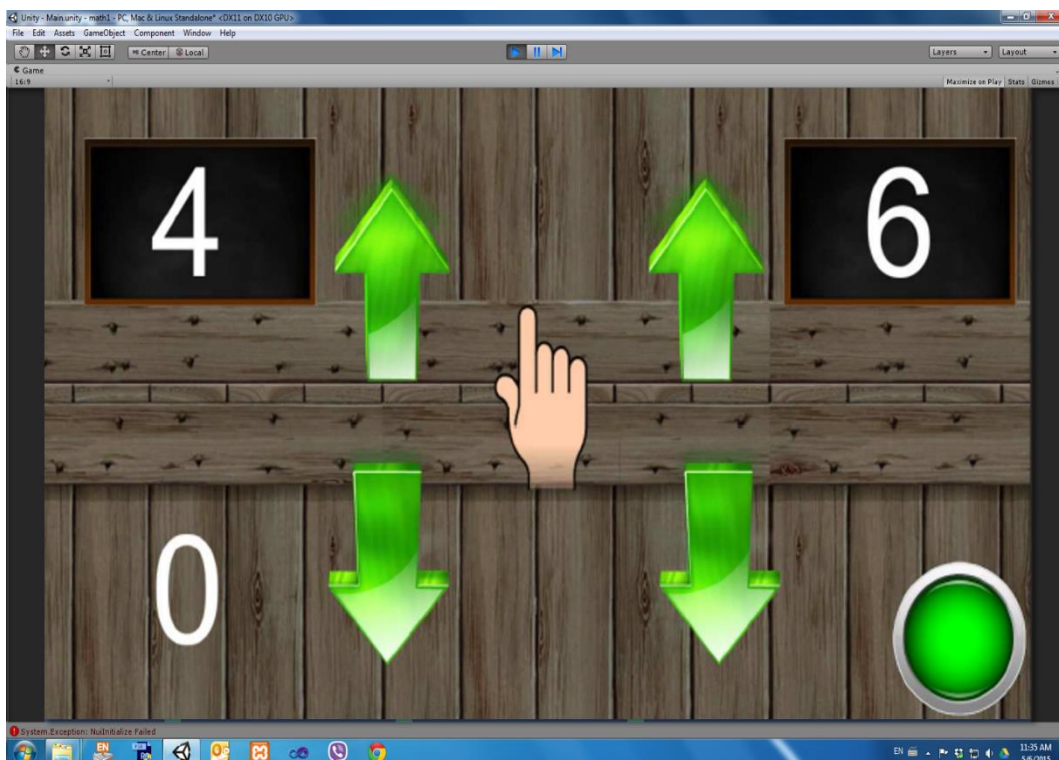


Figura VI.17. Juego de flexibilidad cognitiva del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil”.

Para la realización de esta actividad les daremos a los alumnos y a las alumnas las siguientes consignas:

En la primera pantalla se les indicaría la siguiente consigna: “Ahora vais a hacer una actividad en la que en primer lugar tenéis que memorizar los objetos de dentro del aula y de fuera del aula que aparecen en la primera pantalla porque los vais a necesitar al final del juego”.

En la segunda pantalla en la primera ronda se les indicaría la siguiente consigna: “A continuación, aparecerá una segunda pantalla en la que tenéis que levantar esta mano para los objetos de dentro del aula”. En la segunda ronda de la actividad la consigna sería la misma, pero en lugar de indicar que levanten la mano derecha para los objetos de dentro del aula la levantarán para los objetos de fuera del aula.

En la tercera pantalla se les indicaría la siguiente consigna: “Finalmente tenéis que indicar el número de objetos de dentro del aula y de fuera del aula en el contador”.

La tarea se realizará en grupos de cinco y en ambas sesiones los treinta niños del grupo tecnológico realizarán dicha actividad. Con esta tarea se están trabajando operaciones matemáticas de suma y de resta. En este contexto matemático se trabajará la flexibilidad cognitiva, el control inhibitorio y la memoria de trabajo. La flexibilidad cognitiva se trabajará porque el alumnado en un primer momento tendrá que hacer la actividad con una pauta (levantar la mano derecha para los objetos de dentro del aula) y en un segundo momento con otra pauta diferente (levantar la mano derecha para los objetos de fuera del aula), por lo que deberá adaptar su respuesta conductual para resolver correctamente la actividad. También se trabajará el control inhibitorio porque el alumnado ante el cambio de pauta en la realización de la tarea antes de responder con la nueva pauta deberá inhibir la primera respuesta conductual para poder realizar satisfactoriamente la tarea. Finalmente, se trabajará la memoria de trabajo porque el alumnado en la primera pantalla tiene que memorizar los elementos de dentro del aula y de fuera del aula y tendrá que recordarlos hasta la última pantalla, porque en la última pantalla de la actividad tiene que indicar el número de objetos de dentro del aula y de fuera del aula, por lo que deberá recordarlos.

2. Contenidos que se trabajarán en el “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil” además de las Funciones Ejecutivas y de las Habilidades Matemáticas Básicas.

Para acabar destacar que además de los aspectos que se han mencionado en la descripción de los juegos también se trabajarán otros contenidos.

A nivel matemático se trabajarán los conceptos de espacio y de tiempo. El niño desarrolla el concepto de espacio mediante desplazamientos de su propio cuerpo y de los objetos. Su cuerpo es el primer elemento a través del cual explora el espacio. Posteriormente va conociendo el espacio que le circunscribe, sus representaciones, sus formas, sus figuras y sus propiedades. Las nociones que se van a trabajar durante el programa son: arriba-abajo, delante-detrás, a un lado-al otro, derecha-izquierda, encima de-debajo de, delante de-detrás de, al lado de, cerca-lejos... También se trabajará el tiempo. Los conceptos temporales resultan más difíciles de asimilar que los conceptos espaciales por ser más abstractos y convencionales. No obstante, se irán familiarizando durante el programa con algunas nociones como: rápido-lento, mucho rato-poco rato, duración, sucesión...

Se considera que el programa ayudará a mejorar la motricidad fina porque la tecnología que utilizarán los niños, el Kinect, requiere una precisión mayor que el mismo trabajo con recursos tradicionales.

Así mismo, otro de los aspectos que se pretenden mejorar con el programa es la autoeficacia percibida por el alumnado en el uso y en el manejo de tecnologías, ya que, tras manejar dicha tecnología, especialmente el Kinect, deberán percibirse como más eficaces en la misma, mejora que puede trasladarse al uso de otros dispositivos tecnológicos.

En relación con la motivación se considera que también debería haber una mejora de la misma de cara al proceso de enseñanza-aprendizaje, siendo mayor que en la forma de trabajo tradicional. Este último aspecto es muy interesante, pues una de las premisas fundamentales para realizar aprendizajes significativos es que el alumnado tenga la intención, ese querer aprender que es el objetivo primario y primordial del que debe partir toda intervención educativa.

Capítulo VII:

Descripción de resultados

1. Funciones Ejecutivas.

1.1. Memoria de trabajo.

Seguidamente se van a presentar los datos de memoria de trabajo relativos a la variable amplitud de memoria.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, pero especialmente el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz. Significar que la mejora del grupo control es prácticamente inexistente. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 4.38$ y $DT = .56$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 2.56$ y $DT = .89$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 4.43$ y $DT = .59$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 2.60$ y $DT = .98$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 2.80$ y $DT = .88$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 2.73$ y $DT = .78$). Para más información consultar la Tabla VII.1.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos son homogéneos tanto en el pre-test ($F_{(2,87)} = .87$, $p = .42$) como en el pos-test ($F_{(2,87)} = 2.88$, $p = .06$). Consultar la Tabla VII.2.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1,87)} = 211.67$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .70$, $1-\beta = 1.00$) y que sí hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2,87)} = 47.38$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .52$, $1-\beta = 1.00$). Para más información consultar la Tabla VII.3.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que sí hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2,87)} = 11.09$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .20$, $1-\beta = .99$). Consultar la Tabla VII.4.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffe muestra que sí hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .00$) y entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .00$), pero no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .97$). Por lo tanto, hay diferencias en función de si han recibido o no intervención a favor de la intervención, pero no hay diferencias en función de los recursos utilizados. Para más información consultar la Tabla VII.5.

Tabla VII.1.

Análisis descriptivos de la variable amplitud de memoria.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	2.73 (.78)	2.80 (.88)
Grupo papel y lápiz	2.60 (.98)	4.43 (.59)
Grupo tecnológico	2.56 (.89)	4.38 (.56)

Tabla VII.2.

Prueba de Levene de la variable amplitud de memoria.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	.87	2	87	.42
Evaluación pos-test	2.88	2	87	.06

Tabla VII.3.

Análisis multivariante de la variable amplitud de memoria.

	Efecto	Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.70	211.67	1.00	87.00	.00	.70	211.67	1.00
Grupos	Traza de Pillai	.52	47.38	2.00	87.00	.00	.52	94.76	1.00

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.4.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable amplitud de memoria.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	1904.50	1	1904.50	1983.04	.00	.95	1983.04	1.00
Grupo	21.31	2	10.66	11.09	.00	.20	22.19	.99
Error	83.55	87	.96					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.5.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable amplitud de memoria.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-.75*	.17	.00	-1.19	-.30
		Grupo tecnológico	-.70*	.17	.00	-1.15	-.26
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	.75*	.17	.00	.30	1.19
		Grupo tecnológico	.04	.17	.97	-.40	.48
	Grupo tecnológico	Grupo control	.70*	.17	.00	.26	1.15
		Grupo papel y lápiz	-.04	.17	.97	-.48	.40

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

1.2. Flexibilidad cognitiva y control inhibitorio.

En primer lugar, se van a presentar los datos de flexibilidad cognitiva y de control inhibitorio relativos a la variable precisión global porcentual.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, pero especialmente el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 99.50$ y $DT = 1.08$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 92.94$ y $DT = 7.81$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 99.22$ y $DT = 1.04$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 93.50$ y $DT = 7.49$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 95.88$ y $DT = 3.85$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 93.16$ y $DT = 7.47$). Para más información consultar la Tabla VII.6.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos son homogéneos en el pre-test ($F_{(2,87)} = .15$, $p = .85$), pero no son homogéneos en el pos-test ($F_{(2,87)} = 38.06$, $p = .00$). Consultar la Tabla VII.7.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1,87)} = 44.65$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .33$, $1-\beta = 1.00$) y que no hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2,87)} = 2.42$, $p = .09$, $\eta_p^2 = .05$, $1-\beta = .47$). Para más información consultar la Tabla VII.8.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que no hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2,87)} = 1.63$, $p = .20$, $\eta_p^2 = .03$, $1-\beta = .33$). Consultar la Tabla VII.9.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffé muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = 1.00$), entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .41$) y entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .32$). Por lo tanto, no hay diferencias en función de si han recibido o no intervención y, tampoco, hay diferencias en función de los recursos utilizados. Para más información consultar la Tabla VII.10.

Tabla VII.6.

Análisis descriptivos de la variable precisión global porcentual.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	93.16 (7.47)	95.88 (3.85)
Grupo papel y lápiz	93.50 (7.49)	99.22 (1.04)
Grupo tecnológico	92.94 (7.81)	99.50 (1.08)

Tabla VII.7.

Prueba de Levene de la variable precisión global porcentual.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	.15	2	87	.85
Evaluación pos-test	38.06	2	87	.00

Tabla VII.8.

Análisis multivariante de la variable precisión global porcentual.

	Efecto	Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.33	44.65	1.00	87.00	.00	.33	44.65	1.00
Grupos	Traza de Pillai	.05	2.42	2.00	87.00	.09	.05	4.84	.47

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.9.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable precisión global porcentual.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	1648655.80	1	1648655.80	43141.36	.00	.99	43141.36	1.00
Grupo	125.03	2	62.51	1.63	.20	.03	3.27	.33
Error	3324.72	87	38.21					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.10.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable precisión global porcentual.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-1.83	1.12	.32	-4.58	.92
		Grupo tecnológico	-1.69	1.12	.41	-4.45	1.06
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	1.83	1.12	.32	-.92	4.58
		Grupo tecnológico	.13	1.12	1.00	-2.61	2.89
	Grupo tecnológico	Grupo control	1.69	1.12	.41	-1.06	4.45
		Grupo papel y lápiz	-.13	1.12	1.00	-2.89	2.61

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Seguidamente, se van a presentar los datos de flexibilidad cognitiva y de control inhibitorio relativos a la variable tiempos de reacción globales.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, pero especialmente el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 12830.04$ y $DT = 2203.34$) fueron más bajas que las puntuaciones del pre-test ($M = 19592.37$ y $DT = 3560.02$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 13762.46$ y $DT = 3002.51$) fueron más bajas que las puntuaciones del pre-test ($M = 21820.12$ y $DT = 3578.56$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 15962.95$ y $DT = 3158.28$) fueron más bajas que las puntuaciones del pre-test ($M = 21058.73$ y $DT = 4324.17$). Para más información consultar la Tabla VII.11.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos son homogéneos tanto en el pre-test ($F_{(2,87)} = .54$, $p = .58$) como en el pos-test ($F_{(2,87)} = 2.14$, $p = .12$). Consultar la Tabla VII.12.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1,87)} = 256.73$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .74$, $1-\beta = 1.00$) y que sí hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2,87)} = 4.28$, $p = .01$, $\eta_p^2 = .09$, $1-\beta = .73$). Para más información consultar la Tabla VII.13.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que sí hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2,87)} = 5.55$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .11$, $1-\beta = .84$). Consultar la Tabla VII.14.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffe muestra que sí hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .00$), pero no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .93$) y entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .08$). Por lo tanto, no hay diferencias en función de si han recibido o no intervención, pero sí hay diferencias en función de los recursos utilizados en esa intervención a favor de los recursos tecnológicos. Para más información consultar la Tabla VII.15.

Tabla VII.11.

Análisis descriptivos de la variable tiempos de reacción globales.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	21058.73 (4324.17)	15962.95 (3158.28)
Grupo papel y lápiz	21820.12 (3578.56)	13762.46 (3002.51)
Grupo tecnológico	19592.37 (3560.02)	12830.04 (2203.34)

Tabla VII.12.

Prueba de Levene de la variable tiempos de reacción globales.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	.54	2	87	.58
Evaluación pos-test	2.14	2	87	.12

Tabla VII.13.

Análisis multivariante de la variable tiempos de reacción globales.

	Efecto	Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.74	256.73	1.00	87.00	.00	.74	256.73	1.00
Grupos	Traza de Pillai	.09	4.28	2.00	87.00	.01	.09	8.56	.73

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.14.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable tiempos de reacción globales.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	55153028936.86	1	55153028936.86	3689.26	.00	.97	3689.26	1.00
Grupo	166054484.51	2	83027242.25	5.55	.00	.11	11.10	.84
Error	1300616054.95	87	14949609.82					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.15.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable tiempos de reacción globales.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	719.55	705.91	.93	-1003.70	2442.80
		Grupo tecnológico	2299.63	705.91	.00	576.38	4022.88
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	-719.55	705.91	.93	-2442.80	1003.70
		Grupo tecnológico	1580.08	705.91	.08	-143.17	3303.33
	Grupo tecnológico	Grupo control	-2299.63	705.91	.00	-4022.88	-576.38
		Grupo papel y lápiz	-1580.08	705.91	.08	-3303.33	143.17

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Finalmente, se van a presentar los datos de flexibilidad cognitiva y de control inhibitorio relativos a la variable puntuación de conflicto.

En relación con los análisis descriptivos significar que solo ha mejorado el grupo tecnológico con respecto a la evaluación pre-test. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 956.46$ y $DT = 1608.06$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 683.70$ y $DT = 1453.48$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 229.20$ y $DT = 1726.19$) fueron más bajas que las puntuaciones del pre-test ($M = 1057.02$ y $DT = 1363.89$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 157.73$ y $DT = 980.02$) fueron más bajas que las puntuaciones del pre-test ($M = 712.90$ y $DT = 1509.59$). Para más información consultar la Tabla VII.16.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos son homogéneos tanto en el pre-test ($F_{(2,87)} = .42$, $p = .65$) como en el pos-test ($F_{(2,87)} = .84$, $p = .43$). Consultar la Tabla VII.17.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1,87)} = 37.63$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .30$, $1-\beta = 1.00$) y que no hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2,87)} = 1.16$, $p = .31$, $\eta_p^2 = .02$, $1-\beta = .24$). Para más información consultar la Tabla VII.18.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que no hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2,87)} = 2.10$, $p = .12$, $\eta_p^2 = .04$, $1-\beta = .42$). Consultar la Tabla VII.19.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffé muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .15$), entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .42$) y entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = 1.00$). Por lo tanto, no hay diferencias en función de si han recibido o no intervención y, tampoco, hay diferencias en función de los recursos utilizados. Para más información consultar la Tabla VII.20.

Tabla VII.16.

Análisis descriptivos de la variable puntuación de conflicto.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	712.90 (1509.59)	157.73 (980.02)
Grupo papel y lápiz	1057.02 (1363.89)	229.20 (1726.19)
Grupo tecnológico	683.70 (1453.48)	956.46 (1608.06)

Tabla VII.17.

Prueba de Levene de la variable puntuación de conflicto.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	.42	2	87	.65
Evaluación pos-test	.84	2	87	.43

Tabla VII.18.

Análisis multivariante de la variable puntuación de conflicto.

Efecto		Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.30	37.63	1.00	87.00	.00	.30	37.63	1.00
Grupos	Traza de Pillai	.02	1.16	2.00	87.00	.31	.02	2.32	.24

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.19.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable puntuación de conflicto.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	6163099.52	1	6163099.52	2.63	.10	.02	2.63	.36
Grupo	9855322.19	2	4927661.09	2.10	.12	.04	4.20	.42
Error	203894848.19	87	2343618.94					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.20.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable puntuación de conflicto.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	136.33	279.50	1.00	-545.97	818.63
		Grupo tecnológico	-413.95	279.50	.42	-1096.26	268.34
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	-136.33	279.50	1.00	-818.63	545.97
		Grupo tecnológico	-550.28	279.50	.15	-1232.59	132.01
	Grupo tecnológico	Grupo control	413.95	279.50	.42	-268.34	1096.26
		Grupo papel y lápiz	550.28	279.50	.15	-132.01	1232.59

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

2. Habilidades Matemáticas Básicas.

2.1. Prueba 1. Contar.

Seguidamente se van a presentar los datos de HMB relativos a la variable contar.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, pero especialmente el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 91.10$ y $DT = 8.38$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 58.83$ y $DT = 26.85$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 90.97$ y $DT = 7.13$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 52.33$ y $DT = 23.72$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 63.17$ y $DT = 26.12$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 47.03$ y $DT = 24.56$). Para más información consultar la Tabla VII.21.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos son homogéneos en el pre-test ($F_{(2,87)} = .15$, $p = .86$), pero no son homogéneos en el pos-test ($F_{(2,87)} = 36.70$, $p = .00$). Consultar la Tabla VII.22.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1,87)} = 144.07$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .62$, $1-\beta = 1.00$) y que sí hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2,87)} = 7.67$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .15$, $1-\beta = .94$). Para más información consultar la Tabla VII.23.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que sí hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2,87)} = 1.71$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .19$, $1-\beta = .98$). Consultar la Tabla VII.24.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffe muestra que sí hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .00$) y entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .00$), pero no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .77$). Por lo tanto, hay diferencias en función de si han recibido o no intervención a favor de la intervención, pero no hay diferencias en función de los recursos utilizados. Para más información consultar la Tabla VII.25.

Tabla VII.21.

Análisis descriptivos de la variable contar.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	47.03 (24.56)	63.17 (26.12)
Grupo papel y lápiz	52.33 (23.72)	90.97 (7.13)
Grupo tecnológico	58.83 (26.85)	91.10 (8.38)

Tabla VII.22.

Prueba de Levene de la variable contar.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	.15	2	87	.86
Evaluación pos-test	36.70	2	87	.00

Tabla VII.23.

Análisis multivariante de la variable contar.

	Efecto	Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.62	144.07	1.00	87.00	.00	.62	144.07	1.00
Grupos	Traza de Pillai	.15	7.67	2.00	87.00	.00	.15	15.35	.94

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.24.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable contar.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	813792.27	1	813792.27	1282.94	.00	.93	1282.94	1.00
Grupo	13591.74	2	6795.87	1.71	.00	.19	21.42	.98
Error	55185.48	87	634.31					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.25.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable contar.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-16.55*	4.59	.00	-28.00	-5.10
		Grupo tecnológico	-19.87*	4.59	.00	-31.32	-8.41
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	16.55*	4.59	.00	5.10	28.00
		Grupo tecnológico	-3.32	4.59	.77	-14.77	8.14
	Grupo tecnológico	Grupo control	19.87*	4.59	.00	8.41	31.32
		Grupo papel y lápiz	3.32	4.59	.77	-8.14	14.77

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

2.2. Prueba 2. Numerar.

Seguidamente se van a presentar los datos de HMB relativos a la variable numerar.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, pero especialmente el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 93.73$ y $DT = 9.75$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 51.13$ y $DT = 25.19$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 96.10$ y $DT = 6.12$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 55.97$ y $DT = 23.91$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 54.87$ y $DT = 26.80$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 48.77$ y $DT = 26.38$). Para más información consultar la Tabla VII.26.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos son homogéneos en el pre-test ($F_{(2,87)} = .45$, $p = .63$), pero no son homogéneos en el pos-test ($F_{(2,87)} = 27.44$, $p = .00$). Consultar la Tabla VII.27.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1,87)} = 132.56$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .60$, $1-\beta = 1.00$) y que sí hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2,87)} = 2.96$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .32$, $1-\beta = 1.00$). Para más información consultar la Tabla VII.28.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que sí hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2,87)} = 16.51$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .27$, $1-\beta = 1.00$). Consultar la Tabla VII.29.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffe muestra que sí hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .00$) y entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .00$), pero no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .73$). Por lo tanto, hay diferencias en función de si han recibido o no intervención a favor de la intervención, pero no hay diferencias en función de los recursos utilizados. Para más información consultar la Tabla VII.30.

Tabla VII.26.

Análisis descriptivos de la variable numerar.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	48.77 (26.38)	54.87 (26.80)
Grupo papel y lápiz	55.97 (23.91)	96.10 (6.12)
Grupo tecnológico	51.13 (25.19)	93.73 (9.75)

Tabla VII.27.

Prueba de Levene de la variable numerar.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	.45	2	87	.63
Evaluación pos-test	27.44	2	87	.00

Tabla VII.28.

Análisis multivariante de la variable numerar.

	Efecto	Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.60	132.56	1.00	87.00	.00	.60	132.56	1.00
Grupos	Traza de Pillai	.32	2.96	2.00	87.00	.00	.32	41.93	1.00

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.29.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable numerar.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	802268.27	1	802268.27	1293.35	.00	.93	1293.35	1.00
Grupo	20489.07	2	10244.53	16.51	.00	.27	33.03	1.00
Error	53966.15	87	62.30					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.30.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable numerar.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-24.22*	4.54	.00	-35.54	-12.89
		Grupo tecnológico	-2.62*	4.54	.00	-31.94	-9.29
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	24.22*	4.54	.00	12.89	35.54
		Grupo tecnológico	3.60	4.54	.73	-7.72	14.92
	Grupo tecnológico	Grupo control	2.62*	4.54	.00	9.29	31.94
		Grupo papel y lápiz	-3.60	4.54	.73	-14.92	7.72

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

2.3. Prueba 3. Comprensión del sistema numérico.

2.3.1. Sistema numérico arábigo.

Seguidamente se van a presentar los datos de HMB relativos a la variable sistema numérico arábigo.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, pero especialmente el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz que alcanzan un efecto techo. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 100.00$ y $DT = .00$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 70.10$ y $DT = 40.66$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 100.00$ y $DT = .00$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 73.33$ y $DT = 36.36$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 83.87$ y $DT = 32.98$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 73.07$ y $DT = 36.51$). Para más información consultar la Tabla VII.31.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos son homogéneos en el pre-test ($F_{(2.87)} = 1.05$, $p = .35$), pero no son homogéneos en el pos-test ($F_{(2.87)} = 5.11$, $p = .00$). Consultar la Tabla VII.32.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1.87)} = 34.30$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .28$, $1-\beta = 1.00$) y que no hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2.87)} = 2.37$, $p = .10$, $\eta_p^2 = .05$, $1-\beta = .46$). Para más información consultar la Tabla VII.33.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que no hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2.87)} = .99$, $p = .37$, $\eta_p^2 = .02$, $1-\beta = .21$). Consultar la Tabla VII.34.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffé muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .96$), entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .56$) y entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .41$). Por lo tanto, no hay diferencias en función de si han recibido o no intervención y, tampoco, hay diferencias en función de los recursos utilizados. Para más información consultar la Tabla VII.35.

Tabla VII.31.

Análisis descriptivos de la variable sistema numérico arábigo.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	73.07 (36.51)	83.87 (32.98)
Grupo papel y lápiz	73.33 (36.36)	100.00 (.00)
Grupo tecnológico	70.10 (40.66)	100.00 (.00)

Tabla VII.32.

Prueba de Levene de la variable sistema numérico arábigo.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	1.05	2	87	.35
Evaluación pos-test	5.11	2	87	.00

Tabla VII.33.

Análisis multivariante de la variable sistema numérico arábigo.

Efecto		Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.28	34.30	1.00	87.00	.00	.28	34.30	1.00
Grupos	Traza de Pillai	.05	2.37	2.00	87.00	.10	.05	4.74	.46

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.34.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable sistema numérico arábigo.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	1251834.00	1	1251834.00	110.64	.00	.92	110.64	1.00
Grupo	2263.87	2	1131.93	.99	.37	.02	1.99	.21
Error	9895.61	87	1137.36					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.35.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable sistema numérico arábigo.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-8.20	6.15	.41	-23.53	7.13
		Grupo tecnológico	-6.58	6.15	.56	-21.92	8.75
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	8.20	6.15	.41	-7.13	23.53
		Grupo tecnológico	1.62	6.15	.96	-13.72	16.95
	Grupo tecnológico	Grupo control	6.58	6.15	.56	-8.75	21.92
		Grupo papel y lápiz	-1.62	6.15	.96	-16.95	13.72

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

2.3.2. Decisión numérica escrita.

Seguidamente se van a presentar los datos de HMB relativos a la variable decisión numérica escrita.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, pero especialmente el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz que alcanzan un efecto techo. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 100.00$ y $DT = .00$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 88.30$ y $DT = 30.50$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 100.00$ y $DT = .00$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 90.50$ y $DT = 28.99$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 95.07$ y $DT = 18.77$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 79.43$ y $DT = 38.19$). Para más información consultar la Tabla VII.36.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos no son homogéneos tanto en el pre-test ($F_{(2.87)} = 3.51$, $p = .03$) como en el pos-test ($F_{(2.87)} = 9.60$, $p = .00$). Consultar la Tabla VII.37.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1.87)} = 12.17$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .12$, $1-\beta = .93$) y que no hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2.87)} = .26$, $p = .77$, $\eta_p^2 = .00$, $1-\beta = .09$). Para más información consultar la Tabla VII.38.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que no hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2.87)} = 1.77$, $p = .17$, $\eta_p^2 = .03$, $1-\beta = .36$). Consultar la Tabla VII.39.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffé muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .97$), entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .33$) y entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .22$). Por lo tanto, no hay diferencias en función de si han recibido o no intervención y, tampoco, hay diferencias en función de los recursos utilizados. Para más información consultar la Tabla VII.40.

Tabla VII.36.

Análisis descriptivos de la variable decisión numérica escrita.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	79.43 (38.19)	95.07 (18.77)
Grupo papel y lápiz	90.50 (28.99)	100.00 (.00)
Grupo tecnológico	88.30 (30.50)	100.00 (.00)

Tabla VII.37.

Prueba de Levene de la variable decisión numérica escrita.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	3.51	2	87	.03
Evaluación pos-test	9.60	2	87	.00

Tabla VII.38.

Análisis multivariante de la variable decisión numérica escrita.

	Efecto	Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.12	12.17	1.00	87.00	.00	.12	12.17	.93
Grupos	Traza de Pillai	.00	.26	2.00	87.00	.77	.00	.52	.09

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.39.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable decisión numérica escrita.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	1530704.45	1	1530704.45	2403.52	.00	.96	2403.52	1.00
Grupo	2256.40	2	1128.20	1.77	.17	.03	3.54	.36
Error	55406.65	87	636.85					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.40.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable decisión numérica escrita.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-8.00	4.60	.22	-19.47	3.47
		Grupo tecnológico	-6.90	4.60	.33	-18.37	4.57
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	8.00	4.60	.22	-3.47	19.47
		Grupo tecnológico	1.10	4.60	.97	-1.37	12.57
	Grupo tecnológico	Grupo control	6.90	4.60	.33	-4.57	18.37
		Grupo papel y lápiz	-1.10	4.60	.97	-12.57	1.37

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

2.3.3. Comparación de números arábigos.

Seguidamente se van a presentar los datos de HMB relativos a la variable comparación de números arábigos.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, pero especialmente el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz que alcanzan un efecto techo. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 100.00$ y $DT = .00$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 69.57$ y $DT = 41.20$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 100.00$ y $DT = .00$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 74.43$ y $DT = 37.06$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 74.30$ y $DT = 40.30$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 62.53$ y $DT = 41.27$). Para más información consultar la Tabla VII.41.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos son homogéneos en el pre-test ($F_{(2.87)} = 2.20$, $p = .11$), pero no son homogéneos en el pos-test ($F_{(2.87)} = 135.99$, $p = .00$). Consultar la Tabla VII.42.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1.87)} = 29.66$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .25$, $1-\beta = 1.00$) y que no hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2.87)} = 1.81$, $p = .16$, $\eta_p^2 = .04$, $1-\beta = .37$). Para más información consultar la Tabla VII.43.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que sí hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2.87)} = 4.61$, $p = .01$, $\eta_p^2 = .09$, $1-\beta = .76$). Consultar la Tabla VII.44.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffé muestra que sí hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .02$), pero no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .93$) ni entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .05$). Por lo tanto, no hay diferencias en función de si han recibido o no intervención, pero sí hay diferencias en función de los recursos utilizados en esa intervención a favor de los recursos tradicionales. Para más información consultar la Tabla VII.45.

Tabla VII.41.

Análisis descriptivos de la variable comparación de números arábigos.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	62.53 (41.27)	74.30 (40.30)
Grupo papel y lápiz	74.43 (37.06)	100.00 (.00)
Grupo tecnológico	69.57 (41.20)	100.00 (.00)

Tabla VII.42.

Prueba de Levene de la variable comparación de números arábigos.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	2.20	2	87	.11
Evaluación pos-test	135.99	2	87	.00

Tabla VII.43.

Análisis multivariante de la variable comparación de números arábigos.

	Efecto	Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.25	29.66	1.00	87.00	.00	.25	29.66	1.00
Grupos	Traza de Pillai	.04	1.81	2.00	87.00	.16	.04	3.63	.37

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.44.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable comparación de números arábigos.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	1156003.47	1	1156003.47	85.57	.00	.90	85.57	1.00
Grupo	12544.57	2	6272.28	4.61	.01	.09	9.23	.76
Error	11824.45	87	1359.08					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.45.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable comparación de números arábigos.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-18.80*	6.73	.02	-35.56	-2.04
		Grupo tecnológico	-16.37	6.73	.05	-33.13	.40
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	18.80*	6.73	.02	2.04	35.56
		Grupo tecnológico	2.43	6.73	.93	-14.33	19.20
	Grupo tecnológico	Grupo control	16.37	6.73	.05	-.40	33.13
		Grupo papel y lápiz	-2.43	6.73	.93	-19.20	14.33

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

2.3.4. Sistema numérico oral.

Seguidamente se van a presentar los datos de HMB relativos a la variable sistema numérico oral.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, pero especialmente el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 73.33$ y $DT = 29.12$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 49.60$ y $DT = 33.01$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 77.50$ y $DT = 22.79$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 41.97$ y $DT = 30.04$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 47.97$ y $DT = 27.62$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 43.70$ y $DT = 28.06$). Para más información consultar la Tabla VII.46.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos son homogéneos tanto en el pre-test ($F_{(2,87)} = .54, p = .58$) como en el pos-test ($F_{(2,87)} = 1.91, p = .15$). Consultar la Tabla VII.47.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1,87)} = 35.67, p = .00, \eta_p^2 = .29, 1-\beta = 1.00$) y que sí hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2,87)} = 6.60, p = .00, \eta_p^2 = .13, 1-\beta = .90$). Para más información consultar la Tabla VII.48.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que sí hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2,87)} = 4.11, p = .02, \eta_p^2 = .08, 1-\beta = .71$). Consultar la Tabla VII.49.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffé muestra que sí hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .03$), pero no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .95$) ni entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .07$). Por lo tanto, no hay diferencias en función de si han recibido o no intervención, pero sí hay diferencias en función de los recursos utilizados en esa intervención a favor de los recursos tecnológicos. Para más información consultar la Tabla VII.50.

Tabla VII.46.

Análisis descriptivos de la variable sistema numérico oral.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	43.70 (28.06)	47.97 (27.62)
Grupo papel y lápiz	41.97 (30.04)	77.50 (22.79)
Grupo tecnológico	49.60 (33.01)	73.33 (29.12)

Tabla VII.47.

Prueba de Levene de la variable sistema numérico oral.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	.54	2	87	.58
Evaluación pos-test	1.91	2	87	.15

Tabla VII.48.

Análisis multivariante de la variable sistema numérico oral.

	Efecto	Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.29	35.67	1.00	87.00	.00	.29	35.67	1.00
Grupos	Traza de Pillai	.13	6.60	2.00	87.00	.00	.13	13.21	.90

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.49.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable sistema numérico oral.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	558002.68	1	558002.68	52.82	.00	.85	52.82	1.00
Grupo	8812.31	2	4406.15	4.11	.02	.08	8.22	.71
Error	9321.00	87	1071.37					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.50.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable sistema numérico oral.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-13.90	5.97	.07	-28.78	.98
		Grupo tecnológico	-15.63*	5.97	.03	-3.52	-.75
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	13.90	5.97	.07	-.98	28.78
		Grupo tecnológico	-1.73	5.97	.95	-16.62	13.15
	Grupo tecnológico	Grupo control	15.63*	5.97	.03	.75	3.52
		Grupo papel y lápiz	1.73	5.97	.95	-13.15	16.62

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

2.3.5. Decisión numérica oral.

Seguidamente se van a presentar los datos de HMB relativos a la variable decisión numérica oral.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, pero especialmente el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 71.00$ y $DT = 29.23$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 47.40$ y $DT = 30.48$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 76.93$ y $DT = 23.54$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 41.43$ y $DT = 27.07$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 46.10$ y $DT = 25.20$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 42.50$ y $DT = 25.09$). Para más información consultar la Tabla VII.51.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos son homogéneos en el pre-test ($F_{(2,87)} = .65$, $p = .52$), pero no son homogéneos en el pos-test ($F_{(2,87)} = 3.75$, $p = .02$). Consultar la Tabla VII.52.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1,87)} = 4.70$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .31$, $1-\beta = 1.00$) y que sí hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2,87)} = 8.07$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .15$, $1-\beta = .95$). Para más información consultar la Tabla VII.53.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que sí hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2,87)} = 4.60$, $p = .01$, $\eta_p^2 = .09$, $1-\beta = .76$). Consultar la Tabla VII.54.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffe muestra que sí hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .03$) y entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .03$), pero no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = 1.00$). Por lo tanto, hay diferencias en función de si han recibido o no intervención a favor de la intervención, pero no hay diferencias en función de los recursos utilizados. Para más información consultar la Tabla VII.55.

Tabla VII.51.

Análisis descriptivos de la variable decisión numérica oral.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	42.50 (25.09)	46.10 (25.20)
Grupo papel y lápiz	41.43 (27.07)	76.93 (23.54)
Grupo tecnológico	47.40 (30.48)	71.00 (29.23)

Tabla VII.52.

Prueba de Levene de la variable decisión numérica oral.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	.65	2	87	.52
Evaluación pos-test	3.75	2	87	.02

Tabla VII.53.

Análisis multivariante de la variable decisión numérica oral.

	Efecto	Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.31	4.70	1.00	87.00	.00	.31	4.70	1.00
Grupos	Traza de Pillai	.15	8.07	2.00	87.00	.00	.15	16.14	.95

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.54.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable decisión numérica oral.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	529317.33	1	529317.33	549.88	.00	.86	549.88	1.00
Grupo	887.47	2	4435.23	4.60	.01	.09	9.21	.76
Error	83745.68	87	962.59					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.55.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable decisión numérica oral.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-14.88*	5.66	.03	-28.99	-.78
		Grupo tecnológico	-14.90*	5.66	.03	-29.01	-.79
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	14.88*	5.66	.03	.78	28.99
		Grupo tecnológico	-.02	5.66	1.00	-14.12	14.09
	Grupo tecnológico	Grupo control	14.90*	5.66	.03	.79	29.01
		Grupo papel y lápiz	.02	5.66	1.00	-14.09	14.12

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

2.4. Prueba 4. Operaciones lógicas.

2.4.1. Operaciones lógicas.

Seguidamente se van a presentar los datos de HMB relativos a la variable operaciones lógicas.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, pero especialmente el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 86.67$ y $DT = 19.04$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 60.90$ y $DT = 29.87$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 83.87$ y $DT = 22.27$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 54.47$ y $DT = 30.16$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 65.47$ y $DT = 26.87$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 62.27$ y $DT = 33.51$). Para más información consultar la Tabla VII.56.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos son homogéneos en el pre-test ($F_{(2.87)} = 1.21$, $p = .30$), pero no son homogéneos en el pos-test ($F_{(2.87)} = 3.65$, $p = .03$). Consultar la Tabla VII.57.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1.87)} = 32.99$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .27$, $1-\beta = 1.00$) y que sí hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2.87)} = 5.85$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .11$, $1-\beta = .86$). Para más información consultar la Tabla VII.58.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que no hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2.87)} = 1.49$, $p = .22$, $\eta_p^2 = .03$, $1-\beta = .31$). Consultar la Tabla VII.59.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffé muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .72$), entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .23$) y entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .65$). Por lo tanto, no hay diferencias en función de si han recibido o no intervención y, tampoco, hay diferencias en función de los recursos utilizados. Para más información consultar la Tabla VII.60.

Tabla VII.56.

Análisis descriptivos de la variable operaciones lógicas.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	62.27 (33.51)	65.47 (26.87)
Grupo papel y lápiz	54.47 (30.16)	83.87 (22.27)
Grupo tecnológico	60.90 (29.87)	86.67 (19.04)

Tabla VII.57.

Prueba de Levene de la variable operaciones lógicas.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	1.21	2	87	.30
Evaluación pos-test	3.65	2	87	.03

Tabla VII.58.

Análisis multivariante de la variable operaciones lógicas.

	Efecto	Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.27	32.99	1.00	87.00	.00	.27	32.99	1.00
Grupos	Traza de Pillai	.11	5.85	2.00	87.00	.00	.11	11.70	.86

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.59.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable operaciones lógicas.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	855462.67	1	855462.67	867.56	.00	.90	867.56	1.00
Grupo	2954.87	2	1477.43	1.49	.22	.03	2.99	.31
Error	85785.95	87	986.04					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.60.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable operaciones lógicas.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-5.30	5.73	.65	-19.58	8.98
		Grupo tecnológico	-9.92	5.73	.23	-24.19	4.36
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	5.30	5.73	.65	-8.98	19.58
		Grupo tecnológico	-4.62	5.73	.72	-18.89	9.66
	Grupo tecnológico	Grupo control	9.92	5.73	.23	-4.36	24.19
		Grupo papel y lápiz	4.62	5.73	.72	-9.66	18.89

Nota. Se ha calculado utilizando $\alpha = .05$

2.4.2. Series numéricas.

Seguidamente se van a presentar los datos de HMB relativos a la variable series numéricas.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, pero especialmente el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 94.07$ y $DT = 18.21$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 55.43$ y $DT = 30.12$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 91.37$ y $DT = 22.48$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 38.70$ y $DT = 17.36$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 44.53$ y $DT = 22.84$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 40.53$ y $DT = 20.64$). Para más información consultar la Tabla VII.61.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos no son homogéneos en el pre-test ($F_{(2,87)} = 11.45$, $p = .00$), pero sí son homogéneos en el pos-test ($F_{(2,87)} = .72$, $p = .48$). Consultar la Tabla VII.62.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1,87)} = 104.69$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .54$, $1-\beta = 1.00$) y que sí hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2,87)} = 21.69$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .33$, $1-\beta = 1.00$). Para más información consultar la Tabla VII.63.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que sí hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2,87)} = 29.02$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .40$, $1-\beta = 1.00$). Consultar la Tabla VII.64.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffe muestra que sí hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .00$) y entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .00$), pero no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .08$). Por lo tanto, hay diferencias en función de si han recibido o no intervención a favor de la intervención, pero no hay diferencias en función de los recursos utilizados. Para más información consultar la Tabla VII.65.

Tabla VII.61.

Análisis descriptivos de la variable series numéricas.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	40.53 (20.64)	44.53 (22.84)
Grupo papel y lápiz	38.70 (17.36)	91.37 (22.48)
Grupo tecnológico	55.43 (30.12)	94.07 (18.21)

Tabla VII.62.

Prueba de Levene de la variable series numéricas.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	11.45	2	87	.00
Evaluación pos-test	.72	2	87	.48

Tabla VII.63.

Análisis multivariante de la variable series numéricas.

	Efecto	Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.54	104.69	1.00	87.00	.00	.54	104.69	1.00
Grupos	Traza de Pillai	.33	21.69	2.00	87.00	.00	.33	43.39	1.00

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.64.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable series numéricas.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	664787.33	1	664787.33	1177.63	.00	.93	1177.63	1.00
Grupo	32771.54	2	16385.77	29.02	.00	.40	58.05	1.00
Error	49112.61	87	564.51					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.65.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable series numéricas.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-22.50*	4.33	.00	-33.30	-11.70
		Grupo tecnológico	-32.22*	4.33	.00	-43.02	-21.41
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	22.50*	4.33	.00	11.70	33.30
		Grupo tecnológico	-9.72	4.33	.08	-2.52	1.09
	Grupo tecnológico	Grupo control	32.22*	4.33	.00	21.41	43.02
		Grupo papel y lápiz	9.72	4.33	.08	-1.09	2.52

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

2.4.3. Clasificación numérica.

Seguidamente se van a presentar los datos de HMB relativos a la variable clasificación numérica.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, pero especialmente el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 79.03$ y $DT = 21.01$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 51.50$ y $DT = 24.57$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 80.60$ y $DT = 19.04$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 60.03$ y $DT = 25.46$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 64.73$ y $DT = 24.11$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 49.93$ y $DT = 24.25$). Para más información consultar la Tabla VII.66.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos son homogéneos en el pre-test ($F_{(2,87)} = .43$, $p = .64$), pero no son homogéneos en el pos-test ($F_{(2,87)} = 4.83$, $p = .01$). Consultar la Tabla VII.67.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1,87)} = 53.10$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .37$, $1-\beta = 1.00$) y que no hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2,87)} = 1.63$, $p = .20$, $\eta_p^2 = .03$, $1-\beta = .33$). Para más información consultar la Tabla VII.68.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que sí hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2,87)} = 3.65$, $p = .03$, $\eta_p^2 = .07$, $1-\beta = .66$). Consultar la Tabla VII.69.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffé muestra que sí hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .03$), pero no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .58$) ni entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .26$). Por lo tanto, no hay diferencias en función de si han recibido o no intervención, pero sí hay diferencias en función de los recursos utilizados en esa intervención a favor de los recursos tradicionales. Para más información consultar la Tabla VII.70.

Tabla VII.66.

Análisis descriptivos de la variable clasificación numérica.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	49.93 (24.25)	64.73 (24.11)
Grupo papel y lápiz	60.03 (25.46)	80.60 (19.04)
Grupo tecnológico	51.50 (24.57)	79.03 (21.01)

Tabla VII.67.

Prueba de Levene de la variable clasificación numérica.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	.43	2	87	.64
Evaluación pos-test	4.83	2	87	.01

Tabla VII.68.

Análisis multivariante de la variable clasificación numérica.

Efecto		Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.37	53.10	1.00	87.00	.00	.37	53.10	1.00
Grupos	Traza de Pillai	.03	1.63	2.00	87.00	.20	.03	3.27	.33

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.69.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable clasificación numérica.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	744336.80	1	744336.80	1058.60	.00	.92	1058.60	1.00
Grupo	514.14	2	257.07	3.65	.03	.07	7.31	.66
Error	61172.55	87	703.13					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.70.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable clasificación numérica.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-12.98*	4.84	.03	-25.04	-.93
		Grupo tecnológico	-7.93	4.84	.26	-19.99	4.12
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	12.98*	4.84	.03	.93	25.04
		Grupo tecnológico	5.05	4.84	.58	-7.01	17.11
	Grupo tecnológico	Grupo control	7.93	4.84	.26	-4.12	19.99
		Grupo papel y lápiz	-5.05	4.84	.58	-17.11	7.01

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

2.4.4. Conservación numérica.

Seguidamente se van a presentar los datos de HMB relativos a la variable conservación numérica.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, salvo el grupo control. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 61.10$ y $DT = 9.87$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 55.73$ y $DT = 2.79$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 61.87$ y $DT = 10.27$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 56.50$ y $DT = 4.92$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 55.00$ y $DT = .00$) fueron más bajas que las puntuaciones del pre-test ($M = 55.37$ y $DT = 2.00$). Para más información consultar la Tabla VII.71.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos no son homogéneos tanto en el pre-test ($F_{(2.87)} = 3.55$, $p = .03$) como en el pos-test ($F_{(2.87)} = 57.65$, $p = .00$). Consultar la Tabla VII.72.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1.87)} = 16.25$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .15$, $1-\beta = .97$) y que sí hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2.87)} = 4.97$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .10$, $1-\beta = .79$). Para más información consultar la Tabla VII.73.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que sí hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2.87)} = 5.79$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .11$, $1-\beta = .85$). Consultar la Tabla VII.74.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffe muestra que sí hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .03$) y entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .00$), pero no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .82$). Por lo tanto, hay diferencias en función de si han recibido o no intervención a favor de la intervención, pero no hay diferencias en función de los recursos utilizados. Para más información consultar la Tabla VII.75.

Tabla VII.71.

Análisis descriptivos de la variable conservación numérica.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	55.37 (2.00)	55.00 (.00)
Grupo papel y lápiz	56.50 (4.92)	61.87 (10.27)
Grupo tecnológico	55.73 (2.79)	61.10 (9.87)

Tabla VII.72.

Prueba de Levene de la variable conservación numérica.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	3.55	2	87	.03
Evaluación pos-test	57.65	2	87	.00

Tabla VII.73.

Análisis multivariante de la variable conservación numérica.

	Efecto	Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.15	16.25	1.00	87.00	.00	.15	16.25	.97
Grupos	Traza de Pillai	.10	4.97	2.00	87.00	.00	.10	9.94	.79

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.74.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable conservación numérica.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	597081.60	1	597081.60	12797.60	.00	.99	12797.60	1.00
Grupo	54.84	2	27.42	5.79	.00	.11	11.59	.85
Error	4059.05	87	46.65					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.75.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable conservación numérica.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-4.00*	1.24	.00	-7.11	-.89
		Grupo tecnológico	-3.23*	1.24	.03	-6.34	-.13
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	4.00*	1.24	.00	.89	7.11
		Grupo tecnológico	.77	1.24	.82	-2.34	3.87
	Grupo tecnológico	Grupo control	3.23*	1.24	.03	.13	6.34
		Grupo papel y lápiz	-.77	1.24	.82	-3.87	2.34

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

2.4.5. Inclusión numérica.

Seguidamente se van a presentar los datos de HMB relativos a la variable inclusión numérica.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, salvo el grupo control. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 95.40$ y $DT = 17.50$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 56.77$ y $DT = 33.55$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 97.70$ y $DT = 12.59$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 48.27$ y $DT = 29.25$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 58.60$ y $DT = 34.38$) fueron más bajas que las puntuaciones del pre-test ($M = 59.77$ y $DT = 33.50$). Para más información consultar la Tabla VII.76.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos no son homogéneos tanto en el pre-test ($F_{(2.87)} = 4.70$, $p = .01$) como en el pos-test ($F_{(2.87)} = 52.00$, $p = .00$). Consultar la Tabla VII.77.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1.87)} = 49.03$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .36$, $1-\beta = 1.00$) y que sí hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2.87)} = 13.83$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .24$, $1-\beta = .99$). Para más información consultar la Tabla VII.78.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que sí hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2.87)} = 5.96$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .12$, $1-\beta = .87$). Consultar la Tabla VII.79.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffe muestra que sí hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .00$) y entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .03$), pero no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .83$). Por lo tanto, hay diferencias en función de si han recibido o no intervención a favor de la intervención, pero no hay diferencias en función de los recursos utilizados. Para más información consultar la Tabla VII.80.

Tabla VII.76.

Análisis descriptivos de la variable inclusión numérica.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	59.77 (33.50)	58.60 (34.38)
Grupo papel y lápiz	48.27 (29.25)	97.70 (12.59)
Grupo tecnológico	56.77 (33.55)	95.40 (17.50)

Tabla VII.77.

Prueba de Levene de la variable inclusión numérica.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	4.70	2	87	.01
Evaluación pos-test	52.00	2	87	.00

Tabla VII.78.

Análisis multivariante de la variable inclusión numérica.

	Efecto	Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.36	49.03	1.00	87.00	.00	.36	49.03	1.00
Grupos	Traza de Pillai	.24	13.83	2.00	87.00	.00	.24	27.66	.99

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.79.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable inclusión numérica.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	867361.25	1	867361.25	1065.80	.00	.92	1065.80	1.00
Grupo	9713.20	2	4856.60	5.96	.00	.12	11.93	.87
Error	70801.05	87	813.80					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.80.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable inclusión numérica.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-13.80*	5.20	.03	-26.77	-8.3
		Grupo tecnológico	-16.90*	5.20	.00	-29.87	-3.93
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	13.80*	5.20	.03	.83	26.77
		Grupo tecnológico	-3.10	5.20	.83	-16.07	9.87
	Grupo tecnológico	Grupo control	16.90*	5.20	.00	3.93	29.87
		Grupo papel y lápiz	3.10	5.20	.83	-9.87	16.07

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

2.5. Prueba 5. Operaciones.

2.5.1. Operaciones con apoyo de imágenes.

Seguidamente se van a presentar los datos de HMB relativos a la variable operaciones con apoyo de imágenes.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, pero especialmente el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 89.60$ y $DT = 26.96$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 36.40$ y $DT = 31.75$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 84.73$ y $DT = 27.04$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 43.80$ y $DT = 35.99$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 62.00$ y $DT = 37.48$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 51.93$ y $DT = 35.09$). Para más información consultar la Tabla VII.81.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos son homogéneos en el pre-test ($F_{(2.87)} = 1.54$, $p = .21$), pero no son homogéneos en el pos-test ($F_{(2.87)} = 5.96$, $p = .00$). Consultar la Tabla VII.82.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1.87)} = 83.11$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .48$, $1-\beta = 1.00$) y que sí hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2.87)} = 11.34$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .20$, $1-\beta = .99$). Para más información consultar la Tabla VII.83.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que no hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2.87)} = .61$, $p = .54$, $\eta_p^2 = .01$, $1-\beta = .15$). Consultar la Tabla VII.84.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffé muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .98$), entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .69$) y entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .58$). Por lo tanto, no hay diferencias en función de si han recibido o no intervención y, tampoco, hay diferencias en función de los recursos utilizados. Para más información consultar la Tabla VII.85.

Tabla VII.81.

Análisis descriptivos de la variable operaciones con apoyo de imágenes.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	51.93 (35.09)	62.00 (37.48)
Grupo papel y lápiz	43.80 (35.99)	84.73 (27.04)
Grupo tecnológico	36.40 (31.75)	89.60 (26.96)

Tabla VII.82.

Prueba de Levene de la variable operaciones con apoyo de imágenes.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	1.54	2	87	.21
Evaluación pos-test	5.96	2	87	.00

Tabla VII.83.

Análisis multivariante de la variable operaciones con apoyo de imágenes.

Efecto		Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.48	83.11	1.00	87.00	.00	.48	83.11	1.00
Grupos	Traza de Pillai	.20	11.34	2.00	87.00	.00	.20	22.68	.99

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.84.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable operaciones con apoyo de imágenes.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	678838.42	1	678838.42	458.70	.00	.84	458.70	1.00
Grupo	1825.91	2	912.95	.61	.54	.01	1.23	.15
Error	128751.66	87	1479.90					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.85.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable operaciones con apoyo de imágenes.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-7.30	7.02	.58	-24.79	1.19
		Grupo tecnológico	-6.03	7.02	.69	-23.53	11.46
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	7.30	7.02	.58	-1.19	24.79
		Grupo tecnológico	1.27	7.02	.98	-16.23	18.76
	Grupo tecnológico	Grupo control	6.03	7.02	.69	-11.46	23.53
		Grupo papel y lápiz	-1.27	7.02	.98	-18.76	16.23

Nota. Se ha calculado utilizando $\alpha = .05$

2.5.2. Operaciones con enunciado aritmético.

Seguidamente se van a presentar los datos de HMB relativos a la variable operaciones con enunciado aritmético.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, pero especialmente el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 77.80$ y $DT = 29.00$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 39.37$ y $DT = 32.39$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 65.63$ y $DT = 30.59$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 34.87$ y $DT = 26.98$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 51.50$ y $DT = 33.58$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 37.20$ y $DT = 24.84$). Para más información consultar la Tabla VII.86.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos son homogéneos tanto en el pre-test ($F_{(2,87)} = 1.74, p = .18$) como en el pos-test ($F_{(2,87)} = .40, p = .66$). Consultar la Tabla VII.87.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1,87)} = 10.53, p = .00, \eta_p^2 = .53, 1-\beta = 1.00$) y que sí hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2,87)} = 6.57, p = .00, \eta_p^2 = .13, 1-\beta = .90$). Para más información consultar la Tabla VII.88.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que no hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2,87)} = 2.16, p = .12, \eta_p^2 = .04, 1-\beta = .43$). Consultar la Tabla VII.89.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffé muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .48$), entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .12$) y entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .69$). Por lo tanto, no hay diferencias en función de si han recibido o no intervención y, tampoco, hay diferencias en función de los recursos utilizados. Para más información consultar la Tabla VII.90.

Tabla VII.86.

Análisis descriptivos de la variable operaciones con enunciado aritmético.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	37.20 (24.84)	51.50 (33.58)
Grupo papel y lápiz	34.87 (26.98)	65.63 (30.59)
Grupo tecnológico	39.37 (32.39)	77.80 (29.00)

Tabla VII.87.

Prueba de Levene de la variable operaciones con enunciado aritmético.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	1.74	2	87	.18
Evaluación pos-test	.40	2	87	.66

Tabla VII.88.

Análisis multivariante de la variable operaciones con enunciado aritmético.

	Efecto	Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.53	10.53	1.00	87.00	.00	.53	10.53	1.00
Grupos	Traza de Pillai	.13	6.57	2.00	87.00	.00	.13	13.15	.90

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.89.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable operaciones con enunciado aritmético.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	469302.67	1	469302.67	33.50	.00	.79	33.50	1.00
Grupo	6136.84	2	3068.42	2.16	.12	.04	4.32	.43
Error	123536.98	87	1419.96					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.90.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable operaciones con enunciado aritmético.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-5.90	6.88	.69	-23.03	11.23
		Grupo tecnológico	-14.23	6.88	.12	-31.37	2.90
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	5.90	6.88	.69	-11.23	23.03
		Grupo tecnológico	-8.33	6.88	.48	-25.47	8.80
	Grupo tecnológico	Grupo control	14.23	6.88	.12	-2.90	31.37
		Grupo papel y lápiz	8.33	6.88	.48	-8.80	25.47

Nota. Se ha calculado utilizando $\alpha = .05$

2.5.3. Sumas simples.

Seguidamente se van a presentar los datos de HMB relativos a la variable sumas simples.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, pero especialmente el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 89.33$ y $DT = 14.14$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 60.77$ y $DT = 25.88$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 84.00$ y $DT = 15.81$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 57.13$ y $DT = 23.36$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 67.67$ y $DT = 24.75$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 62.30$ y $DT = 19.90$). Para más información consultar la Tabla VII.91.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos son homogéneos en el pre-test ($F_{(2.87)} = 2.16$, $p = .12$), pero no son homogéneos en el pos-test ($F_{(2.87)} = 9.12$, $p = .00$). Consultar la Tabla VII.92.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1.87)} = 105.15$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .54$, $1-\beta = 1.00$) y que sí hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2.87)} = 14.27$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .24$, $1-\beta = .99$). Para más información consultar la Tabla VII.93.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que no hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2.87)} = 2.13$, $p = .12$, $\eta_p^2 = .04$, $1-\beta = .42$). Consultar la Tabla VII.94.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffé muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .65$), entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .12$) y entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .52$). Por lo tanto, no hay diferencias en función de si han recibido o no intervención y, tampoco, hay diferencias en función de los recursos utilizados. Para más información consultar la Tabla VII.95.

Tabla VII.91.

Análisis descriptivos de la variable sumas simples.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	62.30 (19.90)	67.67 (24.75)
Grupo papel y lápiz	57.13 (23.36)	84.00 (15.81)
Grupo tecnológico	60.77 (25.88)	89.33 (14.14)

Tabla VII.92.

Prueba de Levene de la variable sumas simples.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	2.16	2	87	.12
Evaluación pos-test	9.12	2	87	.00

Tabla VII.93.

Análisis multivariante de la variable sumas simples.

	Efecto	Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.54	105.15	1.00	87.00	.00	.54	105.15	1.00
Grupos	Traza de Pillai	.24	14.27	2.00	87.00	.00	.24	28.54	.99

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.94.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable sumas simples.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	887047.20	1	887047.20	1239.20	.00	.93	1239.20	1.00
Grupo	3052.23	2	1526.11	2.13	.12	.04	4.26	.42
Error	62276.56	87	715.82					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.95.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable sumas simples.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-5.58	4.88	.52	-17.75	6.58
		Grupo tecnológico	-1.07	4.88	.12	-22.23	2.10
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	5.58	4.88	.52	-6.58	17.75
		Grupo tecnológico	-4.48	4.88	.65	-16.65	7.68
	Grupo tecnológico	Grupo control	1.07	4.88	.12	-2.10	22.23
		Grupo papel y lápiz	4.48	4.88	.65	-7.68	16.65

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

2.5.4. Operaciones con enunciado verbal.

Seguidamente se van a presentar los datos de HMB relativos a la variable operaciones con enunciado verbal.

En relación con los análisis descriptivos significar que todos los grupos han mejorado con respecto a la evaluación pre-test, salvo el grupo control. Las puntuaciones pos-test del grupo tecnológico ($M = 41.73$ y $DT = 19.05$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 24.23$ y $DT = 25.43$). Las puntuaciones pos-test del grupo papel y lápiz ($M = 45.20$ y $DT = 20.92$) fueron más altas que las puntuaciones del pre-test ($M = 23.00$ y $DT = 23.86$). Las puntuaciones pos-test del grupo control ($M = 22.23$ y $DT = 19.33$) fueron más bajas que las puntuaciones del pre-test ($M = 29.87$ y $DT = 25.48$). Para más información consultar la Tabla VII.96.

En relación con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error significar que los grupos son homogéneos tanto en el pre-test ($F_{(2.87)} = .14$, $p = .86$) como en el pos-test ($F_{(2.87)} = .40$, $p = .66$). Consultar la Tabla VII.97.

En relación con el análisis multivariante significar que sí hay diferencias entre el pre-test y el pos-test ($F_{(1.87)} = 2.98$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .19$, $1-\beta = .99$) y que sí hay interacción entre el grupo y el momento de evaluación ($F_{(2.87)} = 15.75$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .26$, $1-\beta = .99$). Para más información consultar la Tabla VII.98.

En relación con la prueba de efectos inter-sujetos los datos indican que no hay diferencias significativas entre el grupo tecnológico, el grupo papel y lápiz y el grupo control ($F_{(2.87)} = 1.48$, $p = .23$, $\eta_p^2 = .03$, $1-\beta = .30$). Consultar la Tabla VII.99.

Finalmente, en relación con las pruebas post hoc la prueba Scheffé muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz ($p = .97$), entre el grupo tecnológico y el grupo control ($p = .39$) y entre el grupo papel y lápiz y el grupo control ($p = .28$). Por lo tanto, no hay diferencias en función de si han recibido o no intervención y, tampoco, hay diferencias en función de los recursos utilizados. Para más información consultar la Tabla VII.100.

Tabla VII.96.

Análisis descriptivos de la variable operaciones con enunciado verbal.

Grupos	Evaluación pre-test <i>M (DT)</i>	Evaluación pos-test <i>M (DT)</i>
Grupo control	29.87 (25.48)	22.23 (19.33)
Grupo papel y lápiz	23.00 (23.86)	45.20 (20.92)
Grupo tecnológico	24.23 (25.43)	41.73 (19.05)

Tabla VII.97.

Prueba de Levene de la variable operaciones con enunciado verbal.

	F	df1	df2	Significatividad
Evaluación pre-test	.14	2	87	.86
Evaluación pos-test	.40	2	87	.66

Tabla VII.98.

Análisis multivariante de la variable operaciones con enunciado verbal.

	Efecto	Valor	F	Gl de hipótesis	Gl de error	Significatividad	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Momento de evaluación	Traza de Pillai	.19	2.98	1.00	87.00	.00	.19	2.98	.99
Grupos	Traza de Pillai	.26	15.75	2.00	87.00	.00	.26	31.50	.99

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.99.

Prueba de efectos inter-sujetos de la variable operaciones con enunciado verbal.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Intersección	173476.35	1	173476.35	225.79	.00	.72	225.79	1.00
Grupo	2282.41	2	1141.20	1.48	.23	.03	2.97	.30
Error	6684.23	87	768.27					

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Tabla VII.100.

Pruebas post hoc, prueba Scheffé, de la variable operaciones con enunciado verbal.

	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significatividad	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Prueba Scheffé	Grupo control	Grupo papel y lápiz	-8.05	5.06	.28	-2.65	4.55
		Grupo tecnológico	-6.93	5.06	.39	-19.54	5.67
	Grupo papel y lápiz	Grupo control	8.05	5.06	.28	-4.55	2.65
		Grupo tecnológico	1.12	5.06	.97	-11.49	13.72
	Grupo tecnológico	Grupo control	6.93	5.06	.39	-5.67	19.54
		Grupo papel y lápiz	-1.12	5.06	.97	-13.72	11.49

Nota. Se ha calculado utilizando alpha = .05

2.6. Prueba 6. Estimación del tamaño.

Finalmente se van a presentar los datos de HMB relativos a la variable estimación del tamaño y los datos de HMB relativos a la variable comparación de modelos de puntos dispersos.

La variable estimación del tamaño y la variable comparación de modelos de puntos dispersos se presentan juntas porque forman parte de la misma prueba y porque los resultados de los alumnos y de las alumnas en ambas variables fueron idénticos, por lo que no hay variabilidad entre los participantes de la muestra. Significar que en ambas variables los niños y las niñas que participaron en la investigación obtuvieron la máxima puntuación posible tanto en el pre-test como en el pos-test, por lo que esta variable ha sido descartada de la presente investigación. Para más información pueden consultar la Tabla 101 en la que se presentan los análisis descriptivos de la variable estimación del tamaño y de la variable comparación de modelos de puntos dispersos.

Tabla VII.101.

Análisis descriptivos de la variable estimación del tamaño y de la variable comparación de modelos de puntos dispersos.

Momento de la evaluación	Grupos	Media	Desviación típica
Evaluación pre-test	Grupo control	100.00	.00
	Grupo papel y lápiz	100.00	.00
	Grupo tecnológico	100.00	.00
	Total	100.00	.00
Evaluación pos-test	Grupo control	100.00	.00
	Grupo papel y lápiz	100.00	.00
	Grupo tecnológico	100.00	.00
	Total	100.00	.00

3. Correlaciones entre las Funciones Ejecutivas y las Habilidades Matemáticas Básicas.

3.1. Correlaciones entre la memoria de trabajo y las Habilidades Matemáticas Básicas.

En el presente subepígrafe se van a presentar los datos de un análisis de correlación entre la memoria de trabajo (amplitud de memoria) y las HBM (contar, numerar, sistema numérico arábigo, decisión numérica escrita, comparación de números arábigos, sistema numérico oral, decisión numérica oral, operaciones lógicas, series numéricas, clasificación numérica, conservación numérica, inclusión numérica, operaciones con apoyo de imágenes, operaciones con enunciado aritmético, sumas simples, operaciones con enunciado verbal, estimación del tamaño y comparación de modelos de puntos dispersos).

La variable amplitud de memoria presenta una correlación altamente significativa con las siguientes variables: con la variable contar ($r = .43$ y $p = .00$), con la variable sistema numérico arábigo ($r = .27$ y $p = .00$), con la variable comparación de números arábigos ($r = .42$ y $p = .00$), con la variable sistema numérico oral ($r = .27$ y $p = .00$), con la variable decisión numérica oral ($r = .27$ y $p = .00$), con la variable operaciones lógicas ($r = .31$ y $p = .00$), con la variable operaciones con apoyo de imágenes ($r = .32$ y $p = .00$), con la variable operaciones con enunciado aritmético ($r = .46$ y $p = .00$), con la variable sumas simples ($r = .52$ y $p = .00$) y, finalmente, con la variable operaciones con enunciado verbal ($r = .35$ y $p = .00$). Para más información consultar la Tabla VII.102.

La variable amplitud de memoria presenta una correlación significativa con las siguientes variables: con la variable series numéricas ($r = .27$ y $p = .01$), con la variable clasificación numérica ($r = .21$ y $p = .04$) y, finalmente, con la variable inclusión numérica ($r = .21$ y $p = .03$). Para más información consultar la Tabla VII.102.

La variable amplitud de memoria no presenta correlación con las siguientes variables: con la variable numerar ($r = .04$ y $p = .67$), con la variable decisión numérica escrita ($r = .03$ y $p = .75$) y, finalmente, con la variable conservación numérica ($r = -.01$ y $p = .86$). Para más información consultar la Tabla VII.102.

Tabla VII.102.

Análisis de correlación entre la memoria de trabajo (amplitud de memoria) y las HMB.

		Amplitud de memoria
Contar (Prueba 1)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.43**
	Significatividad (bilateral)	.00
	N	90
Numerar (Prueba 2)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.04
	Significatividad (bilateral)	.67
	N	90
Sistema numérico arábigo (Prueba 3.A.)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.27**
	Significatividad (bilateral)	.00
	N	90
Decisión numérica escrita (Prueba 3.A.1)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.03
	Significatividad (bilateral)	.75
	N	90

Comparación de números arábigos (Prueba 3.A.2)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.42**
	Significatividad (bilateral)	.00
	N	90
Sistema numérico oral (Prueba 3.B.)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.27**
	Significatividad (bilateral)	.00
	N	90
Decisión numérica oral (Prueba 3.B.1)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.27**
	Significatividad (bilateral)	.00
	N	90
Operaciones lógicas (Prueba 4)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.31**
	Significatividad (bilateral)	.00
	N	90
Series numéricas (Prueba 4.A)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.27*
	Significatividad (bilateral)	.01
	N	90

Clasificación numérica (Prueba 4.B)	Coefficiente de correlacion de Pearson	.21*
	Significatividad (bilateral)	.04
	N	90
Conservación numérica (Prueba 4.C)	Coefficiente de correlacion de Pearson	-.01
	Significatividad (bilateral)	.86
	N	90
Inclusión numérica (Prueba 4.D)	Coefficiente de correlacion de Pearson	.21*
	Significatividad (bilateral)	.03
	N	90
Operaciones con apoyo de imágenes (Prueba 5.A.)	Coefficiente de correlacion de Pearson	.32**
	Significatividad (bilateral)	.00
	N	90
Operaciones con enunciado aritmético (Prueba 5.B.)	Coefficiente de correlacion de Pearson	.46**
	Significatividad (bilateral)	.00
	N	90

Sumas simples	Coefficiente de correlacion de Pearson	.52**
(Prueba 5.B.1)	Significatividad (bilateral)	.00
	N	90
Operaciones con enunciado verbal	Coefficiente de correlacion de Pearson	.35**
(Prueba 5.C.)	Significatividad (bilateral)	.00
	N	90
Estimación del tamaño	Coefficiente de correlacion de Pearson	.c
(Prueba 6)	Significatividad (bilateral)	
	N	90
Comparación de modelos de puntos dispersos	Coefficiente de correlacion de Pearson	.c
(Prueba 6.A)	Significatividad (bilateral)	
	N	90

Nota.

** . La correlación es significativa en el nivel .01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel .05 (bilateral).

c. No se puede calcular porque como mínimo una de las variables es constante.

3.2. Correlaciones entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio y las Habilidades Matemáticas Básicas.

En el presente subepígrafe se van a presentar los datos de un análisis de correlación entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio (precisión global porcentual) y las HBM (contar, numerar, sistema numérico arábigo, decisión numérica escrita, comparación de números arábigos, sistema numérico oral, decisión numérica oral, operaciones lógicas, series numéricas, clasificación numérica, conservación numérica, inclusión numérica, operaciones con apoyo de imágenes, operaciones con enunciado aritmético, sumas simples, operaciones con enunciado verbal, estimación del tamaño y comparación de modelos de puntos dispersos).

La variable precisión global porcentual presenta una correlación altamente significativa con las siguientes variables: con la variable sistema numérico arábigo ($r = .30$ y $p = .00$), con la variable comparación de números arábigos ($r = .31$ y $p = .00$), con la variable operaciones con apoyo de imágenes ($r = .29$ y $p = .00$), con la variable operaciones con enunciado aritmético ($r = .30$ y $p = .00$) y con la variable sumas simples ($r = .35$ y $p = .00$). Para más información consultar la Tabla VII.103.

La variable precisión global porcentual presenta una correlación significativa con las siguientes variables: con la variable contar ($r = .26$ y $p = .01$) y con la variable inclusión numérica ($r = .21$ y $p = .03$). Para más información consultar la Tabla VII.103.

La variable precisión global porcentual no presenta correlación con las siguientes variables: con la variable numerar ($r = .09$ y $p = .37$), con la variable decisión numérica escrita ($r = -.02$ y $p = .80$), con la variable sistema numérico oral ($r = .04$ y $p = .69$), con la variable decisión numérica oral ($r = .05$ y $p = .62$), con la variable operaciones lógicas ($r = .19$ y $p = .06$), con la variable series numéricas ($r = .17$ y $p = .09$), con la variable clasificación numérica ($r = -.09$ y $p = .34$), con la variable conservación numérica ($r = -.04$ y $p = .64$) y con la variable operaciones con enunciado verbal ($r = .09$ y $p = .39$). Para más información consultar la Tabla VII.103.

Tabla VII.103.

Análisis de correlación entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio (precisión global porcentual) y las HMB.

		Precisión global porcentual
Contar (Prueba 1)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.26*
	Significatividad (bilateral)	.01
	N	90
Numerar (Prueba 2)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.09
	Significatividad (bilateral)	.37
	N	90
Sistema numérico arábigo (Prueba 3.A.)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.30**
	Significatividad (bilateral)	.00
	N	90
Decisión numérica escrita (Prueba 3.A.1)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.02
	Significatividad (bilateral)	.80
	N	90

Comparación de números arábigos	Coefficiente de correlacion de Pearson	.31**
(Prueba 3.A.2)	Significatividad (bilateral)	.00
	N	90
Sistema numérico oral	Coefficiente de correlacion de Pearson	.04
(Prueba 3.B.)	Significatividad (bilateral)	.69
	N	90
Decisión numérica oral	Coefficiente de correlacion de Pearson	.05
(Prueba 3.B.1)	Significatividad (bilateral)	.62
	N	90
Operaciones lógicas	Coefficiente de correlacion de Pearson	.19
(Prueba 4)	Significatividad (bilateral)	.06
	N	90
Series numéricas	Coefficiente de correlacion de Pearson	.17
(Prueba 4.A)	Significatividad (bilateral)	.09
	N	90

Clasificación numérica (Prueba 4.B)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.09
	Significatividad (bilateral)	.34
	N	90
Conservación numérica (Prueba 4.C)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.04
	Significatividad (bilateral)	.64
	N	90
Inclusión numérica (Prueba 4.D)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.21*
	Significatividad (bilateral)	.03
	N	90
Operaciones con apoyo de imágenes (Prueba 5.A.)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.29**
	Significatividad (bilateral)	.00
	N	90
Operaciones con enunciado aritmético (Prueba 5.B.)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.30**
	Significatividad (bilateral)	.00
	N	90

Sumas simples	Coefficiente de correlacion de Pearson	.35**
(Prueba 5.B.1)	Significatividad (bilateral)	.00
	N	90
Operaciones con enunciado verbal	Coefficiente de correlacion de Pearson	.09
(Prueba 5.C.)	Significatividad (bilateral)	.39
	N	90
Estimación del tamaño	Coefficiente de correlacion de Pearson	.c
(Prueba 6)	Significatividad (bilateral)	
	N	90
Comparación de modelos de puntos dispersos	Coefficiente de correlacion de Pearson	.c
(Prueba 6.A)	Significatividad (bilateral)	
	N	90

Nota.

** . La correlación es significativa en el nivel .01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel .05 (bilateral).

c. No se puede calcular porque como mínimo una de las variables es constante.

En el presente subepígrafe se van a presentar los datos de un análisis de correlación entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio (tiempos de reacción globales) y las HBM (contar, numerar, sistema numérico arábigo, decisión numérica escrita, comparación de números arábigos, sistema numérico oral, decisión numérica oral, operaciones lógicas, series numéricas, clasificación numérica, conservación numérica, inclusión numérica, operaciones con apoyo de imágenes, operaciones con enunciado aritmético, sumas simples, operaciones con enunciado verbal, estimación del tamaño y comparación de modelos de puntos dispersos).

La variable tiempos de reacción globales presenta una correlación altamente significativa con las siguientes variables: con la variable contar ($r = -.32$ y $p = .00$) y con la variable series numéricas ($r = -.32$ y $p = .00$). Para más información consultar la Tabla VII.104.

La variable tiempos de reacción globales presenta una correlación significativa con las siguientes variables: con la variable comparación de números arábigos ($r = -.24$ y $p = .02$) y con la variable sumas simples ($r = -.23$ y $p = .02$). Para más información consultar la Tabla VII. 104.

La variable tiempos de reacción globales no presenta correlación con las siguientes variables: con la variable numerar ($r = -.05$ y $p = .62$), con la variable sistema numérico arábigo ($r = -.18$ y $p = .08$), con la variable decisión numérica escrita ($r = .07$ y $p = .47$), con la variable sistema numérico oral ($r = -.15$ y $p = .14$), con la variable decisión numérica oral ($r = -.18$ y $p = .08$), con la variable operaciones lógicas ($r = -.06$ y $p = .53$), con la variable clasificación numérica ($r = -.09$ y $p = .39$), con la variable conservación numérica ($r = .02$ y $p = .78$), con la variable inclusión numérica ($r = -.03$ y $p = .74$), con la variable operaciones con apoyo de imágenes ($r = -.06$ y $p = .51$), con la variable operaciones con enunciado aritmético ($r = -.16$ y $p = .12$) y con la variable operaciones con enunciado verbal ($r = -.07$ y $p = .50$). Para más información consultar la Tabla VII. 104.

Tabla VII. 104.

Análisis de correlación entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio (tiempos de reacción globales) y las HMB.

		Tiempos de reacción globales
Contar (Prueba 1)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.32**
	Significatividad (bilateral)	.00
	N	90
Numerar (Prueba 2)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.05
	Significatividad (bilateral)	.62
	N	90
Sistema numérico arábigo (Prueba 3.A.)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.18
	Significatividad (bilateral)	.08
	N	90
Decisión numérica escrita (Prueba 3.A.1)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.07
	Significatividad (bilateral)	.47
	N	90

Comparación de números arábigos (Prueba 3.A.2)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.24*
	Significatividad (bilateral)	.02
	N	90
Sistema numérico oral (Prueba 3.B.)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.15
	Significatividad (bilateral)	.14
	N	90
Decisión numérica oral (Prueba 3.B.1)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.18
	Significatividad (bilateral)	.08
	N	90
Operaciones lógicas (Prueba 4)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.06
	Significatividad (bilateral)	.53
	N	90
Series numéricas (Prueba 4.A)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.32**
	Significatividad (bilateral)	.00
	N	90

Clasificación numérica (Prueba 4.B)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.09
	Significatividad (bilateral)	.39
	N	90
Conservación numérica (Prueba 4.C)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.02
	Significatividad (bilateral)	.78
	N	90
Inclusión numérica (Prueba 4.D)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.03
	Significatividad (bilateral)	.74
	N	90
Operaciones con apoyo de imágenes (Prueba 5.A.)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.06
	Significatividad (bilateral)	.51
	N	90
Operaciones con enunciado aritmético (Prueba 5.B.)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.16
	Significatividad (bilateral)	.12
	N	90

Sumas simples (Prueba 5.B.1)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.23*
	Significatividad (bilateral)	.02
	N	90
Operaciones con enunciado verbal (Prueba 5.C.)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.07
	Significatividad (bilateral)	.50
	N	90
Estimación del tamaño (Prueba 6)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.c
	Significatividad (bilateral)	
	N	90
Comparación de modelos de puntos dispersos (Prueba 6.A)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.c
	Significatividad (bilateral)	
	N	90

Nota.

** . La correlación es significativa en el nivel .01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel .05 (bilateral).

c. No se puede calcular porque como mínimo una de las variables es constante.

En el presente subepígrafe se van a presentar los datos de un análisis de correlación entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio (puntuación de conflicto) y las HBM (contar, numerar, sistema numérico arábigo, decisión numérica escrita, comparación de números arábigos, sistema numérico oral, decisión numérica oral, operaciones lógicas, series numéricas, clasificación numérica, conservación numérica, inclusión numérica, operaciones con apoyo de imágenes, operaciones con enunciado aritmético, sumas simples, operaciones con enunciado verbal, estimación del tamaño y comparación de modelos de puntos dispersos).

La variable puntuación de conflicto no presenta una correlación altamente significativa con ninguna de las variables estudiadas. Para más información consultar la Tabla VII. 105.

La variable puntuación de conflicto no presenta una correlación significativa con ninguna de las variables estudiadas. Para más información consultar la Tabla VII. 105.

La variable puntuación de conflicto no presenta correlación con las siguientes variables: con la variable contar ($r = .02$ y $p = .79$), con la variable numerar ($r = .02$ y $p = .84$), con la variable sistema numérico arábigo ($r = .02$ y $p = .83$), con la variable decisión numérica escrita ($r = .00$ y $p = .96$), con la variable comparación de números arábigos ($r = .11$ y $p = .29$), con la variable sistema numérico oral ($r = -.00$ y $p = .98$), con la variable decisión numérica oral ($r = .02$ y $p = .79$), con la variable operaciones lógicas ($r = .04$ y $p = .67$), con la variable series numéricas ($r = -.00$ y $p = .98$), con la variable clasificación numérica ($r = .03$ y $p = .72$), con la variable conservación numérica ($r = -.15$ y $p = .14$), con la variable inclusión numérica ($r = .06$ y $p = .52$), con la variable operaciones con apoyo de imágenes ($r = -.15$ y $p = .13$), con la variable operaciones con enunciado aritmético ($r = .08$ y $p = .43$), con la variable sumas simples ($r = .11$ y $p = .28$) y con la variable operaciones con enunciado verbal ($r = .09$ y $p = .37$). Para más información consultar la Tabla VII. 105.

Tabla VII.105.

Análisis de correlación entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio (puntuación de conflicto) y las HMB.

		Puntuación de conflicto
Contar (Prueba 1)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.02
	Significatividad (bilateral)	.79
	N	90
Numerar (Prueba 2)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.02
	Significatividad (bilateral)	.84
	N	90
Sistema numérico arábigo (Prueba 3.A.)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.02
	Significatividad (bilateral)	.83
	N	90
Decisión numérica escrita (Prueba 3.A.1)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.00
	Significatividad (bilateral)	.96
	N	90

Comparación de números arábigos (Prueba 3.A.2)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.11
	Significatividad (bilateral)	.29
	N	90
Sistema numérico oral (Prueba 3.B.)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.00
	Significatividad (bilateral)	.98
	N	90
Decisión numérica oral (Prueba 3.B.1)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.02
	Significatividad (bilateral)	.79
	N	90
Operaciones lógicas (Prueba 4)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.04
	Significatividad (bilateral)	.67
	N	90
Series numéricas (Prueba 4.A)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.00
	Significatividad (bilateral)	.98
	N	90

Clasificación numérica (Prueba 4.B)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.03
	Significatividad (bilateral)	.72
	N	90
Conservación numérica (Prueba 4.C)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.15
	Significatividad (bilateral)	.14
	N	90
Inclusión numérica (Prueba 4.D)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.06
	Significatividad (bilateral)	.52
	N	90
Operaciones con apoyo de imágenes (Prueba 5.A.)	Coeficiente de correlacion de Pearson	-.15
	Significatividad (bilateral)	.13
	N	90
Operaciones con enunciado aritmético (Prueba 5.B.)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.08
	Significatividad (bilateral)	.43
	N	90

Sumas simples (Prueba 5.B.1)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.11
	Significatividad (bilateral)	.28
	N	90
Operaciones con enunciado verbal (Prueba 5.C.)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.09
	Significatividad (bilateral)	.37
	N	90
Estimación del tamaño (Prueba 6)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.c
	Significatividad (bilateral)	
	N	90
Comparación de modelos de puntos dispersos (Prueba 6.A)	Coeficiente de correlacion de Pearson	.c
	Significatividad (bilateral)	
	N	90

Nota.

** . La correlación es significativa en el nivel .01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel .05 (bilateral).

c. No se puede calcular porque como mínimo una de las variables es constante.

Capítulo VIII:

Discusión general y conclusiones

En el presente capítulo se presentan la discusión general y las conclusiones de la investigación cuyos objetivos generales eran, en primer lugar, usar un programa de interacción virtual persona-ordenador para desarrollar las FE, memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva y control inhibitorio, con la finalidad de observar sus efectos sobre las HMB en alumnos y en alumnas del tercer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil y, en segundo lugar, comprobar en qué medida los efectos de un programa de intervención educativa en FE son debidos a la estructura y a los contenidos de las tareas o al tipo de recursos utilizados para presentarlas y para resolverlas que son los recursos digitales (grupo tecnológico) y los recursos no digitales (grupo papel y lápiz).

La discusión general y las conclusiones se han organizado en los siguientes bloques:

El primer bloque, discusión general y conclusiones de los resultados de la implementación del programa de intervención educativa con recursos tecnológicos y del programa de intervención educativa sin recursos tecnológicos del alumnado de Educación Infantil, se estructura en dos apartados. En el primer apartado se analizan los resultados obtenidos en las FE (memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva y control inhibitorio) y en las HMB (contar, numerar, sistema numérico arábigo, decisión numérica escrita, comparación de números arábigos, sistema numérico oral, decisión numérica oral, operaciones lógicas, series numéricas, clasificación numérica, conservación numérica, inclusión numérica, operaciones con apoyo de imágenes, operaciones con enunciado aritmético, sumas simples, operaciones con enunciado verbal, estimación del tamaño y comparación de modelos de puntos dispersos) y en el segundo apartado se analizan los resultados teniendo en cuenta los recursos empleados en el programa de intervención educativa.

El segundo bloque, discusión general y conclusiones de los resultados del análisis de correlación entre las FE y las HMB del alumnado de Educación Infantil, se estructura en dos apartados. En el primer apartado se analizan los resultados del análisis de correlación entre la memoria de trabajo y las HMB y en el segundo apartado se analizan los resultados del análisis de correlación entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio y las HMB.

Se comenzará con el primer bloque, discusión general y conclusiones de los resultados de la implementación del programa de intervención educativa con recursos tecnológicos y del programa de intervención educativa sin recursos tecnológicos del alumnado de Educación Infantil, en el que se analizan los resultados obtenidos en las FE y en las HMB.

En relación con la memoria de trabajo el programa de intervención educativa, tanto en su versión con recursos tecnológicos como en su versión sin recursos tecnológicos, produjo efectos estadísticamente significativos.

La mejora de la memoria de trabajo en los grupos que recibieron intervención educativa, grupo tecnológico y grupo papel y lápiz, está en la línea de investigaciones como la de Bull y Scerif (2001), la de Espy et al. (2004), la de Swanson y Jerman (2006), la de Geary et al. (2007), la de Bull et al. (2008), la de Brock et al. (2009), la de Toll et al. (2011), la de Li y Geary (2013), la de Thorell et al. (2013), la de Peng y Fuchs (2014), la de Mammarella et al. (2015), la de Wiklund-Hörnqvist et al. (2016) o la de Rosas et al. (2017). Significar que la obtención de mejoras a través de programas de intervención educativa es muy interesante porque la memoria de trabajo es una variable predictora del rendimiento académico en matemáticas en años posteriores (Alloway y Alloway, 2010; Alloway et al., 2014), por lo que la implementación de este tipo de programas de intervención educativa puede favorecer un mejor acceso del alumnado de Educación Infantil a Educación Primaria en relación con las matemáticas.

No obstante, el grupo control, que no recibió intervención educativa, también ha mejorado, minimamente, con respecto a la evaluación pre-test. Esta pequeña mejora se puede atribuir al propio proceso de desarrollo de las FE, ya que los participantes de la muestra se encuentran en pleno proceso de desarrollo de las FE, en general, y de la memoria de trabajo en particular (Asato et al., 2006; Benes, 2001; Clair-Thompson y Gathercole, 2006; Denckla, 2007; Diamond y Lee, 2011; Goldberg, 2002; Kail, 2007; Lehto et al., 2003; Van Leijenhorst et al., 2008; Welsh et al., 1991; Zelazo, 2004) y, también, se puede deber al propio proceso de instrucción que los niños y que las niñas reciben en la etapa de Educación Infantil en la que se realizan diversas actividades que pueden trabajar de forma indirecta, aunque no explícita, la memoria de trabajo.

En relación con la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio el programa de intervención educativa, tanto en su versión con recursos tecnológicos como en su versión sin recursos tecnológicos, produjo efectos positivos, pero la mayoría de los efectos no fueron estadísticamente significativos.

La mejora de la flexibilidad cognitiva y del control inhibitorio en los grupos que recibieron intervención educativa, grupo tecnológico y grupo papel y lápiz, fue superior a la del grupo control en la variable precisión global porcentual, en la variable tiempos de reacción globales y en la variable puntuación de conflicto. No obstante, solo se encontraron resultados estadísticamente significativos en los tiempos de reacción globales entre el grupo tecnológico y el grupo control a favor del grupo tecnológico. La mejora en los tiempos de reacción globales se puede deber a que la utilización de recursos tecnológicos favorece que los alumnos y que las alumnas mejoren su concentración en la tarea y, por tanto, obtengan un mejor tiempo de respuesta. La falta de resultados estadísticamente significativos se puede atribuir a que la memoria de trabajo con el paso de los años tiende a diferenciarse en dos factores que son el control inhibitorio y la flexibilidad cognitiva (Bull y Lee, 2014). Por este motivo es complejo encontrar datos en Educación Infantil que evidencien la mejora de la flexibilidad cognitiva. No obstante, no sucede lo mismo con el control inhibitorio porque esta aparece muy pronto en los niños (Carlson y Moses, 2001). Por lo que los malos resultados obtenidos en el control inhibitorio pueden ser producidos por la propia naturaleza de la prueba de evaluación que se ha utilizado o por el programa de intervención educativa.

En relación con el grupo control, que no recibió intervención educativa, también se ha producido una mejora con respecto a la evaluación pre-test, salvo en la variable puntuación de conflicto. Esta situación se puede deber al desarrollo de las FE, ya que los participantes se encuentran en pleno proceso de desarrollo de las mismas (Asato et al., 2006; Benes, 2001; Clair-Thompson y Gathercole, 2006; Denckla, 2007; Diamond y Lee, 2011; Goldberg, 2002; Kail, 2007; Lehto et al., 2003; Van Leijenhorst et al., 2008; Welsh et al., 1991; Zelazo, 2004) y, también, a que en la etapa de Educación Infantil se trabaja con el alumnado el autocontrol y con ello el control inhibitorio.

Presentada la discusión general y las conclusiones de las FE se analizan los resultados de la implementación del programa de intervención educativa relativos a las HMB.

En relación con los resultados obtenidos en las variables contar y numerar el programa de intervención educativa ha mejorado ambas variables en el grupo tecnológico y en el grupo papel y lápiz mostrando los datos diferencias estadísticamente significativas a favor de los grupos que han recibido intervención educativa. La mejora de las HMB de contar y de numerar se puede deber a tres motivos. El primer motivo es que ambas HMB están relacionadas con las FE (Thorell et al., 2013; Toll et al., 2011; Wiklund-Hörnqvist et al., 2016), por lo que al mejorar las FE indirectamente se produce una mejora de las HMB de contar y de numerar. El segundo motivo es que el alumnado en la ejecución de las diferentes tareas del programa de intervención educativa ha tenido que poner en juego estas HMB para resolver satisfactoriamente las actividades que se les han planteado, lo que ha contribuido al desarrollo de las mismas. El tercer motivo se puede deber al propio efecto de la realización de actividades con números y con operaciones matemáticas que refuerza el trabajo escolar ordinario.

En relación con los resultados obtenidos en la HMB de comprensión del sistema numérico el programa de intervención educativa ha mejorado dicha HMB en los grupos que han recibido intervención educativa, mostrando algunos datos diferencias estadísticamente significativas a favor de los mismos. En concreto en la variable comparación de números arábigos ha habido diferencias estadísticamente significativas entre el grupo papel y lápiz y el grupo control; en la variable sistema numérico oral entre el grupo tecnológico y el grupo control y en la variable decisión numérica oral entre el grupo tecnológico y el grupo control y entre el grupo papel y lápiz y el grupo control. Estos resultados están en la línea de investigaciones como las de Toll et al. (2011), las de Thorell et al. (2013) y las de Wiklund-Hörnqvist et al. (2016) y se pueden deber a que las HMB están relacionadas con las FE, por lo que al trabajar las FE se mejoran las HMB. No obstante, en la variable sistema numérico arábigo y en la variable decisión numérica escrita no ha habido resultados estadísticamente significativos.

En relación con los resultados obtenidos en la HMB de operaciones lógicas el programa de intervención educativa ha mejorado dicha HMB en los grupos que han recibido intervención educativa en FE en contexto matemático, mostrando algunos datos diferencias estadísticamente significativas a favor de los grupos que han recibido intervención educativa. En concreto en la variable series numéricas, en la variable conservación numérica y en la variable inclusión numérica ha habido diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo control y entre grupo papel y lápiz y el grupo control y en la variable clasificación numérica entre el grupo papel y lápiz y el grupo control. Los resultados se pueden deber a que en el programa de intervención educativa se han puesto en juego la memoria de trabajo, el control inhibitorio y la flexibilidad cognitiva que permiten realizar mejor esta HMB (Thorell et al., 2013; Toll et al., 2011; Wiklund-Hörnqvist et al., 2016). No obstante, en la variable operaciones lógicas los datos no muestran diferencias estadísticamente significativas.

En relación con los resultados obtenidos en la HMB de operaciones el programa de intervención educativa no ha mejorado dicha HMB ni en el grupo tecnológico ni en el grupo papel y lápiz, por lo que no hay datos que presenten diferencias estadísticamente significativas a favor de los grupos que han sido intervenidos. Los datos obtenidos se pueden deber a que la mayoría de las tareas que se han empleado para evaluar esta HMB no ponen en juego la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio. Estas FE no entran en juego en la resolución óptima de las tareas porque la mayoría de ellas cuentan con apoyo visual, por lo que no requieren la memoria de trabajo, no presentan un cambio de pauta, por lo que no requieren la flexibilidad cognitiva, y no necesitan la inhibición de ningún tipo de estímulo conductual, por lo que no requieren el control inhibitorio.

En relación con los resultados obtenidos en la HMB de estimación del tamaño el programa de intervención educativa no ha podido demostrar su eficacia porque tanto en el pre-test como en el pos-test los participantes han obtenido la máxima puntuación en la prueba de evaluación.

Presentada la primera parte del primer bloque se continuará con la segunda parte en la que se analizan los resultados de los recursos empleados en la intervención educativa.

En la memoria de trabajo en la variable investigada (amplitud de memoria) no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo tecnológico y el grupo papel y lápiz. Por lo tanto, los recursos tecnológicos no suponen un valor añadido al programa de intervención educativa.

En flexibilidad cognitiva y en control inhibitorio en las variables investigadas (precisión global porcentual, tiempos globales de reacción y puntuación de conflicto) sólo se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en los tiempos de reacción globales entre el grupo tecnológico y el grupo control a favor del grupo tecnológico. Por lo tanto, los recursos tecnológicos sí ofrecen un valor añadido al programa de intervención educativa, ya que mejoran los tiempos de respuesta de los alumnos y de las alumnas lo que ayuda a que no tengan que mantener operativa la información durante mucho tiempo y, de este modo, poder resolver más fácilmente las tareas planteadas.

En las HMB en las variables investigadas (contar, numerar, sistema numérico arábigo, decisión numérica escrita, comparación de números arábigos, sistema numérico oral, decisión numérica oral, operaciones lógicas, series numéricas, clasificación numérica, conservación numérica, inclusión numérica, operaciones con apoyo de imágenes, operaciones con enunciado aritmético, sumas simples, operaciones con enunciado verbal, estimación del tamaño y comparación de modelos de puntos dispersos) el programa de intervención educativa presenta una similitud de resultados en la variable contar, en la variable numerar, en la variable decisión numérica oral, en la variable series numéricas, en la variable conservación numérica y en la variable inclusión numérica; un predominio de los recursos tecnológicos en la variable sistema numérico oral y, finalmente, un predominio de los recursos tradicionales en la variable comparación de números arábigos y en la variable clasificación numérica. Por lo tanto, los recursos tecnológicos no suponen un valor añadido al programa de intervención educativa, salvo, en la variable sistema numérico oral.

La falta de resultados positivos de los recursos tecnológicos frente a los recursos tradicionales se puede deber, entre otros, a los motivos que se van a explicar seguidamente.

El primer motivo puede ser el tipo de recurso tecnológico que se ha empleado para la intervención educativa. Para la realización del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil” se optó por la utilización del Kinect, que es un dispositivo que capta los gestos del cuerpo, porque posibilitaba que los alumnos interaccionen con su propio cuerpo con la aplicación, lo que permite que los infantes desarrollen las FE a través de la actividad física (Aadland et al., 2017; Khan y Hillman, 2014; Lakes y Hoyt, 2004; Manjunath y Telles, 2001; Tomporowski et al., 2015). No obstante, puede ser que esta tecnología sea excesivamente compleja para el alumnado de la etapa de Educación Infantil, porque están en una etapa de desarrollo de la motricidad gruesa y de la motricidad fina, por lo que el Centro Singular de Investigación en TecnoloXías da Información (CITIUS) lo modificó para hacer el rango de respuesta más amplio y, por tanto, menos preciso. No obstante, esta modificación parece que no es suficiente ya que las ganancias que aporta la tecnología se pueden ver ensombrecidas por las demandas cognitivas que los niños y que las niñas tienen que poner en juego para poder utilizar el Kinect.

El segundo motivo es que los alumnos que han formado parte del grupo tecnológico, del grupo que ha trabajado con recursos tecnológicos, necesitaban más tiempo para realizar las mismas tareas que sus compañeros del grupo papel y lápiz, del grupo que ha trabajado sin recursos tecnológicos. Este incremento del tiempo puede ocasionar una fatiga en el alumnado, ya que en la etapa de Educación Infantil los niños y las niñas tienen una capacidad de atención limitada.

El tercer motivo es que no todos los alumnos y las alumnas de la muestra del grupo tecnológico habían trabajado previamente con recursos tecnológicos, a pesar de que es un centro interesado en las TIC. Esta situación puede ocasionar un obstáculo para la implementación del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil” porque no se dispuso del tiempo suficiente como para que los niños se adaptarán al uso de recursos tecnológicos, especialmente, del Kinect.

Al respecto es interesante tener en cuenta los antecedentes de los programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil basados en la utilización de recursos tecnológicos.

Entre los programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil basados en la utilización de recursos tecnológicos destaca, entre todos, *Cogmed Working Memory Training*. Este programa de intervención educativa tiene como objetivo mejorar la memoria de trabajo. Para ello el programa de intervención educativa consta de 25 sesiones, con una duración aproximada de entre treinta y cuarenta minutos por sesión, que se llevarán a cabo a lo largo de cinco semanas realizando cinco sesiones semanales. Los resultados de *Cogmed Working Memory Training* evidencian que la memoria de trabajo mejora mediante el entrenamiento en FE a través de la implementación del citado programa de intervención educativa. Estos resultados indican que la implementación de este programa de intervención educativa permite que el alumnado logre un aumento significativo del rendimiento académico desde la etapa de Educación Infantil en la citada FE (Holmes y Gathercole, 2014). La principal diferencia entre ambos programas de intervención educativa radica en el tipo de tecnología utilizada, por lo que sería interesante implementar el “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil” con la utilización de otro tipo de tecnología para comprobar si, realmente, es el Kinect el motivo por el que no se han encontrado ganancias en la memoria de trabajo que sí se han encontrado en otros programas de intervención educativa con recursos tecnológicos.

No obstante, hay que destacar que los programas de intervención educativa en FE en la etapa de Educación Infantil basados en la utilización de recursos tecnológicos mejoran la memoria de trabajo (Holmes y Gathercole, 2014), pero estos resultados no se han encontrado en el control inhibitorio (Rueda et al., 2005; Thorell et al., 2009). Sin embargo, si se ha mejorado el control inhibitorio en los programas de intervención educativa sin recursos tecnológicos, lo que se puede deber a que los programas de intervención educativa con recursos tecnológicos no son la opción más adecuada para trabajar esta FE a tan temprana edad o a que aún no se han realizado programas de intervención educativa tecnológicos que permitan esta mejora (Diamond y Lee, 2011).

A pesar de la falta de resultados estadísticamente significativos a favor de los recursos tecnológicos tras la implementación del “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil” es interesante destacar que la versión con recursos tecnológicos presenta, principalmente, cuatro ventajas con respecto a la misma versión sin recursos tecnológicos.

La primera ventaja es que gracias a la utilización de recursos tecnológicos se ha desarrollado un programa de intervención educativa en FE, memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva y control inhibitorio, en contexto matemático que permite la realización de tareas con diferentes tipos de agrupamientos (individual, en parejas o en grupos de cinco) lo que facilita que los costes en recursos humanos y en recursos materiales sean menores y que la implementación en los centros educativos sea más sencilla (Guzmán, 2007). Lo que es muy interesante porque las FE, especialmente la memoria de trabajo y el control inhibitorio, son variables predictoras del rendimiento académico en general y del rendimiento académico en matemáticas (Alloway y Alloway, 2010; Alloway et al., 2014; Bull y Lee, 2014; Clark et al., 2013; Toll et al., 2011), por lo que se podrían detectar posibles dificultades para subsanarlas cuánto antes.

La segunda ventaja es que permite el desarrollo de diferentes capacidades que se han explicado en el capítulo VI que el mismo programa de intervención educativa con recursos tradicionales no ofrece a los alumnos y a las alumnas de Educación Infantil como, por ejemplo, la iniciación en el manejo de recursos tecnológicos y el desarrollo de destrezas digitales (Ríos y Cebrián, 2000).

La tercera ventaja es que el “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil” facilita la motivación que es fundamental para realizar aprendizajes significativos (Alfalla et al., 2001; Raposo, 2005).

La cuarta ventaja es que se realizará como una oportunidad educativa y no solamente como un medio de ocio (Amante, 2007). por lo que se inicia a los alumnos y a las alumnas de Educación Infantil en la utilización de los recursos tecnológicos como un instrumento de aprendizaje que es uno de los objetivos curriculares que se persigue en la citada etapa educativa.

Para continuar con el capítulo se presenta el segundo bloque, discusión general y conclusiones de los resultados del análisis de correlación entre las FE y las HMB del alumnado de Educación Infantil.

Se empezará analizando la relación entre la memoria de trabajo y las HMB. La memoria de trabajo se ha evaluado a través de la Tarea Corsi que ofrece resultados de tres variables que son la variable puntuación total de la prueba, la variable puntuación total de respuestas correctas y la variable amplitud de memoria y las HMB se han evaluado a través del Test para el Diagnóstico de las Competencias Básicas en Matemáticas (TEDI-MATH) que ofrece resultados de dieciocho variables que son la variable contar, la variable numerar, la variable sistema numérico arábigo, la variable decisión numérica escrita, la variable comparación de números arábigos, la variable sistema numérico oral, la variable decisión numérica oral, la variable operaciones lógicas, la variable series numéricas, la variable clasificación numérica, la variable conservación numérica, la variable inclusión numérica, la variable operaciones con apoyo de imágenes, la variable operaciones con enunciado aritmético, la variable sumas simples, la variable operaciones con enunciado verbal, la variable estimación del tamaño y la variable comparación de modelos de puntos dispersos.

La variable amplitud de memoria presenta una correlación altamente significativa con la variable contar, con la variable sistema numérico arábigo, con la variable comparación de números arábigos, con la variable sistema numérico oral, con la variable decisión numérica oral, con la variable operaciones lógicas, con la variable operaciones con apoyo de imágenes, con la variable operaciones con enunciado aritmético, con la variable sumas simples y, finalmente, con la variable operaciones con enunciado verbal.

La variable amplitud de memoria presenta una correlación significativa con la variable series numéricas, con la variable clasificación numérica y, finalmente, con la variable inclusión numérica.

La variable amplitud de memoria no presenta correlación con la variable numerar, con la variable decisión numérica escrita y, finalmente, con la variable conservación numérica.

La existencia de una correlación positiva significativa entre la memoria de trabajo (amplitud de memoria) y las HMB (contar, sistema numérico arábigo, comparación de números arábigos, sistema numérico oral, decisión numérica oral, operaciones lógicas, series numéricas, clasificación numérica, inclusión numérica, operaciones con apoyo de imágenes, operaciones con enunciado aritmético, sumas simples, operaciones con enunciado verbal, estimación del tamaño y comparación de modelos de puntos dispersos) implica que la memoria de trabajo y estas HMB están directamente relacionadas. Esta relación se debe a que los alumnos y las alumnas de Educación Infantil para realizar estas tareas matemáticas tienen que poner en juego habilidades de mantenimiento activo de la información mientras están realizando una actividad matemática para poder resolver satisfactoriamente las tareas matemáticas (Miyake y Shah, 1999). Estos resultados están en la línea de investigaciones como la de Bull y Scerif (2001), la de Espy et al. (2004), la de Swanson y Jerman (2006), la de Geary et al. (2007), la de Bull et al. (2008), la de Brock et al. (2009), la de Toll et al. (2011), la de Li y Geary (2013), la de Thorell et al. (2013), la de Peng y Fuchs (2014), la de Mammarella et al. (2015), la de Wiklund-Hörnqvist et al. (2016) o la de Rosas et al. (2017) cuyos resultados muestran que la memoria de trabajo está relacionada con las HMB emergentes en la etapa de Educación Infantil y que la memoria de trabajo y el control inhibitorio predijeron la competencia aritmética temprana.

En relación con la ausencia de correlación los resultados de la presente investigación muestran la inexistencia de correlación entre la memoria de trabajo (amplitud de memoria) y las HMB (numerar, decisión numérica escrita y conservación numérica) lo que implica que la memoria de trabajo y estas HMB no están directamente relacionadas. La ausencia de correlación se puede deber a la naturaleza de la tarea que se ha empleado para evaluar las HMB de numerar, de decisión numérica escrita y de conservación numérica. La evaluación de las citadas HMB se ha realizado con el Test para el Diagnóstico de las Competencias Básicas en Matemáticas (TEDI-MATH) a través de diferentes pruebas en las que los participantes no tienen que poner en juego la memoria de trabajo porque las tareas para evaluar estas variables cuentan con materiales de apoyo visual, por lo que no tienen que mantener activa la información para la resolución óptima de las mismas.

Seguidamente se analiza la relación entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio y las HMB.

La flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio se han evaluado a través de la Tarea Flanker que ofrece resultados de tres variables que son la variable precisión global porcentual, la variable tiempos globales de reacción y la variable puntuación de conflicto y las HMB se han evaluado a través del Test para el Diagnóstico de las Competencias Básicas en Matemáticas (TEDI-MATH) que ofrece resultados de dieciocho variables que son la variable contar, la variable numerar, la variable sistema numérico arábigo, la variable decisión numérica escrita, la variable comparación de números arábigos, la variable sistema numérico oral, la variable decisión numérica oral, la variable operaciones lógicas, la variable series numéricas, la variable clasificación numérica, la variable conservación numérica, la variable inclusión numérica, la variable operaciones con apoyo de imágenes, la variable operaciones con enunciado aritmético, la variable sumas simples, la variable operaciones con enunciado verbal, la variable estimación del tamaño y la variable comparación de modelos de puntos dispersos.

Se empezará analizando la relación entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio y las HMB a través de la variable precisión global porcentual.

La variable precisión global porcentual presenta una correlación altamente significativa con la variable sistema numérico arábigo, con la variable comparación de números arábigos, con la variable operaciones con apoyo de imágenes, con la variable operaciones con enunciado aritmético y con la variable sumas simples.

La variable precisión global porcentual presenta una correlación significativa con la variable contar y con la variable inclusión numérica.

La variable precisión global porcentual no presenta correlación con la variable numerar, con la variable decisión numérica escrita, con la variable sistema numérico oral, con la variable decisión numérica oral, con la variable operaciones lógicas, con la variable series numéricas, con la variable clasificación numérica, con la variable conservación numérica y con la variable operaciones con enunciado verbal.

La existencia de una correlación positiva significativa entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio (precisión global porcentual) y las HMB (contar, sistema numérico arábigo, comparación de números arábigos, inclusión numérica, operaciones con apoyo de imágenes, operaciones con enunciado aritmético y sumas simples) implica que las citadas FE y estas HMB están directamente relacionadas. Esta relación se debe a que los alumnos y las alumnas de Educación Infantil para realizar estas tareas matemáticas tienen que poner en juego habilidades de flexibilidad cognitiva y de control inhibitorio mientras están realizando una actividad matemática para poder resolver satisfactoriamente las tareas matemáticas (Miyake y Shah, 1999). Estos resultados están en la línea de investigaciones como la de Bull y Scerif (2001), la de Espy et al. (2004), la de Swanson y Jerman (2006), la de Geary et al. (2007), la de Bull et al. (2008), la de Brock et al. (2009), la de Toll et al. (2011), la de Li y Geary (2013), la de Thorell et al. (2013), la de Peng y Fuchs (2014), la de Mammarella et al. (2015), la de Wiklund-Hörnqvist et al. (2016) o la de Rosas et al. (2017) cuyos resultados muestran que el control inhibitorio está relacionada con las HMB emergentes en la etapa de Educación Infantil y que la FE memoria de trabajo y el control inhibitorio predijeron la competencia aritmética temprana.

En relación con la ausencia de correlación los resultados de la presente investigación muestran la inexistencia de correlación entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio (precisión global porcentual) y las HMB (numerar, decisión numérica escrita, sistema numérico oral, decisión numérica oral, operaciones lógicas, series numéricas, clasificación numérica, conservación numérica y operaciones con enunciado verbal) lo que implica que las citadas FE y estas HMB no están directamente relacionadas. La ausencia de correlación se puede deber a la naturaleza de la tarea que se ha empleado para evaluar las HMB de numerar, de decisión numérica escrita, de sistema numérico oral, de decisión numérica oral, de operaciones lógicas, de series numéricas, de clasificación numérica, de conservación numérica y de operaciones con enunciado verbal. La evaluación de las citadas HMB se ha realizado con el Test para el Diagnóstico de las Competencias Básicas en Matemáticas (TEDI-MATH) a través de diferentes pruebas en las que los participantes no tienen que poner en juego la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio.

Se continuará analizando la relación entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio y las HMB a través de la variable tiempos de reacción globales.

La variable tiempos de reacción globales presenta una correlación negativa altamente significativa con la variable contar y con la variable series numéricas.

La variable tiempos de reacción globales presenta una correlación negativa significativa con la variable comparación de números arábigos y con la variable sumas simples.

La variable tiempos de reacción globales no presenta correlación con la variable numerar, con la variable sistema numérico arábigo, con la variable decisión numérica escrita, con la variable sistema numérico oral, con la variable decisión numérica oral, con la variable operaciones lógicas, con la variable clasificación numérica, con la variable conservación numérica, con la variable inclusión numérica, con la variable operaciones con apoyo de imágenes, con la variable operaciones con enunciado aritmético y con la variable operaciones con enunciado verbal.

Los resultados que muestran una correlación negativa altamente significativa o una correlación negativa significativa se pueden explicar teniendo presente que existe una correlación negativa entre el tiempo de reacción y las HMB citadas, lo que indica que los alumnos y que las alumnas con un mayor tiempo de reacción tienen un mejor rendimiento en las variables indicadas, lo que se puede deber a que estos niños se toman su tiempo para resolver las tareas que se les plantean, lo que implica que tienen un dominio del control inhibitorio.

La ausencia de correlación se puede deber a que en las variables indicadas las pruebas del Test para el Diagnóstico de las Competencias Básicas en Matemáticas (TEDI-MATH) no necesitan para su óptima resolución que los niños y que las niñas respondan rápidamente, sino que tienen que responder con precisión para la correcta resolución de las tareas, por lo que el tiempo de reacción no es una variable que entra en juego para la ejecución óptima de la tarea, que se supone que es el principal motivo por el que no existe una correlación de ningún tipo entre el tiempo de reacción de los niños y de las niñas y las variables que se acaban de citar.

Se finalizará analizando la relación entre la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio y las HMB a través de la variable puntuación de conflicto.

La variable puntuación de conflicto no presenta ni una correlación altamente significativa ni una correlación significativa con ninguna de las variables estudiadas.

La variable puntuación de conflicto no presenta correlación con la variable contar, con la variable numerar, con la variable sistema numérico arábigo, con la variable decisión numérica escrita, con la variable comparación de números arábigos, con la variable sistema numérico oral, con la variable decisión numérica oral, con la variable operaciones lógicas, con la variable series numéricas, con la variable clasificación numérica, con la variable conservación numérica, con la variable inclusión numérica, con la variable operaciones con apoyo de imágenes, con la variable operaciones con enunciado aritmético, con la variable sumas simples y con la variable operaciones con enunciado verbal.

La ausencia de correlación altamente significativa, de correlación significativa y de no correlación se puede explicar atendiendo a tres factores.

El primer factor es la propia naturaleza de las actividades para medir las HMB que son tareas que no necesariamente ponen en juego la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio.

El segundo factor es que la importancia de la flexibilidad cognitiva no es muy potente en la primera infancia, ya que la flexibilidad cognitiva se desarrolla entre los tres años y los cinco años de edad (Anderson, 2002; Epsy, 1997; Meiran, 1996; Zelazo y Frye, 1998), por lo que al estar en una fase de desarrollo es complejo obtener datos al respecto.

El tercer factor es que estos resultados se pueden relacionar con las investigaciones, entre otras, de Alloway y Alloway (2010), de Alloway et al. (2014) y de Bull y Lee (2014) que establecen que la flexibilidad cognitiva no correlaciona con las HMB y no es una variable predictora del rendimiento en matemáticas en la infancia.

Para finalizar con el capítulo se presentan las principales ventajas y las principales desventajas de la presente investigación.

En relación con las principales ventajas de la investigación destacar las siguientes.

La primera ventaja es que se ha utilizado un diseño factorial de medidas repetidas 3x2 con un factor inter-grupo (grupo control, grupo papel y lápiz y grupo tecnológico) y con un factor intra-grupo (pre-test y post-test). El diseño de la presente investigación es importante porque habitualmente se atribuye a los recursos tecnológicos la responsabilidad de las mejoras obtenidas en los programas de intervención educativa (Holmes y Gathercole, 2014; Thorell et. al., 2009). El hecho de que con frecuencia no se controle el efecto de los recursos tecnológicos puede llevar a pensar que son los recursos tecnológicos, y no tanto la estructura y el contenido de los programas de intervención educativa, lo que explica los cambios observados. Esta hubiera sido la conclusión de este trabajo de no incluir el grupo papel y lápiz.

La segunda ventaja es que este tipo de investigaciones son importantes porque los niños y las niñas de la etapa de Educación Infantil se beneficiarán en mayor medida que los niños y las niñas de etapas de escolarización obligatoria, Educación Primaria o Educación Secundaria Obligatoria, pues presentan unos beneficios significativamente mayores (Melby-Lervag y Hulme, 2013). Además, estos beneficios son aún más importantes, si cabe, ya que pueden favorecer la incorporación del alumnado de Educación Infantil a la escolarización obligatoria (Blair, 2002).

La tercera ventaja es que los programas de intervención con recursos tecnológicos, como el presente, permiten que su implementación en los centros educativos y en las aulas de Educación Infantil sea más factible al abaratar los costes en recursos humanos y en recursos materiales.

La cuarta ventaja es que el “Programa de intervención virtual para mejorar los procesos cognitivos en Educación Infantil” permite desarrollar en el aula un programa de intervención educativa en FE que no necesita de una gran formación por parte de los maestros y de las maestras de Educación Infantil.

En relación con las principales desventajas de la investigación destacar las siguientes.

La primera desventaja tiene que ver con el reducido tamaño de la muestra de la presente investigación. El problema radica en que el tamaño de la muestra puede dificultar la generalización de los resultados obtenidos tras la implementación del programa de intervención educativa. No obstante, los hallazgos son prometedores si se tiene en cuenta que la memoria de trabajo (Alloway y Alloway, 2010; Alloway et al., 2014) y el control inhibitorio (Bull y Lee, 2014) pueden actuar como variables predictoras del rendimiento académico en general, en lectura y en matemáticas (Rosas et al., 2017).

La segunda desventaja es que se trata de una investigación de carácter transversal. Para estudiar las FE, especialmente en la etapa de Educación Infantil, es necesario plantear investigaciones de carácter longitudinal que permitan estudiar la evolución y el desarrollo de las mismas. Esto es especialmente importante porque la memoria de trabajo con el paso de los años tiende a diferenciarse en dos factores que son la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio (Bull y Lee, 2014), por tanto, es necesario realizar investigaciones longitudinales que permitan estudiar esta relación. El principal problema de los estudios transversales es que es complejo encontrar datos en la etapa de Educación Infantil que evidencien la relación entre la flexibilidad cognitiva y las matemáticas, lo que se puede deber a que no existe una correlación entre ambas o al proceso de desarrollo. Este aspecto solo podrá resolverse a través de diseños longitudinales.

La tercera desventaja es el tipo de tecnología empleada. A priori se optó por este tipo de tecnología para favorecer la actividad física del alumnado, ya que diversas investigaciones como la de Khan y Hillman (2014), la de Tomporowski et al. (2015) o la de Aadland et al. (2017) han puesto de manifiesto la relación entre el desarrollo de las FE, memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva y control inhibitorio, y la realización de actividad física. Sin embargo, el tipo de tecnología seleccionada para lograr este objetivo puede ser excesivamente compleja para un grupo poblacional que se encuentra en una fase de desarrollo de la motricidad gruesa y de la motricidad fina.

BIBLIOGRAFÍA

- Aadland, K., Moe, V., Aadland, E., Anderssen, S., Resaland, G. y 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. DOI:10.1016/j.mhpa.2017.01.001
- Adell, J. (1997). Tendencias en educación en la sociedad de las tecnologías de la información. *Revista electrónica de Tecnología Educativa*, 7, 1-21.
- Akhutina, T. (1997). The remediation of executive functions in children with cognitive disorders: the Vygotski-Luria neuropsychological approach. *Journal of Intellectual Disability Research*, 41(2), 144-151.
- Akhutina, T. (2003). L.S. Vygotski and A.R. Luria: Foundations of Neuropsychology. *Journal of Russian & East European Psychology*, 41(3), 159-190.
- Alcántara, M. (2009). Importancia de las TIC para la Educación. *Revista digital Innovación y Experiencia Educativa*, 15, 1-20.
- Alfalla, R., Arena, F. y Medina, C. (2001). Aplicación de las TICS a la enseñanza en la Universidad y su empleo en la dirección de la producción/operaciones. *Revista de medios y educación*, 16, 1-9.
- Alfaro, A., Fernández, M. y Alvarado, R. (2014). El uso de las TIC en la formación permanente del profesorado para la mejora de su práctica docente. *Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento*, 14(1), 1695-1324.
- Alloway, T. (2006). Working memory and children with developmental coordination disorders. En T. Alloway y S. Gathercole (Eds.), *Working memory and neurodevelopmental conditions* (pp. 161-187). Psychology Press.
- Alloway, T. y Alloway, R. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*, 106(1), 20-29.

- Alloway, T., Alloway, R. y Wootan, S. (2014). Home sweet home: Does where you live matter to working memory and other cognitive skills? *Journal of Experimental Child Psychology*, 124, 124-131. DOI:10.1016/j.jecp.2013.11.012
- Alsina, A. y Escalada, C. (2008). Educación matemática en las primeras edades desde un enfoque sociocultural. *Aula de Infantil*, 44, 26-30.
- Altanis, G., Boloudakis, M., Retalis, S. y Nikou, N. (2013). Children with motor impairments play a kinect learning game: first findings from a pilot case in an authentic classroom environment. *Interaction Design and Architecture(s) Journal*, 19(91), 91-104.
- Amante, L. (2007). As TIC na Escola e no Jardim de Infância: Motivos e factores para a sua integração. *Revista de Ciências da Educação*, 3, 51-64.
- Anderson, P. (2002). Assessment and Development of Executive Function (EF) During Childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71-82. DOI:10.1076/chin.8.2.71.8724
- Anderson, P. y Doyle, L. (2004). Executive Functioning in School-Aged Children Who Were Born Very Preterm or With Extremely Low Birth Weight in the 1990s. *Pediatrics*, 114(1), 50-57. DOI:10.1007/s10802-009-9327-z
- Anderson, V. (2001). Assessing executive functions in children: biological, psychological, and developmental considerations. *Pediatric rehabilitation*, 4(3), 119-136.
- Anderson, V., Anderson, P., Northam, E., Jacobs, R. y Catroppa, C. (2001). Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. *Developmental neuropsychology*, 20(1), 385-406. DOI:10.1207/S15326942DN2001_5
- Anglin, G. (1991). *Instructional technology: Past, Present and Future*. Englewood: Libraries Unlimited.
- Antón, M. (2013). La formación de los profesionales de la etapa de educación infantil. *ReLadei*, 2(1), 19-26.

- Aragón, E., Guzmán, J., Villagrán, M. y Cerda, G. (2015). Predictores cognitivos del conocimiento numérico temprano en alumnado de 5 años. *Revista de psicodidáctica*, 20(1), 83-97.
- Ardila, A. y Ostrosky-Solís, F. (2008). Desarrollo histórico de las funciones ejecutivas. *Revista de Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 1-21.
- Ardila, A. y Ostrosky-Solís, F. (2012). *Guía para el diagnóstico neuropsicológico*. Florida. Estados Unidos: American Board of Professional Neuropsychology.
- Area, M. (2005). *La educación en el laberinto tecnológico: de la escritura a las máquinas digitales*. Barcelona: Octaedro.
- Area, M. (2008). Innovación pedagógica con TIC y el desarrollo de las competencias informacionales y digitales. *Revista Investigación en la escuela*, 64, 5-18.
- Area, M. (2009). *Introducción a la Tecnología Educativa*. La Laguna: Universidad La Laguna.
- Arievitch, I. y Van der Veer, R. (2004). The role of nonautomatic processes in activity regulation: from Lipps to Galperin. *History of Psychology*, 7(2), 154-182. DOI:10.1037/1093-4510.7.2.154
- Asato, M., Sweeney, J. y Luna, B. (2006). Cognitive processes in the development of TOL performance. *Neuropsychologia*, 44, 2259-2269. DOI:10.1016/j.neuropsychologia.2006.05.010
- Aunio, P. y Niemivirta, M. (2010). Predicting children's mathematical performance in grade one by early numeracy skills. *Learning and Individual Differences*, 20, 427-435. DOI:10.1016/j.lindif.2010.06.003
- Ausubel, D. (1961). In defence of verbal learning. *Educational Theory*, 11, 15-25. DOI:10.1111/j.1741-5446.1961.tb00038.x
- Ausubel, D. (1963). Some psychological and educational limitations of learning by discovery. *New York State Mathematics Teachers Journal*, XIII, 90-108.

- Ausubel, D. (1968). *Educational Psychology. A Cognitive View*. New York: Holt.
- Ausubel, D.; Novak, J. y Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology. A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1989). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trilla.
- Ausubel, D. y Robinson, F. (1969). *School Learning: An Introduction to Educational Psychology*. London: Holt, Rinehart and Winston.
- Aznar, V. y Soto, J. (2010). Análisis de las aportaciones de los blogs educativos al logro de la competencia digital. *Revista de Investigación en Educación*, 7, 83-90.
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49, 5–28. DOI:10.1080/713755608
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423. DOI:10.1080/713755608
- Baddeley, A. y Hitch, G. (1974). Working memory. En G. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation* (pp. 48-79). New York: Academic Press.
- Baldwin, J. y Baldwin, J. (2001). *Behavior principles in everyday life*. New Jersey: Prentice Hall.
- Banich, M. (2004). *Cognitive Neurosciences and Neuropsychology*. Boston: Houghton Mifflin.
- Barbas, H. (2006). Organization of the principal pathways of frontal lateral, medial, and orbitofrontal cortices primates and implications for their collaborative interaction in executive functions. En J. Risberg y J. Grafman (Eds.), *The frontal lobes. Development, function and pathology* (pp. 21-68). Cambridge: Cambridge University Press.

- Barkley, R. (1996). Linkages between Attention and Executive Functions. En G. Reid-Lyon y N. Krasnegor (Eds.), *Attention, Memory, and Executive Function* (pp. 307-325). Baltimore: Paul H. Brookes Publishing Company.
- Barkley, R. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, *121*(1), 65–94. DOI:10.1037/0033-2909.121.1.65
- Barkley, R. (1998). A theory of ADHD: Inhibition, executive functions, self-control, and time. En G. Lyon y N. Krasnegor (Eds.), *Attention-deficit hyperactivity disorder: a handbook for diagnosis and treatment* (pp. 225-260). New York: Guilford Press.
- Barkley, R. (2001). The executive functions and self-regulation: An evolutionary neuropsychological perspective. *Neuropsychology Review*, *11*(1), 1-29. DOI:10.1023/A:1009085417776
- Baron-Cohen, S., Leslie, A. y Frith, U. (1985). Does the autistic child have a ‘theory of mind’? *Cognition*, *21*, 37-46.
- Barsalou, L. (1992). *Cognitive Psychology: An Overview for Cognitive Scientists*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bauman, Z. (2003). *La globalización: consecuencias humanas*. Buenos aires: Fondo de Cultura Económica.
- Baumeister, R. y Vohs, K. (2004). *Handbook of self-regulation: research, theory and applications*. New York: The Guilford Press.
- Bechara, A., Damasio, A., Damasio, H. y Anderson, S. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, *50*(1–3), 7–15. DOI:10.1016/0010-0277(94)90018-3
- Bechara, A., Damasio, H. y Damasio, A. (2000). Emotion, Decision Making and the Orbitofrontal Cortex. *Cerebral Cortex*, *10*(3), 295–307.
- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D. y Damasio, A. (2005). The Iowa Gambling Task and the somatic marker hypothesis: some questions and answers. *Trends Cognition Science*, *9*, 159-162. DOI:10.1016/j.tics.2005.02.002

- Beltrán, J. y Bueno, J. (1995). *Psicología de la educación*. Barcelona: Marcombo, S.A.
- Benes, F. (2001). The development of frontal cortex: The maturation of neurotransmitter systems and their interactions. En C. Nelson y M. Luciana (Eds.), *Handbook of developmental cognitive neuroscience* (pp. 79-92). Cambridge, MA: MIT Press.
- Benjamin, L., Hopkins, J. y Nation, J. (1987). *Psychology*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Bergman-Nutley, S., Soderqvist, S., Bryde, S., Thorell, L., Humphreys, K. y Klingberg, T. (2011). Gains in fluid intelligence after training non-verbal reasoning in 4-year-old children: a controlled, randomized study. *Developmental Science, 14*, 591–601.
- Berk, L. (1992). Children's private speech: An overview of theory and the status of research. *Private speech: From social interaction to self-regulation*, 17-53.
- Bernier, A., Carlson, S. y Whipple, N. (2010). From External Regulation to Self-Regulation: Early Parenting Precursors of Young Children's Executive Functioning. *Child Development, 81*, 326-339. DOI:10.1111/j.1467-8624.2009.01397.x
- Best, J. (2001). *Psicología cognitiva*. Madrid, España: Paraninfo Thomson Learning.
- Best, J. y Miller, P. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Development, 81*, 1641-60.
- Best, J., Miller, P. y Jones, L. (2009). Executive Functions after Age 5: Changes and Correlates. *Developmental Review, 29*, 180-200. DOI:10.1016/j.dr.2009.05.002
- Best, J., Miller, P. y Naglieri, J. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and Individual Differences, 21*, 327-336. DOI:10.1016/j.lindif.2011.01.007

- Best, J., Miller, P. y Naglieri, J. (2011). Relations between Executive Function and Academic Achievement from Ages 5 to 17 in a Large, Representative National Sample. *Learning and individual differences*, 21(4), 327-336. DOI:10.1016/j.lindif.2011.01.007
- Biddiss, E. e Irwin, J. (2010). Active video games to promote physical activity in children and youth: a systematic review. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 164(7), 664-672.
- Biederman, J., Monuteaux, M., Doyle, A., Seidman, L., Wilens, T. y Ferrero, F. (2004). Impact of Executive Function Deficits and Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD) on Academic Outcomes in Children. *Journal of Consulting & Clinical Psychology*, 72(5), 757-766. DOI:10.1037/0022-006X.72.5.757
- Biggs, E. (1972). Investigational methods. En L. Chapman (Ed.), *The Process of Learning Mathematics* (pp. 216-240). Oxford: Pergamon Press.
- Blair, C. (2002). School Readiness: Integrating Cognition and Emotion in a Neurobiological Conceptualization of Children's Functioning at School Entry. *American Psychologist*, 57(2), 111-127.
- Blair, C. y Peters, R. (2003). Physiological and Neurocognitive Correlates of Adaptive Behavior in Preschool Among Children in Head Start. *Developmental Neuropsychology*, 24(1), 479-497.
- Blair, C. y Peters, R. (2007). Relating Effortful Control, Executive Function, and False Belief Understanding to Emerging Math and Literacy Ability in Kindergarten. *Child Development*, 78(2), 647-663.
- Blaye, A. y Chevalier, N. (2011). The role of goal representation in preschoolers' flexibility and inhibition. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108(3), 469-483. DOI:10.1016/j.jecp.2010.09.006
- Blázquez, F. (2001). Profesores y alumnos en la sociedad de la información. Una consideración de sus respectivos papeles. En F. Blázquez (Ed.), *La sociedad de la información y educación* (pp. 213-217). Mérida: Junta de Extremadura.

- Bodrova, E. y Leong, D. (2007). *Tools of the Mind: The Vygotskian Approach to Early Childhood Education*. New York: Pearson.
- Boehm, A. (1990). *Test Boehm de conceptos básicos*. Madrid: TEA.
- Boller, F. y Grafman, J. (1989). *Handbook of neuropsychology*. Amsterdam: Elsevier.
- Bölte, S., Golan, O., Goodwin, M. y Zwaigenbaum, L. (2010). What can innovative technologies do for Autism Spectrum Disorders? *Autism, 14*(3), 155-159. DOI:10.1177/1362361310365028
- Boone, K., Ponton, M., Gorsuch, R., González, J. y Miller, B. (1998). Factor analysis of four measures of prefrontal lobe functioning. *Archives of Clinical Neuropsychology, 13*(7), 585-595.
- Borkowski, J. y Burke, J. (1996). Theories, models, and measurements of executive functioning: An information processing perspective. En G. Lyon y N. Krasnegor (Eds.), *Attention, memory, and executive function* (pp. 235-261). Baltimore: Paul H Brookes Publishing.
- Bransford, J. y Stein, B. (1987). *Solución IDEAL de problemas. Guía para pensar, aprender y crear*. Barcelona: Editorial Labor.
- Brocki, K. y Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study. *Developmental Neuropsychology, 26*(2), 571-593.
- Brock, L., Rimm-Kaufman, S., Nathanson, L. y Grimm, K. (2009). The contributions of “hot” and “cool” executive function to children's academic achievement, learning-related behaviors, and engagement in kindergarten. *Early Childhood Research Quarterly, 24*(3), 337-349. DOI:10.1016/j.ecresq.2009.06.001
- Brookshire, B., Levin, H., Song, J. y Zhang, L. (2004). Components of Executive Function in Typically Developing and Head-Injured Children. *Developmental neuropsychology, 25*(1-2), 61-83. DOI:10.1080/87565641.2004.9651922

- Brown, C. y Borko, H. (1992). Becoming a Mathematics Teacher. En D. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 209-239). New York: McMillan Publishing Co.
- Brown, T. (2006). Executive functions and attention deficit hyperactivity disorder: Implications of two conflicting views. *International Journal of Disability, Development and Education*, 53(1), 35-46.
- Brownell, W. (1935). Psychological considerations in the learning and the teaching of arithmetic. En W. Reeve (Ed.), *The teaching of arithmetic* (pp. 1-31). New York: Teachers College Press.
- Bruner, J. (1960a). On learning mathematics. *The Mathematics Teacher*, 53, 610-619.
- Bruner, J. (1960b). *The Process of Education*. Cambridge: Harvard University Press.
- Bruner, J. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, 31, 21-32.
- Bruner, J. (1964). The Course of Cognitive Growth. *American Psychologist*, 19, 1-15.
- Bruner, J. (1966). *Toward a Theory of Instruction*. Cambridge: Harvard University Press.
- Bruner, J. (1988). *Desarrollo cognitivo y educación*. Madrid: Ediciones Morata.
- Bull, R., Espy, K. y Wiebe, S. (2008). Short-Term Memory, Working Memory, and Executive Functioning in Preschoolers: Longitudinal Predictors of Mathematical Achievement at Age 7 Years. *Developmental Neuropsychol*, 33(3), 205-228. DOI:10.1080/87565640801982312
- Bull, R. y Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Development Perspectives*, 8(1), 36-41.
- Bull, R. y Scerif, G. (2001). Executive Function as a Predictor of Children's Mathematics Ability: Inhibition, Switching, and Working Memory. *Developmental Neuropsychology*, 19(3), 273-293.

- Burger, W. y Shaughnessy, J. (1986). Characterizing the Van Hiele levels of development in geometry. *Journal for Research in Mathematics Education*, 17(1), 31-48.
- Busch, R., McBride, A., Curtiss, G. y Vanderploeg, R. (2005). The components of executive functioning in traumatic brain injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*; 27(8), 1022-1032. DOI:10.1080/13803390490919263
- Butterfield, E., Hacker, D. y Albertson, L. (1996). Environmental, cognitive, and metacognitive influences on text revision: Assessing the evidence. *Educational Psychology Review*, 8, 239–298.
- Cabero, J. (1989). *Tecnología educativa: utilización didáctica del vídeo*. Barcelona: PPU.
- Cabero, J. (1998) Impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en las organizaciones educativas. En M. Lorenzo (Ed.), *Enfoques en la organización y dirección de instituciones educativas formales y no formales* (pp. 197-206). Granada: Grupo Editorial Universitario.
- Cabero, J. (2007). *Tecnología educativa*. España: McGraw Hill.
- Cabero, J. (2014). *La formación del profesorado en TIC: Modelo TPACK*. Sevilla: Secretaría de Recursos Audiovisuales y Nuevas Tecnologías de la Universidad de Sevilla.
- Capilla, A., Romero, D., Maestú, F., Campo, P., Fernández, S. y González-Márques, J. (2004). Emergencia y desarrollo cerebral de las funciones ejecutivas. *Actas Espanolas de Psiquiatria*, 32(6), 377-386.
- Cardoso, E. y Cerecedo, M. (2008). El desarrollo de las competencias matemáticas en la primera infancia. *Revista Iberoamericana de Educación*, 47(5), 1-11.
- Carlson, S. (2003). Executive Function in Context: Development, Measurement, Theory, and Experience. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 68(3), 138-151. DOI:10.1111/j.1540-5834.2003.06803012.x

- Carlson, S. (2005). Developmentally Sensitive Measures of Executive Function in Preschool Children. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 595-616. DOI:10.1207/s15326942dn2802_3
- Carlson, S., Mandell, D. y Williams, L. (2004). Executive Function and Theory of Mind: Stability and Prediction From Ages 2 to 3. *Developmental psychology*, 40(6), 1105-1122. DOI:10.1037/0012-1649.40.6.1105
- Carlson, S. y Moses, L. (2001). Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. *Child Development*, 72, 1032-1053.
- Carrillo, J. (1998). *Modos de resolver problemas y concepciones sobre la matemática y su enseñanza: metodología de la investigación y relaciones*. Huelva: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva.
- Carrillo, J. (2000). La formación del profesorado para el aprendizaje de las matemáticas. *Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 24, 79- 91.
- Casey, R. (1992). The role of the frontal lobe in the regulation of cognitive development. *Brain and Cognition*, 20, 51-73. DOI:10.1016/0278-2626(92)90066-U
- Cebrián, M. (2005). *Tecnologías de la Información y Comunicación para la formación de docentes*. Madrid: Pirámide.
- Censabella, S. y Noël, M. (2005). The inhibition of exogenous distracting information in children with learning disabilities. *Journal of learning disabilities*, 38(5), 400-410.
- Censabella, S. y Noël, M. (2008). The inhibition capacities of children with mathematical disabilities. *Child neuropsychology*, 14(1), 1-20.
- Chamorro, M. (1995). Los procesos de aprendizaje en Matemáticas y sus consecuencias metodológicas en Primaria. *Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 4, 87-96.
- Chamorro, M. (2005). *Didáctica de las matemáticas para educación infantil*. Madrid: Pearson Educación.

- Chen, T., Yue, G., Tian, Y. y Jiang, C. (2016). Baduanjin Mind-Body Intervention Improves the Executive Control Function. *Frontiers in Psychology*, 7, 1-8.
- Chu, C., Dani, T. y Gadh, R. (1997). Multi-sensory user interface for a virtual-reality-based computeraided design system. *Computer-Aided Design*, 29(10), 709-725.
- Churchland, P. (1989). *A neurocomputational perspective: the nature of mind and the structure of science*. Cambridge: The MIT Press.
- Clair-Thompson, H. y Gathercole, S. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 745-759.
- Claparède, É. (1932). *La educación funcional*. Madrid: Espasa-Calpe.
- Clark, C., Pritchard, V. y Woodward, L. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental Psychology*, 46, 1176–1191. DOI:10.1037/a0019672.
- Clark, C., Sheffield, T., Wiebe, S. y Espy, K. (2013). Longitudinal Associations Between Executive Control and Developing Mathematical Competence in Preschool Boys and Girls. *Child Development*, 84(2), 662-677.
- Clements, D., Sarama, J. y Germeroth, C. (2016). Learning executive function and early mathematics: Directions of causal relations. *Early Childhood Research Quarterly*, 36, 79-90.
- Cockcroft, W. (1982). *Mathematics Counts*. Londres: The Stationery Office.
- Cofer, C. y Appley, M. (1981). *Psicología de la motivación: Teoría e investigación*. México: Trillas.
- Cohen, J., Braver, T. y O'Reilly, R. (1998). A computational approach to prefrontal cortex, cognitive control, and schizophrenia: Recent developments and current challenges. En A. Roberts, T. Robbins y L. Weiskrantz (Eds.), *The prefrontal cortex: Executive and cognitive functions* (pp. 195-220). New York: Oxford University Press.

- Cohen, J. y Servan-Schreiber, D. (1992). Context, cortex, and dopamine: a connectionist approach to behavior and biology in schizophrenia. *Psychological Review*, 99(1), 45-47.
- Coll, C. (1990). *Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento*. Barcelona: Paidós.
- Coll, C. (2008). Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades. *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, 72, 17-40.
- Coll, C. y Monereo, C. (2008). *Psicología de la educación virtual*. Madrid: Ediciones Morata.
- Confrey, J. y Kazak, S. (2006). A Thirty-Year Reflection on Constructivism in Mathematics Education in PME. En A. Gutiérrez y P. Boero (Eds.), *Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education. Past, Present and Future* (pp. 305-345). Rotterdam, Países Bajos: Sense Publishers.
- Contreras, L. y Carrillo, J. (2000). El amplio campo de la resolución de problemas. En J. Carrillo y L. Contreras (Eds.), *Resolución de problemas en los albores del siglo XXI: una visión internacional* (pp. 13-38). Huelva: Hergué Editorial.
- Crone, E. y Van der Molen, M. (2004). Developmental changes in real life decision making: Performance on a gambling task previously shown to depend on the ventromedial prefrontal cortex. *Developmental Neuropsychology*, 25, 251-279. DOI:10.1207/s15326942dn2503_2
- Cuban, L. (1986). *Teachers and Machines: The Classroom Use of Technology Since 1920*. New York: Teachers College Press.
- Dakota, N. (2016). Digital Game-Based Learning: It's Not Just the Digital Natives Who Are Restless. *EDUCAUSE Review*, 41(2), 16-30.
- Damasio, A. (1985). The frontal lobes. En K. Heilman y E. Valenstein (Eds.), *Clinical neuropsychology* (pp. 409-460). New York, NY: Oxford University Press.

- Damasio, A. (1994). *Descartes Error: Emotion, Reason and the Human Brain*. New York: Avon.
- Damasio, A. (1998). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. En A. Roberts (Ed.), *The prefrontal cortex: Executive and Cognitive Functions* (pp. 36-50). New York, NY: Oxford University Press.
- Damasio, A. (2004). William James and the modern neurobiology of emotion. En D. Evans y P. Cruse (Eds.), *Emotion, Evolution and Rationality* (pp. 3-14). Oxford: Oxford University Press.
- Damasio, A. (2006). *El error de Descartes*. Barcelona, España: Editorial Drakontos Bolsill.
- Damasio, A. y Anderson, S. (1993). The frontal lobes. En K. Heilman y E. Valenstein (Eds.), *Clinical neuropsychology* (pp. 401-446). New York: Oxford University Press.
- D'Amico, A. y Passolunghi, M. (2009). Naming speed and effortful and automatic inhibition in children with arithmetic learning disabilities. *Learning and Individual Differences, 19*(2), 170-180.
- D'Amore, B. (2005). *Bases filosóficas, pedagógicas, epistemológicas y conceptuales de la Didáctica de la Matemática*. Mexico: Editorial Reverte.
- Davidson, M., Amso, D., Anderson, L. y Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia, 44*, 2037-2078.
- Davis, J., Marra, C., Najafzadeh, M. y Lui-Ambrose, T. (2011). The independent contribution of executive functions to health related quality of life in older women. *BMC Geriatrics, 10*, 16–23.
- Davis, R. (1966). Discovery in the teaching of mathematics. En L. Shulman y E. Keislar (Eds.), *Learning by Discovery: A critical Appraisal* (pp. 114-128). Chicago: Rand McNally & Company.

- Davis, R. (1984). *Learning Mathematics: The Cognitive Science Approach to Mathematics Education*. London: Croom Helm.
- Dawkins, R. (1979). *El gen egoísta*. Barcelona: Labor.
- Del Moral, M. y Villalustre, L. (2012). Didáctica universitaria en la era 2.0: competencias docentes en campus virtuales. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 9(1), 36-50.
- Del Río, P. y Álvarez, A. (1997). ¿Saber o comportarse? El desarrollo y la construcción de la directividad. En A. Álvarez (Ed.), *Hacia un currículum cultural: la vigencia de Vygotski en la educación* (pp. 101-131). Madrid: Fundación Infancia y Aprendizaje.
- Denckla, M. (1994). Measurement of executive function. En G. Lyon (Ed.), *Frames of reference for the assessment of learning disabilities: New views on measurement issues* (pp. 117-142). Baltimore, United States: Paul H. Brookes Publishing.
- Denckla, M. (1996). Research on executive function in a neurodevelopmental context: Application of clinical measures. *Developmental neuropsychology*, 12(1), 5-15.
- Denckla, M. (2007). Executive Function: Binding Together the Definitions of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder and Learning Disabilities. En L. Meltzer (Ed.), *Executive function in education: From theory to practice* (pp. 5-18). New York: Guilford Press.
- Denes, G. y Pizzamiglio, L. (1999). *Handbook of clinical and experimental neuropsychology*. East Sussex, England, United Kingdom: Psychology Press.
- De Pablos, J. (2003). *La Tarea de educar: de qué hablamos cuando hablamos sobre educación*. Madrid: Editorial Biblioteca Nueva.
- De Pablos, J., Bravo, P. y Moreno, P. (2010). Políticas educativas, buenas prácticas y TIC. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 11(1), 180-202.

- Desoete, A. y Grégoire, J. (2006). Numerical competence in young children and in children with mathematics learning disabilities. *Learning and Individual Differences*, 16(4), 351-367. DOI:10.1016/j.lindif.2006.12.006
- Dewey, J. (1910). *How We Think*. Lexington: D. C. Heath and Company.
- Dewey, J. (1975). *The Early works*. Illinois, United States: Southern Illinois University Press.
- Diamond, A. (1985). Development of the ability to use recall to guide action, as indicated by infant's performance on AB. *Child Development*, 56, 868-883.
- Diamond, A. (1990). Development of the ability to use recall to guide action, as indicated by infants' performance on AB. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 608, 637-676.
- Diamond, A. (2002). *Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: cognitive functions, anatomy and biochemistry*. New York: Oxford University Press.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168.
- Diamond, A. (2014). Want to Optimize Executive Functions and Academic Outcomes?: Simple, Just Nourish the Human Spirit. En *Minnesota Symposia on Child Psychology* (Vol. 37, p. 205). NIH Public Access.
- Diamond, A., Barnett, W., Thomas, J. y Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science*, 318, 1387-1388. DOI:10.1126/science.1151148
- Diamond, A. y Goldman-Rabic, P. (1989). Comparison of human infants and rhesus monkeys on Piaget's AB task: evidence for dependence on dorsolateral prefrontal cortex. *Experimental Brain Research*, 74, 24-40.
- Diamond A. y Lee K. (2011). Interventions shown to Aid Executive Function Development in Children 4-12 Years Old. *Science*, 19, 959-964. DOI:10.1126/science.1204529

- Dias, N. y Seabra, A. (2016). Intervention for executive functions development in early elementary school children: effects on learning and behavior, and follow-up maintenance. *Educational Psychology, 1*(19), 468.
- Dienes, Z. (1959). *Concept Formation and Personality*. Leicester: Leicester University Press.
- Dienes, Z. (1960). *Building Up Mathematics*. London: Hutchinson Educational Ltd.
- Dienes, Z. (1963). *An Experimental Study of Mathematics-Learning*. London: Hutchinson.
- Dienes, Z. (1970). *Les six étapes du processus d'apprentissage en mathématique*. París: OCDL.
- Dienes, Z. (1973). Una teoría del aprendizaje matemático. En Z. Dienes y A. Vicens (Eds.), *La nueva matemática* (pp. 36-56). Barcelona: Vicens-Vives.
- Di Lieto, M., Inguaggiato, E., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., Dell'Omo, M., Laschi, C., Pecini, C., Santerini, G., Sgandurra, G. y Dario, P. (2017). Educational Robotics intervention on Executive Functions in preschool children: A pilot study. *Computers in Human Behavior, 71*, 16-23.
- Domitrovich, C., Cortes, R. y Greenberg, M. (2007). Improving young children's social and emotional competence: a randomized trial of the preschool PATHS program. *The Journal of Primary Prevention, 28*, 67-91.
- Doron, R. y Parot, F. (2005). *Diccionario Akal de psicología*. Madrid: Akal.
- Dorrego, E. (2006). Educación a distancia y evaluación del aprendizaje. *Revista de educación a distancia, 6*, 1-23.
- Dorsch, F. (2002). *Diccionario de psicología*. Barcelona: Herder Editorial.
- Duncan, J., Emslie, H., Williams, P., Johnson, R. y Freer, C. (1996). Intelligence and the frontal lobe: the organization of goal-directed behavior. *Cognit Psychol, 30*, 257-303. DOI:10.1006/cogp.1996.0008
- Earle, R. (2002). The Integration of instructional technology into public education: Promises and challenges. *Educational Technology, 42*(1), 5-13.

- Egido, I. (2006). Aprendizaje basado en problemas (ABP). Estrategia metodológica y organizativa del currículum para la calidad de la enseñanza en los estudios de Magisterio. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20(3), 137-149.
- Elliot, R. (2003). Executive functions and their disorders. *British Medical Bulletin*, 65, 49-59. DOI:10.1093/bmb/ldg65.049
- Ely, D. (1972). The field of Educational Technology: A Statement of Definition. *Audiovisual Instruction*, 17, 38-43.
- Ely, D., Januszewski, A. y Leblanc, G. (1989). Trends and Issues in Educational Technology. En B. Branyanbroadbent y R. Wood (Eds.), *Media & Technology Yearboo* (pp. 5-33). Englewood: Libraries Unlimited.
- Eraut, M. (1994). *Developing Professional Knowledge and Competence*. London: Falmer.
- Escudero, J. y Portela, A. (2014). La formación continuada del profesorado. Políticas, programas, aprendizajes docentes e impacto en la enseñanza y los aprendizajes del alumnado. En M. Flores, C. Coutinho y J. Lencastre (Eds.), *Formación y trabajo docente* (pp. 422-429). Santo Tirso: De Facto Editores.
- Eslinger, P. (1996). Conceptualizing, describing, and measuring components of executive function: A summary. En G. Lyon y N. Krasnegor (Eds.), *Attention, memory, and executive function* (pp. 367-395). Baltimore: Paul H. Brookes Publishing.
- Eslinger, P. (2002). *Neuropsychological interventions: clinical research and practice*. New York: The Guilford Press.
- Epsy, K. (1997). The shape school: Assessing executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 13, 495-499. DOI:10.1080/87565649709540690
- Epsy, K. (2004). Using Developmental, Cognitive, and Neuroscience Approaches to Understand Executive Control in Young Children. *Developmental Neuropsychology*, 26(1), 379-384. DOI:10.1207/s15326942dn2601_1

- Espy, K., McDiarmid, M., Cwik, M., Stalets, M., Hamby, A. y Senn T. (2004). The Contribution of Executive Functions to Emergent Mathematic Skills in Preschool Children. *Developmental Neuropsychol*, 26(1), 465-486.
- Espy, K., Sheffield, T., Wiebe, S., Clark, C. y Moehr, M. (2011). Executive control and dimensions of problem behaviors in preschool children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 52(1), 33-46. DOI:10.1111/j.1469-7610.2010.02265.x
- Estes, D. y Bartsch, K. (1997). Constraining the brain: The role of developmental psychology in developmental cognitive. *Behavioral & Brain Sciences*, 20(4), 562-563. DOI:10.1017/S0140525X97291582
- Fernández-Duque, D., Baird, J. y Posner, M. (2000). Executive attention and metacognitive regulation. *Consciousness & Cognition*, 9(2), 288-307.
- Fisk, J. y Sharp, C. (2004). Age-related impairment in executive functioning: Updating, inhibition, shifting, and access. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26, 874-890. DOI:10.1080/13803390490510680
- Flavell, J. (1963). *The Developmental Psychology of Jean Piaget*. New Jersey: D. Van Nostrand Company Inc.
- Flook, L., Smalley, S., Kitil, M., Galla, B., Kaiser-Greenland, S., Locke, J., Ishijima, E. y Kasari, C. (2010). Effects of mindful awareness practices on executive functions in elementary school children. *Journal of Applied School Psychology*, 26(1), 70-95. DOI:10.1080/15377900903379125
- Flores, J., Ostrosky, F. y Lozano, A. (2008). Neuropsicología de lóbulos frontales, funciones ejecutivas y conducta humana. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 47-58.
- Flores-Lázaro, J., Castillo-Preciado, R. y Jiménez-Miramonte, N. (2014). Desarrollo de funciones ejecutivas, de la niñez a la juventud. *Anales de Psicología*, 30(2), 463-473.
- Foulquié, P. (1973). *La voluntad*. Barcelona: Oikos-Tau.

- Friedman, S. y Schlock, E. (1997). *The Developmental Psychology of Planning: Why, How, and When Do We Plan?* New York: Taylor & Francis Group.
- Friso, I., Van der Ven, S., Kroesbergen, E. y Van Luit, J. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta- analysis. *Review of Educational Research, 10*, 29-44.
- Fuhs, M., Nesbitt, K., Farran, D. y Dong, N. (2014). Longitudinal associations between executive functioning and academic achievement across content areas. *Developmental Psychology, 50*(6), 1698-1709.
- Fuster, J. (1973). Unit activity in prefrontal cortex during delayed-response performance: neuronal correlates of transient memory. *Journal of Neurophysiology, 36*(1), 61-78.
- Fuster, J. (1980). *The prefrontal cortex*. New York: Raven Press.
- Fuster, J. (1985). The prefrontal cortex, mediator of cross-temporal contingencies. *Human Neurobiology, 4*(3), 169-79.
- Fuster, J. (1989). *The prefrontal cortex*. New York, NY: Raven Press Editorial.
- Fuster, J. (1990). Prefrontal cortex and the bridging of temporal gaps in the perception- action cycle. *Annals of the New York Academy of Sciences, 608*, 318-329. DOI:10.1111/j.1749-6632.1990.tb48901.x
- Fuster, J. (2000). Executive frontal functions. *Experimental Brain Research, 133*(1), 66–70. DOI:10.1007/s002210000401
- Fuster, J. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology, 31*(3-5), 373–385.
- Gagné, R. (1985). *The Conditions of Learning and Theory of Instruction*. New York: CBS.
- Gallego D. y Alonso, C. (1999) *El ordenador como recurso didáctico*. Madrid: UNED.
- Galperin, P. (1979). *Introducción a la psicología: Un enfoque dialéctico*. Madrid: Pablo del Río.

- García, A., Tirapu, J., Luna, P., Ibáñez, J. y Duque, P. (2010). ¿Son lo mismo inteligencia y funciones ejecutivas? *Revista de Neurología*, 50, 738-746.
- García, A., Tirapu, J. y Roig, M. (2007). Validez ecológica en la exploración de las funciones ejecutivas. *Anales de psicología*, 23(2), 289-299.
- García, J. y García F. (1989). *Aprender investigando. Una propuesta metodológica basada en la investigación*. Sevilla: Diada.
- García-Molina, A., Enseñat-Cantalops, A., Tirapu-Ustárriz, J. y Roig-Rovira, T. (2009). Maduración de la corteza prefrontal y desarrollo de las funciones ejecutivas durante los primeros cinco años de vida. *Revista de Neurología*, 48(8), 435-440.
- García-Valcárcel, A., y Domingo-González, A. (2011). Integración de las TIC en la práctica escolar y selección de recursos en dos áreas clave: Lengua y Matemáticas. En R. Roig y C. Lavene (Eds.), *La práctica educativa en la sociedad de la información. Innovación a través de la investigación* (pp. 129-144). Alcoy-Brescia: Marfil & La Scuola Editrice.
- Garon, N., Bryson, S. y Smith, I. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, 134(1), 31–60. DOI:10.1037/0033-2909.134.1.31
- Garret, R. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículum de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 224-230.
- Gathercole, S. y Pickering, S. (2000a). Working memory deficits in children with low achievements in the national curriculum at 7 years of age. *British Journal of Educational Psychology*, 70, 177–194.
- Gathercole, S. y Pickering, S. (2000b). Assessment of working memory in six- and seven-year old children. *Journal of Educational Psychology*, 92, 377–390. DOI:10.1037/0022-0663.92.2.377
- Geary, D., Hoard, M., Byrd-Craven, J., Nugent, L. y Numtee, C. (2007). Cognitive Mechanisms Underlying Achievement Deficits in Children With Mathematical Learning Disability. *Child Development*, 78(4), 1343–1359.

- Gelman, R. y Gallistel, C. (1978). *The child's understanding of number*. Cambridge: Harvard University Press.
- Gelman, R., Meck, E. y Merkin, S. (1986). Young children's numerical competence. *Cognitive Development, 1*, 1-29.
- Gennaria, R., Melonioa, A., Raccanellob, D., Brondinob, M., Doderoa, G., Pasinib, M. y Torelloa, S. (2017). Children's emotions and quality of products in participatory game design. *International Journal of Human-Computer Studies, 101*, 45–61. DOI:0.1016/j.ijhcs.2017.01.006
- Giddens, A. (2000). *Un mundo desbocado. Los efectos de la globalización en nuestras vidas*. Madrid: Taurus.
- Gilbert, S. y Burgess, P. (2008). Executive function. *Current Biology, 18*(3), R110-R114.
- Gil, N.; Blanco, L. y Guerrero, E. (2006). El papel de la afectividad en la resolución de problemas matemáticos. *Revista de Educación, 340*, 551-569.
- Gioia, G. e Isquith, P. (2004). Ecological Assessment of Executive Function in Traumatic Brain Injury. *Developmental neuropsychology, 25*(1-2), 135-158.
- Gioia, G., Isquith, P., Kenworthy, L. y Barton, R. M. (2003). Profiles of Everyday Executive Function in Acquired and Developmental Disorders. *Child Neuropsychology, 8*(2), 121–137. DOI:10.1076/chin.8.2.121.872
- Goldberg, E. (2002). *El cerebro ejecutivo: lóbulos frontales y mente civilizada*. Barcelona: Crítica.
- Goldman-Rakic, P. (1984). The frontal lobes: uncharted provinces of the brain. *Trends in Neurosciences, 7*(11), 426-429.
- Goldman-Rakic, P. (1987). Circuitry of primate prefrontal cortex and regulation of behavior by representational memory. En V. Mountcastle y F. Plum (Eds.), *Handbook of Physiology, The Nervous System, Higher Functions of the Brain* (pp. 373-417) Bethesda: American Physiological Society.

- Goldman-Rakic, P. (1988). Topography of cognition: parallel distributed networks in primate association cortex. *Annual Review of Neuroscience*, *11*, 137-156. DOI:10.1146/annurev.ne.11.030188.001033
- Goldman-Rakic, P. (1995). Anatomical and functional circuits in prefrontal cortex of non-human primates: relevance to epilepsy. En H. Jasper, S. Riggio y P. Goldman-Rakic (Eds.), *Epilepsy and the Functional Anatomy of the Frontal Lobe* (pp. 85–96). New York: Raven.
- Goldman-Rakic, P. (1998). The prefrontal landscape: implications of functional architecture for understanding human mentation and the central executive. En A. Roberts, T. Robbins y L. Weiskrantz (Eds.), *The frontal cortex: executive and cognitive functions* (pp. 87-102). New York: Oxford University Press.
- Goldstein, S. y Reynolds, C. (1999). *Handbook of neurodevelopmental and genetic disorders in children*. New York: The Guilford Press.
- Gómez, B. (1991). Las Matemáticas y el Proceso Educativo. En A. Gutiérrez (Ed.), *Área de conocimiento: Didáctica de la Matemática* (pp. 59-104). Madrid: Síntesis, S. A.
- Gómez, B. (1996). Desarrollo histórico de la enseñanza de la aritmética. El caso de los algoritmos de cálculo. *Aula de Innovación Educativa*, *50*, 11-16.
- González, I. (2004). *La calidad en la Universidad: evaluación e indicadores*. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Goodwin, M. (2008). Enhancing and accelerating the pace of autism research and treatment: The promise of developing innovative technologies. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, *23*, 125–128. DOI:10.1177/1088357608316678
- Grafman, J. (1995). Similarities and distinctions among current models of prefrontal cortical functions. En J. Grafman (Ed.), *Structure and functions of the human prefrontal cortex* (pp. 337-368). New York: Academy of Sciences.

- Grafman, J. (2002). The human prefrontal cortex stores structured event complexes. En T. Shipley (Ed.), *Understanding events: From perception to action* (pp. 617-638). New York: Oxford University Press.
- Graham, S. y Harris, K. (1996). Addressing problems in attention, memory, and executive functioning: An example from self-regulated strategy development. En G. Lyon y A Norman (Eds.), *Attention, Memory, and Executive Function* (pp. 349-365). Baltimore: Paul H. Brookes Publishing Company.
- Gutiérrez, L. (1980). *Historia de los medios audiovisuales*. España: Ediciones Pirámide.
- Guzmán, M. (2007). Enseñanza de las ciencias y la matemática. *Revista Iberoamericana de Educación*, 43, 19-58.
- Halmos, P. (1980). The Heart of Mathematics. *American Mathematical Monthly*, 87(7), 519-524.
- Happaney, K., Zelazo, P. y Stuss, D. (2004). Development of orbitofrontal function: current themes and future directions. *Brain and Cognition*, 55, 1-10.
- Hart, D. (1981). Foraging and Resource Patchiness: Field Experiments with a Grazing Stream Insect. *Journal Article*, 37(1), 46-52.
- Hawkrige, D. (1981). The Telesis of Educational Technology. *British Journal of Educational Technology*, 12(1), 4-18.
- Hayes, S., Gifford, E. y Ruckstuhl, L. (1996). Relational frame theory and executive function: A behavioral approach. En G. Lyon y N. Krasnegor (Eds.), *Attention, memory, and executive function* (pp. 279-305). Baltimore: Paul H Brookes Publishing.
- Holmes, J. y Gathercole, S. (2014). Taking working memory training from the laboratory into schools. *Educational Psychology*, 34(4), 440-450.
- Hostetter, A. y Alibali, M. (2008). Visible embodiment: Gestures as simulated action. *Psychonomic Bulletin & Review*, 15(3), 495-514.

- Hothersall, D. (2005). *Historia de la psicología*. Madrid: McGraw-Hill.
- Hughes, C. (1998). Executive function in preschoolers: Links with theory of mind and verbal ability. *British Journal of Developmental Psychology*, *16*, 233–253.
- Hughes, C. (2002). Executive functions and development: Why the interest? *Infant and Child Development*, *11*(2), 69-71. DOI:10.1002/icd.296
- Hughes, C. y Ensor, R. (2005). Theory of Mind and Executive Function in 2-year-olds: A family affair? *Developmental Neuropsychology*, *28*, 645–668.
- Hughes, C., Ensor, R., Wilson, A. y Graham, A. (2009). Tracking executive function across the transition to school: A latent variable approach. *Developmental Neuropsychology*, *35*(1), 20-36.
- Huizinga, M., Dolan, C. y Van der Molen, M. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, *44*, 2017–2036.
- Isquith, P., Crawford, J., Espy, K. y Gioia, G. (2005). Assessment of executive function in preschool-aged children. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, *11*(3), 209–215. DOI:10.1002/mrdd.20075
- Isquith, P., Gioia, G. y Espy, K. (2004). Executive Function in Preschool Children: Examination Through Everyday Behavior. *Developmental neuropsychology*, *26*(1), 403-422. DOI:10.1007/s10802-012-9684-x
- Jaime, A. y Gutiérrez, A. (1990). Una propuesta de fundamentación para la enseñanza de la geometría: el Modelo de Van Hiele. En S. Llinares y M. Sánchez (Eds.), *Teoría y Práctica en Educación Matemática* (pp. 295-384). Sevilla: Alfar.
- James, W. (1901). *The principles of psychology*. London: The Macmillan Publishers.
- James, W. (1963). *Compendio de psicología*. Buenos Aires: Emecé.

- Jomskaia, E. (1979). A. R. Luria, fundador de la neuropsicología soviética. *Infancia y Aprendizaje*, 5, 83-94.
- Joyanes, L. (1996). *Cibersociedad: Realidad o Utopía*. Madrid: Universidad Pontificia de Salamanca.
- Junqué, C. (1994). *Neuropsicología*. Madrid: Síntesis.
- Kail, R. (2007). Cognitive development includes global and domain-specific processes. *Appraising the human developmental sciences: Essays in honor of Merrill-Palmer Quarterly*, 50(4), 56-66.
- Kandel, E., Schwartz, J. y Jessell, T. (1998). *Neurociencia y conducta*. Madrid: Prentice Hall.
- Keer, A. y Zelazo, P. (2004). Development of “hot” executive function: The Children’s Gambling Task. *Brain and Cognition*, 55, 148-157.
- Kemmerer, D. y González-Castillo, J. (2010). The two-level theory of verb meaning: an approach to integrating the semantics of action with the mirror neuron system. *Brain and Language*, 112(1), 54–76. DOI:10.1016/j.bandl.2008.09.010
- Khan, N. y Hillman, C. (2014). The relation of childhood physical activity and aerobic fitness to brain function and cognition: A review. *Pediatric Exercise Science*, 26(2), 138-146.
- Kilpatrick, J. (1985). A retrospective account of the past 25 years of research on teaching mathematical problem-solving. En E. Silver (Ed.), *Teaching and Learning Mathematical Problem Solving. Multiple Research Perspectives* (pp. 1-15). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kilpatrick, J. (1990). Lo que el constructivismo puede ser para la educación de la matemática. *Educación*, 17, 37-52.
- Klein, J. y Bisanz, J. (2000). Preschoolers doing arithmetic: The concepts are willing but the working memory is weak. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 54(2), 105-116.

- Klenberg, L., Korkman, M. y LahtiNuuttila, P. (2001). Differential development of attention and executive functions in 3- to 12-year-old Finnish children. *Developmental neuropsychology*, 20(1), 407-428.
- Kloo, D. y Perner, J. (2003). Training transfer between card sorting and false belief understanding: helping children apply conflicting descriptions. *Child Development*, 74, 1823–1839.
- Kochanska, G. y Murray, K. (1997). Inhibitory control as a contributor to conscience in childhood: From toddler to early school age. *Child Development*, 68(2), 263.
- Koehler, M. y Mishara, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Kolb, B. y Whishaw, I. (2000). *Fundamentals of human neuropsychology*. United States of America: Freeman.
- Koponen, T., Aunola, K., Ahonen, T. y Nurmi, J. (2007). Cognitive predictors of single-digit and procedural calculation skills and their covariation with reading skill. *Journal of experimental child psychology*, 97(3), 220-241. DOI:10.1016/j.jecp.2007.03.001
- Korkman, M. (2001). Introduction to the Special Issue on Normal Neuropsychological Development in the School-Age Years. *Developmental Neuropsychology*, 20(1), 325-330.
- Korkman, M., Kemp, S. y Kirk, U. (2001). Effects of age on neurocognitive measures of children ages 5 to 12: A cross-sectional study on 800 children from the United States. *Developmental Neuropsychology*, 20(1), 331-354. DOI:10.1207/S15326942DN2001_2
- Kurdek, L. y Sinclair, R. (2001). Predicting reading and mathematics achievement in fourth-grade children from kindergarten readiness scores. *Journal of Educational Psychology*, 93(3), 451-455. DOI:10.1037/0022-0663.93.3.451

- Lakes, K. y Hoyt, W. (2004). Promoting self-regulation through school-based martial arts training. *Applied Developmental Psychology*, 25, 283–302. DOI:10.1016/j.appdev.2004.04.002
- Lan, X., Legare, C., Ponitz, C., Li, S. y Morrison, F. (2011). Investigating the links between the subcomponents of executive function and academic achievement: A cross-cultural analysis of Chinese and American preschoolers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108(3), 677-692. DOI:10.1016/j.jecp.2010.11.001
- Lehto, J., Juujärvi, P., Kooistra, L. y Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21, 59-80.
- Lektorskii, V. (2004). The Activity Approach Death or Rebirth? *Journal of Russian & East European Psychology*, 42(2), 12-29.
- León-Carrión, J. (1995). *Manual De Neuropsicología Humana*. Madrid: Siglo XXI.
- Leontiev, A. (2006). Sign and Activity. *Journal of Russian & East European Psychology*, 44(3), 17-29.
- Lezak, M. (1982). The problem of assessing executive functions. *Journal of Psychology*, 17, 281-97.
- Lezak, M. (1995). *Neuropsychological Assessment*. New York: Oxford University Press.
- Lezak, M. (2004). *Neuropsychological assessment*. Oxford university press.
- Lezak, M., Howieson, D. y Loring, D. (2004). *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press.
- Levin, H., Eisenberg, H. y Benton, A. (1991). *Frontal Lobe Function and Dysfunction*. New York: Oxford University Press.
- Lévy, P. (2000). *Ciberespacio um Hipertexto Com Pierre Levy*. Porto Alegre: Artes y Oficios.

- Li-Grining, C., Raver, C. y Pess, R. (2011). *Academic impacts of the Chicago School Readiness Project: Testing for evidence in elementary school*. Paper presented at the Biennial Meeting of the Society for Research in Child Development, Montreal, QC, Canada.
- Lillard, A. y Else-Quest, N. (2006). Evaluating montessori education. *Science*, 313, 1893–1894.
- Lister, R. y Weingartner, H. (1991). *Perspectives on cognitive neuroscience*. New York: Oxford University Press.
- Li, Y. y Geary D. (2013). Developmental Gains in Visuospatial Memory Predict Gains in Mathematics Achievement. *PLoS ONE*, 8(7), e70160.
- Lopera, F. (2008). Funciones ejecutivas: aspectos clínicos. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 59–76.
- López, C. y Matezanz, M. (2009). *Las plataformas de aprendizaje: del mito a la realidad*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Lovell, K. (1961). *The Growth of Basic Mathematical and Scientific Concepts in Children*. London: University of London Press.
- Luciana, M. y Nelson, C. (1998). The functional emergence of prefrontally-guided working memory systems in four- to eight-year-old children. *Neuropsychologia*, 36, 273-293.
- Luria, A. (1966). *Human brain and psychological processes*. New York: Harper & Row.
- Luria, A. (1969). *Dominancia hemisférica en investigaciones neuropsicológicas*. Moscú: Universidad Estatal de Moscú.
- Luria, A. (1973). The frontal lobes and the regulation of behavior. En K. Pribram y A. Luria (Eds.), *Psychophysiology of the frontal lobes* (pp. 332). Oxford: Academic Press.
- Luria, A. (1979). *The making of mind*. Cambridge: Harvard University Press.
- Luria, A. (1980). *Higher cortical functions in man*. New York: Basis.

- Luria, A. (1985a). *El cerebro en acción*. Barcelona: Martínez Roca.
- Luria, A. (1985b). *Lenguaje y pensamiento*. Barcelona: Martínez Roca.
- Luria, A. (1995). *Las funciones corticales superiores del hombre*. México: Fontamara.
- Mahone, M., Cirino, P., Cutting, L., Cerrone, P., Hagelthorn, K., Hiemenz, J., Singer, H. y Denckla, M. (2002). Validity of the behavior rating inventory of executive function in children with ADHD and/or Tourette syndrome. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 17, 643–662.
- Mammarella, I., Hill, F., Devine, A., Caviola, S. y Szűcs, D. (2015). Math anxiety and developmental dyscalculia: a study on working memory processes. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 37(8), 878-887.
- Mandell, S, Sorge, D. y Russell, J. (2002). Tips for technology integration. *TechTrends*, 46 (5), 39-43.
- Mangels, J. (1997). Strategic processing and memory for temporal order in patients with frontal lobe lesions. *Neuropsychology*, 11(2), 207-221.
- Manjunath, N. y Telles, S. (2001). Improved performance in the Tower of London test following yoga. *Indian Journal of Physiological Pharmacology*, 45, 351–354.
- Marqués, P. (2009). Cambios en los centros: construyendo la escuela del futuro. *Didáctica, Innovación y Multimedia*, 0, 1-39.
- Márquez, M., Salguero, P., Paíno, S. y Alameda, J. (2013). La hipótesis del Marcador Somático y su nivel de incidencia en el proceso de toma de decisiones. *REMA*, 18(1), 17-36.
- Marshall, W. (1979). El niño como espejo de su desarrollo cerebral. *Infancia y Aprendizaje*, 5, 2-14.
- Martí, E. (1992). *Aprender con ordenadores en la escuela*. Barcelona: ICE-Horsori.

- Martínez, A. y Juan, F. (1989). *Una metodología activa y lúdica para la enseñanza de la geometría elemental*. Comunidad Autónoma de Madrid, España: Síntesis, S. A.
- Martínez, F (2007) La integración escolar de las Nuevas tecnologías. En J. Cabero (Ed.), *Nuevas Tecnologías aplicadas a la Educación* (pp. 21-40). Comunidad Autónoma de Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana de España S.L.
- Martínez, J. (2013). *Resolución de problemas y método ABN*. Madrid: Wolters Kluwer España.
- Martos-Pérez, J. y Paula-Pérez, I. (2011). Una aproximación a las funciones ejecutivas en el trastorno del espectro autista. *Revista de Neurología*, 52(1), S147-S153.
- Mason, J.; Burton, L. y Stacey, K. (1982). *Thinking Mathematically*. Massachusetts, United States of America (USA): Addison-Wesley Publishing Company Inc.
- Mcauley, T., Chen, S., Goos, L., Schachar, R. y Crosbie, J. (2010). Is the behavior rating inventory of executive function more strongly associated with measures of impairment or executive function? *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16, 495–505. DOI:10.1017/S1355617710000093
- McKenzie, B., Bull, R. y Gray, C. (2003). The effects of phonological and visual-spatial interference on children's arithmetical performance. *Educational & Child Psychology*, 20(3), 93-108.
- Meiran, N. (1996). Reconfiguration of processing mode prior to task performance. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory and Cognition*, 22, 1423-1442.
- Melby-Lervag, M. y Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, 49, 270–291. DOI:10.1037/a0028228

- Merchán, F. (2005). Crítica de la Didáctica: conocimiento, formación del profesorado y mejora de la enseñanza. *Investigación en la escuela*, 55, 29-40.
- Mesulam, M. (2002). The Human Frontal Lobes: Trascending the Default Mode through contingent encoding. En D. Stuss y R. Knight (Eds.), *Principles of Frontal Lobe Function* (pp. 8–30). New York: Oxford University Press.
- Meyer, M., Salimpoor, V., Wu, S., Geary, D. y Menon, V. (2010). Differential contribution of specific working memory components to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 101-109.
- Mezzacappa, E. (2004). Alerting, orienting, and executive attention: Developmental properties and sociodemographic correlates in an epidemiological sample of young, urban children. *Child Development*, 75, 1373–1386.
- Miller, B. y Cummings, J. (1998). *The human frontal lobes: Functions and disorders*. New York: The Guilford Press.
- Miller, E. y Cohen, J. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167-202.
- Miller, G., Galanter, E. y Pribram, K. (1960). *Plans and the Structure of Behavior*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Miller, K. (2005). Executive functions. *Pediatric annals*, 34(4), 310-317. DOI:10.3928/0090-4481-20050401-12
- Mishra, P. y Koehler, M. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A new framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Miyake, A., Friedman, N., Emerson, M., Witzki, A., Howerter, A. y Wager, T. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. DOI:10.1006/cogp.1999.0734

- Miyake, A., Friedman, N., Rettinger, D., Shah, P. y Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 621-40.
- Miyake, A. y Shah, P. (1999). Toward unified theories of working memory: emerging general consensus, unresolved theoretical issues, and future research directions. En A. Miyake y P. Shah (Eds.), *Models of working memory: mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 442-481). New York: Cambridge University Press.
- Moallem, M. (2003). An interactive online course: A collaborative design model. *Educational Technology Research and Development*, 51(4), 85-103.
- Monette, S., Bigras, M. y Guay, M. (2011). The role of the executive functions in school achievement at the end of Grade 1. *Journal of Experimental Child Psychology*, 109(2), 158-173. DOI:10.1016/j.jecp.2011.01.008
- Morales, J., Calvo A. y Bialystok, E. (2013). Working memory development in monolingual and bilingual children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 114(2), 187–202. DOI:10.1016/j.jecp.2012.09.002
- Mueller, S. (2014). PEBL (Version 0.14) [Computer experiment programming language]. Recuperado de <http://pebl.sourceforge.net>
- Muñoz-Céspedes, J. y Tirapu-Ustárriz, J. (2004). Rehabilitación de las funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 38(7), 656-663.
- Ng, F., Tamis-LeMonda, C., Yoshikawa, H. y Sze, I. (2014). Inhibitory control in preschool predicts early math skills in first grade Evidence from an ethnically diverse sample. *International Journal of Behavioral Development*, 39(2), 139-149.
- Nigg, J. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological bulletin*, 126(2), 220-246.

- Nigg, J., Quamma, J., Greenberg, M. y Kusche, C. (1999). A two-year longitudinal study of neuropsychological and cognitive performance in relation to behavioral problems and competencies in elementary school children. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 27(1), 51-63.
- Norman, D. y Shallice, T. (1986). Attention to action: willed and automatic control of behavior. En J. Davidson, G. Schwartz y D. Shapiro (Eds), *Consciousness and self-regulation* (pp. 1-18). New York: Plenum Press.
- Novak, J. (1977). *A Theory of Education*. Nueva York (Ithaca): Cornell University Press.
- Nunes, T. y Bryant, P. (2005). *Las matemáticas y su aplicación: La perspectiva del niño*. México: Siglo XXI.
- Nyberg, L., Forkstam, C., Petersson, K., Cabeza, R. e Ingvar, M. (2002). Brain imaging of human memory systems: Between-systems similarities and within-system differences. *Cognitive Brain Research*, 13, 281–292. DOI:10.1016/S0926-6410(02)00052-6
- Ortega, J. y Chacón, A. (2009). *Nuevas Tecnologías para la Educación digital*. Madrid: Pirámide.
- Orton, A. (1988). *Learning Mathematics. Issues, Theory and Classroom Practice*. London: Cassell.
- Orzhekhovskaya, N. (1981). Fronto-strial relationships in primate ontogeny. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 11, 379-385.
- Papazian, O., Alfonso, I. y Luzondo, R. (2006). Trastornos de las funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 42(2), 45-50.
- Papert, S. (1983) *Children´s Machine*. New York: Basic Boks Perseus Book.
- Papert, S. (1993). *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. New York: Basic Boks Perseus Book.
- Parkin, A. (1999). *Exploraciones en neuropsicología cognitiva*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.

- Passolunghi, M. y Siegel, L. (2001). Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 44–57.
- Pavlov, I. (1958). *El reflejo condicionado*. México: Universidad Nacional de México.
- Peng, P. y Fuchs, D. (2014). A Meta-Analysis of Working Memory Deficits in Children With Learning Difficulties: Is There a Difference Between Verbal Domain and Numerical Domain? *Journal of Learning Disabilities*, 49(1), 3-20. DOI:10.1177/0022219414521667
- Peng, P., Namkung, J., Barnes, M. y Sun, C. (2015). A meta-analysis of mathematics and working memory: Moderating effects of working memory domain, type of mathematics skill, and sample characteristics. *Journal of Educational Psychology*, 108(4), 455-473. DOI:10.1037/edu0000079
- Pennington, B. y Ozonoff, S. (1996). Executive Functions and Developmental Psychopathology. *Journal of Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*, 37(1), 51-87.
- Perales, F. (2000). *Resolución de problemas*. Madrid: Síntesis S.A.
- Perecman, E. (1987). *The frontal lobes revisited*. New York, NY, USA: The IRBN Press.
- Pérez-Acosta, A., Guerrero, F. y López, W. (2002). Seven contemporary behaviorists: A graphic and verbal synthesis. *International Journal of Psychology & Psychological Therapy*, 2(1), 103-113.
- Piaget, J. (1970). Piaget's Theory. En P. Mussen (Ed.), *Carmichael's Manual of Child Psychology* (pp. 13-54) New York: J. Wiley & Sons, Inc.
- Piaget, J. (1973). *To understand is to invent: The future of education*. Kingsport: Penguin Books.
- Piaget, J. (1978). *La representación del mundo en el niño*. Madrid: Ediciones Morata.

- Piaget, J. (2015). *Psicología del niño*. Madrid: Morata.
- Piaget, J. e Inhelder, B. (1975). *Génesis de las estructuras lógicas elementales. Clasificaciones y seriaciones*. Buenos Aires: Editorial Guadalupe.
- Pinkston, J. (1998). Development of Executive Function: Cognitive, Behavioral, and Neuropsychological viewpoints. *Contemporary Psychology*, 43(4), 265.
- Pino-Pasternak, D. y Whitebrad, D. (2010). The role of parenting in children's self-regulated learning. *Educational Research Review*, 5, 220–242.
- Plowman, C. y Stephen, M. (2010). *Growing Up with Technology: Young Children Learning in a Digital World*. London, England, United Kingdom: Routledge.
- Polya, G. (1945). *How to solve it*. Princeton: Princeton University Press.
- Posner, M. y Dehaene, S. (1994). Attentional networks. *Trends in Neurosciences*, 17(2), 75-79.
- Poulin-Dubois, D., Blaye, A., Coutya, J. y Bialystok, E. (2011). The effects of bilingualism on toddlers' executive functioning. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108, 567-579. DOI:10.1016/j.jecp.2010.10.009
- Pozo, J. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Ediciones Morata.
- Pozo, J. y Postigo, Y. (1994). La solución de problemas como contenido procedimental de la Educación Obligatoria. En J. Pozo (Ed.), *La solución de problemas* (pp. 179-213). Madrid: Santillana S. A.
- Premack, D. y Woodruff, G. (1978). Tiene teoría de la mente un chimpancé. En E. Martí (Ed.), *Construir una mente* (pp. 187-192). Barcelona: Paidós.
- Prencipe, A. y Zelazo, P. (2005). Development of affective decision-making for self and other: Evidence for the integration of first-and third-person perspective. *Psychological Science*, 16, 501-505.
- Prensky, M. (2003). Digital Game-Based Learning. *Entertainment Computing*, 1(1), 23.

- Presentación, M., Mercader, J., Siegenthaler, R., Fernández, I. y Miranda, A. (2015). Funcionamiento ejecutivo y motivación en niños de educación infantil con riesgo de dificultades en el aprendizaje de las matemáticas. *Revista de Neurología*, 60(1), S81-S85.
- Pribram, K. y Luria, A. (1973). *Psychophysiology of the frontal lobes*. New York: Academic Press.
- Puig, L. y Cerdán, F. (1988). *Problemas aritméticos escolares*. Madrid: Síntesis.
- Raghubar, K., Barnes, M. y Hecht, S. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 110-122.
- Raposo, M (2005). *Experiencias y prácticas Educativas con Nuevas Tecnologías*. Ourense: AICA Ediciones.
- Rasmussen, C. y Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91(2), 137-157.
- Raver, C., Jones, S., Li-Grining, C., Zhai, F., Bubbs, K. y Pressler, E. (2011). CSRP's impact on low-income preschoolers' preacademic skills: self-regulation as a mediating mechanism. *Child Development*, 82, 362-378.
- Recio, S. (2014). Creciendo con las TIC. *Revista Educación 3.0*, 13, 53-58.
- Reisner, R. (2001). A history of instructional design and technology: Part I: A history of instructional media. *Educational Technology Research and Development*, 49, 53- 64.
- Reiss, S y Bootzin, R. (1985). *Theoretical issues in behavior therapy*. Orlando: Academic Press.
- Rennie, D., Bull, R. y Diamond, A. (2004). Executive Functioning in Preschoolers: Reducing the Inhibitory Demands of the Dimensional Change Card Sort Task. *Developmental neuropsychology*, 26(1), 423-443.
- Reparaz C., Sobrino, A. y Mix, J. (2000). *Integración curricular de las Nuevas Tecnologías*. Barcelona: Editorial Ariel.

- Resnick, L. y Ford, W. (1981). *The Psychology of Mathematics for Instruction*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Ribes, E. (1982). *El conductismo: reflexiones críticas*. Barcelona: Fontanella.
- Riggs, N., Greenberg, M., Kusché, C. y Pentz, M. (2006). The mediational role of neurocognition in the behavioral outcomes of a social-emotional prevention program in elementary school students: Effects of the PATHS curriculum. *Prevention Science*, 7, 91–102. DOI:10.1007/s11121-005-0022-1
- Ríos, J. y Cebrián, M. (2000). Tecnología educativa y nuevas tecnologías aplicadas a la educación. En Autores (Ed.), *Nuevas Tecnologías de la información y de la comunicación aplicadas a la educación* (pp. 15-18). Málaga: Ediciones Aljibe.
- Risser, A. y Edgell, D. (1988). Neuropsychology of the developing brain: Implications for neuropsychological assessment. En M. Tramontana y S. Hooper (Eds.), *Assessment issues in child neuropsychology* (pp. 41-65). New York: Plenum Press.
- Riva, D., Avanzini, G., Franceschetti, S., Nichelli, F., Saletti, V. y Vago, C. (2005). Unilateral frontal lobe epilepsy affects executive functions in children. *Neurological Sciences*, 26(4), 263-270. DOI:10.1007/s10072-005-0469-7
- Rivière, A. (1998). *Objetos con mente*. Madrid: Alianza.
- Roberts, A., Robbins, T. y Weiskrantz, L. (1998). *The prefrontal cortex: Executive and cognitive functions*. Oxford: Oxford University Press.
- Roblyer, M., Edwards, J. y Havriluk, M. (2004). *Integrating educational technology into teaching*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Rodríguez, M. López, M., García, A. y Rubio, J. (2011) Funciones ejecutivas y discapacidad intelectual. *Campo Abierto*, 30(2), 79-93.
- Romberg, T. (1993). How One Comes to Know: Models and Theories of the Learning of Mathematics. En M. Niss (Ed.), *Investigations into assessment in Mathematics Education: An ICMI Study* (pp. 97-112). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Romer, D., Betancourt, L., Brodsky, N., Giannetta, J., Yang, W. y Hurt, H. (2011). Does adolescent risk taking imply weak executive function? A prospective study of relations between working memory performance, impulsivity, and risk taking in early adolescence. *Developmental Science*, 14, 1119-33.
- Romero, M.; Benavides, A.; Fernández, M.; Pichardo, M. (2017). Intervención en Funciones Ejecutivas en Educación Infantil. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 3(1), 253-261.
- Romero, R. (2006). *Nuevas Tecnologías en Educación Infantil. El rincón del ordenador*. Sevilla: Editorial Eduforma.
- Romine, C. y Reynolds, C. (2005). A model of the development of frontal lobe function: Findings from a meta-analysis. *Applied Neuropsychology*, 12, 190–201. DOI:10.1207/s15324826an1204_2
- Rosas, R., Espinoza, V., Garolera, M. y San-Martín, P. (2017). Executive Functions at the start of kindergarten: are they good predictors of academic performance at the end of year one? A longitudinal study. *Studies in Psychology*, 38(2), 451–472. DOI:10.1080/02109395.2017.1311458
- Roschelle, J., Pea, R., Hoadley, C., Gordin, D. y Means, B. (2000). Changing how and what children learn in school with collaborative cognitive technologies. *Children and Computer Technology*, 10(2), 76-101.
- Rosselli, M., Jurado, M., Matute, E., Inozemtseva, O., Reyes, A. L., Cárdenas, S. G. y Sánchez, E. (2008). Las Funciones Ejecutivas a través de la Vida. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 23–46.
- Röthlisberger, M.; Neuenschwander, R.; Cimeli, P.; Michel, E. y Roebbers, C. (2012). Improving executive functions in 5- and 6-year-olds: Evaluation of a small group intervention in prekindergarten and kindergarten children. *Infant and Child Development*, 21(4), 411-429. DOI:10.1002/icd.752
- Röthlisberger, M., Neuenschwander, R., Cimeli, P. y Roebbers, C. (2013). Executive functions in 5-to 8-year olds: Developmental changes and relationship to academic achievement. *Journal of Educational and Developmental Psychology*, 3(2), 153-167.

- Rourke, B., Fisk, J. y Strang, J. (1986). *Neuropsychological assessment of children: A treatment- oriented approach*. New York: Guilford Press.
- Rueda, M., Fan, J., McCandliss, B., Halparin, J., Gruber, D. y Lercari, L. (2004). Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychology*, 42, 1029-1040. DOI:10.1016/j.neuropsychologia.2003.12.012
- Rueda, M., Posner, M. y Rothbart, M. (2004). Attentional control and self-regulation. En R. Baumeister y K. Vohs (Eds.), *Handbook of self-regulation: Research, theory, and applications* (pp. 283-300). New York: Guilford Press.
- Rueda, M., Rothbart, M., McCandliss, B., Saccomanno, L. y Posner, M. (2005). Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102, 14931–14935.
- Rushby, N. (1989). Computers: computer-assisted learning. En M. Eraut (Ed.), *The international encyclopedia of educational technology* (pp. 149-158). Oxford: Pergamon Press.
- Russell, T. (1999). *The no significant difference phenomeno*. Raleigh: North Carolina State University.
- Sacristán, A. (2013). *Sociedad del conocimiento, tecnologías y educación*. Madrid: Ediciones Morata.
- Saettler, P. (1968). *A History of Instructional Technology*. New York: McGraw Hill.
- Saettler, P. (1990). *The evolution of American Educational Technology*. Colorado: Librairies Unlimited.
- Sáiz, I. (1994). Dividir con dificultad o la dificultad de dividir. En C. Parra e I. Sáiz (Eds.), *Didáctica de matemáticas: aportes y reflexiones* (pp. 185-217). Buenos Aires: Editorial Paidós.
- Salinas, J., Pérez, A. y De Benito, S. (2008). *Metodologías centradas en el alumno para el aprendizaje en red*. Madrid: Editorial Síntesis.

- Salthouse, T. (2005). Relations between cognitive abilities and measures of executive functioning. *Neuropsychology*, *19*(4), 532-545. DOI:10.1037/0894-4105.19.4.532
- Sampedro, B., Muñoz, J. y Vega, E. (2017). El videojuego digital como mediador del aprendizaje en la etapa de Educación Infantil. *EDUCAR*, *53*(1), 89-107.
- Sánchez, A., Boix, J. y Jurado, P. (2009). La sociedad del conocimiento y las TIC: inmejorable oportunidad para el cambio docente. *Revista de Medios y Educación*, *34*, 179–204.
- Sancho, J. (2009). La tecnología educativa en un mundo tecnologizado. En J. De Pablos (Ed.), *Tecnología Educativa: La Formación Del Profesorado en la Era de Internet* (pp. 45-68). Málaga: Ediciones Aljibe.
- Santos, M. y Pinto, J. (2008). Las TIC en la primera infancia: valorización e integración en la educación inicial a través del enlace @rcacomum. *Revista Iberoamericana de Educación*, *46*(9), 1861-5653.
- Sarsour, K., Sheridan, M., Jutte, D., Nuru-Jeter, A., Hinshaw, S. y Boyce, W. (2011). Family socioeconomic status and child executive functions: the roles of language, home environment, and single parenthood. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *17*, 120-132. DOI:10.1017/S1355617710001335
- Sastre-Riba, S. (2006). Condiciones tempranas del desarrollo y el aprendizaje: el papel de las funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, *42*(2), S143–S151.
- Scerif, G. (2010). Attention trajectories, mechanisms and outcomes: at the interface between developing cognition and environment. *Developmental Science*, *13*(6), 805–812. DOI:10.1111/j.1467-7687.2010.01013.x
- Schoenfeld, A. (1983). Episodes and Executive Decisions in Mathematical Problem-Solving. En R. Lesh y M. Landau (Eds.), *Adquisition of Mathematics Concepts and Processes* (pp. 345-395). New York: Academic Press.

- Schoenfeld, A. (1992). Learning to Think Mathematically: Problem Solving, Metacognition, and Sense Making in Mathematics. En D. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 334-370). New York: Macmillan Publishing Co.
- Schramm, W. (1977). *Big media little media*. Beverly Hills: SAGE Publications.
- Segarra, L. (2008). Cap on va el càlcul escrit? *Guix*. 348, 11-14.
- Senn, T., Espy, K. y Kaufmann, P. (2004). Using Path Analysis to Understand Executive Function Organization in Preschool Children. *Developmental neuropsychology*, 26(1), 445-464. DOI:10.1207/s15326942dn2601_5
- Sevillano, M. (2003). *Nuevas Tecnologías aplicadas a la Educación*. Madrid: Editorial CCS.
- Shallice, T. (1981). Neurological impairment of cognitive processes. *British Medical Bulletin*, 37(2), 187-192. DOI:10.1016/S0193-953X(03)00106-0
- Shallice, T. y Burgess, P. (1991). Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain*, 114(2), 727-741. DOI:10.1093/brain/114.2.727
- Shipstead, Z., Redick, T. y Engle, R. (2012). Is working memory training effective? *Psychological Bulletin*, 138, 628–654.
- Shulman, L. (1970). Psychology and mathematics education. En E. Begle (Ed.), *Mathematics education: The sixty-ninth yearbook of the National Society for the Study of Education* (pp. 23-71). Chicago: University of Chicago Press.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shunk, L. (1991). *Learning Theories: An Educational Perspectives*. New York: Macmillan Publishing Co, Inc.
- Silva, C., Jiménez, G. y Elías, R. (2012). De la sociedad de la información a la sociedad digital. *Revista teórica del Departamento de Ciencias de la Comunicación (F@ro)*, 15, 1-14.

- Skemp, R. (1971). *The Psychology of Learning Mathematics*. London: Penguin.
- Skemp, R. (1976). Relational Understanding and Instrumental Understanding. *Mathematics Teacher*, 77, 20-26.
- Skemp, R. (1989). *Mathematics in the Primary School*. London: Routledge.
- Skinner, B. (1938). *El comportamiento de los organismos: Un análisis experimental*. Estados Unidos: ProQuest.
- Skinner, B. (1954). The Science of Learning and the Art of Teaching. *Harvard Educational Review*, 24(2), 86-97.
- Skinner, B. (1984). The evolution of behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 41, 217-221. DOI:10.1901/jeab.1984.41-217
- Slobodchikov, V. (1992). The category of age in the psychology and pedagogy of development. *Journal of Russian & East European Psychology*, 30(5), 48-71.
- Slobodchikov, V. (2004). Activity as an Anthropological Category On Distinguishing Between the Ontological and the Epistemological Status of Activity. *Journal of Russian & East European Psychology*, 42(2), 82-98.
- Slobodchikov, V. y Zuckerman, G. (1992). The Genesis of Reflective Consciousness at Early School Age. *Journal of Russian & East European Psychology*, 30(1), 6-27. DOI:10.2753/RPO1061-040530016
- Smith, E. y Jonides, J. (1997). Working memory: A view from neuroimaging. *Cognitive Psychology*, 33, 5-42.
- Smith, E., Jonides, J., Koeppe, R., Awh, E., Schumacher, E. y Minoshima, S. (1995). Spatial versus object working memory: PET investigations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7, 337-356. DOI:10.1162/jocn.1995.7.3.337
- Sonuga-Barke, E. y Halperin, J. (2011). Developmental phenotypes and causal pathways in attention deficit/hyperactivity disorder: potential targets for early intervention? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51, 368-389.

- Soprano, A. (2003). Evaluación de las funciones ejecutivas en el niño. *Revista de Neurología*, 37(1), 44-50.
- Sorenson, H. (1964). *Psychology in Education*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Staddon, J. (2001). *New behaviorism: Mind, mechanism and society*. Philadelphia: Psychology Press.
- Stanic, G. y Kilpatrick, J. (1988). Historical Perspectives on Problem Solving in the Mathematics Curriculum. En R. Charles y E. Silver (Eds.), *The Teaching and Assesing of Mathematical Problem Solving* (pp. 1-22). Reston: National Council of Teachers of Mathematics.
- Sternberg, R. (1996). *Cognitive psychology*. Philadelphia: Harcourt Brace College Publishers.
- Stock, P., Desoete, A. y Roeyers, H. (2007). Early markers for arithmetic difficulties. *Educational and Child Psychology*, 24, 28-39.
- Stock, P., Desoete, A. y Roeyers, H. (2009a). Screening for mathematical disabilities in kindergarten. *Developmental Neurorehabilitation*, 12, 389-396.
- Stock, P., Desoete, A. y Roeyers, H. (2009b). Predicting arithmetic abilities: The role of preparatory arithmetic markers and intelligence. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 27(3), 237-251. DOI:10.1177/0734282908330587
- Stock, P., Desoete, A. y Roeyers, H. (2010). Detecting children with arithmetic disabilities from kindergarten: evidence from a 3-year longitudinal study on the role of preparatory arithmetic abilities. *Journal of Learning Disabilities*, 4(3), 250-268.
- Stuss, D. (1992). Biological and psychological development of executive functions. *Brain & Cognition*, 20(1), 8-23.

- Stuss, D. (1994). Self, awareness and the frontal lobes: a neuropsychological perspective. En G. Goethaals y J. Strauss (Eds.), *The self: an interdisciplinary approach* (pp. 255-278). New York: Springer-Verlag.
- Stuss, D. y Alexander, M. (2000). Executive functions and the frontal lobes: a conceptual view. *Psychological Research*, 63(3-4), 289–298. DOI:10.1007/s004269900007
- Stuss, D. y Benson, D. (1984). Neuropsychological studies of the frontal lobes. *Psychol Bulletin*, 95, 3-28.
- Stuss, D. y Benson, D. (1986). *The frontal lobes*. New York: Raven Press.
- Stuss, D. y Levine, B. (2002). Adult clinical neuropsychology: lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review of Psychology*, 53, 401–433.
- Swanson, H. y Jerman, O. (2006). Math Disabilities: A selective meta-analysis of the literature. *Review of Educational Research*, 76(2), 249-274.
- Szücs, D., Devine, A., Soltesz, F., Nobes, A. y Gabriel, F. (2013). Developmental dyscalculia is related to visuo-spatial memory and inhibition impairment. *Cortex*, 49(10), 2674-2688.
- Talanquer, V. (2009). De escuelas, docentes y TICs. *Educación Química*, 20 (3), 345-350. Recuperado de http://icsoi.arizona.edu/tpp/EdQuim_TICs.pdf
- Tamm, L., Menon, V. y Reiss, A. (2002). Maturation of brain function associated with response inhibition. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 41(10), 1231-1238.
- Tejedor, F. (2003). Las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación y la Investigación Educativa. *Ágora Digital*, 6, 1-23. Recuperado de <http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/3517/b15761769.pdf?sequence=1>
- Tellier, M. (2008). The effect of gestures on second language memorisation by young children. *Gesture*, 8(2), 219-235.

- Temple, C. (1997a). *Developmental cognitive neuropsychology*. Hove: Psychology Press.
- Temple, C. (1997b). Executive Disorders. En C. Temple (Ed.), *Developmental cognitive neuropsychology* (pp. 287-316). Hove: Psychology Press.
- Tena, R., Graván, P. y Cejudo, M. (2009). *Tecnologías en los entornos de infantil y primaria*. Madrid: Síntesis.
- Thibaut, J., French, R. y Vezneva, M. (2010). Cognitive load and executive functions. *Journal of Experimental Child Psychology*, *106*, 1–19.
- Thorell, L., Lindqvist, S., Bergman, S., Bohlin, G. y Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science*, *12*(1), 106-113. DOI:10.1111/j.1467-7687.2008.00745.x
- Thorell, L. y Nyberg, L. (2008). The Childhood Executive Functioning Inventory (CHEXI): A New Rating Instrument for Parents and Teachers. *Developmental Neuropsychology*, *33*(4), 536–552.
- Thorell, L., Veleiro, A., Siu, A. y Mohammadi, H. (2013). Examining the relation between ratings of executive functioning and academic achievement: Findings from a cross-cultural study. *Child Neuropsychology*, *19*(6), 630-638. DOI:10.1080/09297049.2012.727792
- Tirapu-Ustárrroz, J., García-Molina, A., Luna-Lario, P., Roig-Rovira, T y Pelegrín-Valero, C. (2008a). Modelos de funciones y control ejecutivo (I). *Revista de Neurología*, *46*(11), 684-692.
- Tirapu-Ustárrroz, J., García-Molina, A., Luna-Lario, P., Roig-Rovira, T y Pelegrín-Valero, C. (2008b). Modelos de funciones y control ejecutivo (II). *Revista de Neurología*, *46*(12), 742-750.
- Tirapu-Ustárrroz, J., Muñoz-Céspedes, J. y Pelegrín-Valero, C. (2002). Funciones ejecutivas: necesidad de una integración conceptual. *Revista de Neurología*, *34*(7), 673- 685.

- Tobia, V., Bonifacci, P. y Marzocchi, G. (2016). Concurrent and longitudinal predictors of calculation skills in preschoolers. *European Journal of Psychology of Education*, 31(2), 155-174. DOI:10.1007/s10212-015-0260-y
- Toll, S., Van der Ven, S., Kroesbergen, E. y Van Luit, J. (2011). Executive functions as predictors of math learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 44(6), 521-532. DOI:10.1177/0022219410387302
- Tomporowski, P., McCullick, B., Pendleton, D. y 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.
- Torgesen, J. (1994). Issues in the assessment of executive function: An information-processing perspective. En G. Lyon (Ed.), *Frames of reference for the assessment of learning disabilities: New views on measurement issues* (pp. 143-162). Baltimore: Paul H Brookes Publishing.
- Torres, J. (2006). La desmotivación del profesorado. Madrid: Ediciones Morata.
- Touriñán, J., Rodríguez, A. y Oliveira, E. (2003). La sociedad de la información y nuevas exigencias en formación del profesorado. *Revista Aula Abierta*, 81, 57-74.
- Tourón, J. y Santiago, R. (2013). Atención a la diversidad y desarrollo del talento en el aula. El modelo DT-PI y las tecnologías en la implantación de la flexibilidad curricular y el aprendizaje al propio ritmo. *Revista Española de Pedagogía*, 256, 441-459.
- Tramontana, M. y Hooper, S. (1988). *Assessment issues in child neuropsychology*. New York: Plenum Press.
- Traverso, L., Viterbori, P. y Usai, M. (2015). Improving executive function in childhood: evaluation of a training intervention for 5-year-old children. *Frontiers in psychology*, 6, 525-539.

- Treffers, A. (1987). *Three Dimensions: A Model of Goal and Theory Description in Mathematics Instruction. The Wiskobas Project*. Dordrecht: Reidel Publishing Company.
- Trujillo, N. y Pineda, D. (2008). Función Ejecutiva en la Investigación de los Trastornos del Comportamiento del Niño y del Adolescente. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 77–94.
- Tupper, D. (1999). Introduction: Alexander Luria's continuing influence on worldwide neuropsychology. *Neuropsychology Review*, 9(1), 1-7.
- Urbina, S. (2002). Líneas de investigación sobre el uso del ordenador y educación infantil. *Revista de medios y educación de la Universidad de Sevilla (Pixel Bit)*, 19, 27-48.
- Valcárcel, A. (2001). *Didáctica universitaria*. Madrid: Editorial La Muralla.
- Van der Ven, S., Kroesbergen, E., Boom, J. y Leseman, P. (2012). The development of executive functions and early mathematics: A dynamic relationship. *British Journal of Educational Psychology*, 82, 100–119.
- Van Hiele-Geldof, D. (1957). *De didaktiek van de meetkunde in de eerste klas van het V.H.M.O.* Groningen: J. B. Wolters.
- Van Hiele, P. (1957). *De problematiek van het inzicht: gedemonstreerd aan het inzicht van schoolkinderen in meetkunde-leerstof*. Groningen: J. B. Wolters.
- Van Hiele, P. (1986). *Structure and Insight: A Theory of Mathematics Education*. London: Academic Press.
- Van Leijenhorst, L., Westenberg, P. y Crone, E. (2008). A developmental study of risky decisions on the cake gambling task: age and gender analyses of probability estimation and reward evaluation. *Developmental Neuropsychology*, 33, 179-196. DOI:10.1080/87565640701884287
- Van Lier, P. y Deater-Deckard, K. (2016). Children's Elementary School Social Experience and Executive Functions Development: Introduction to a Special Section. *Journal of abnormal child psychology*, 44(1), 1-6.

- Van Nieuwenhoven, C., Grégoire, C. y Noël, M. (2005). *Test para el diagnóstico de las competencias en Matemáticas. (TEDI-MATH)*. Madrid: TEA.
- Verdejo-García, A. y Bechara, A. (2010). Neuropsicología de las funciones ejecutivas. *Psicothema*, 22(2), 227-235.
- Vergnaud, G. (1982). A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. En T. Carpenter; J. Moser y T. Romberg (Eds.), *Addition and Substraction: A cognitive perspective* (pp. 39-59). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Récherches en Didactique des Mathématiques*, 10(2-3), 133-170.
- Vilkki, J. (1995). Neuropsychology of mental programming: an approach for the evaluation of frontal lobe dysfunction. *Applied Neuropsychology*, 2(3), 93-106. DOI:10.1080/09084282.1995.9645346
- Villa, A. y Poblete, M. (2007). *Aprendizaje basado en competencias. Una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas*. Bilbao: Universidad de Deusto.
- Volckaert, A. y Noël, M. (2015). Training executive function in preschoolers reduce externalizing behaviors. *Trends in Neuroscience and Education*, 4(1), 37-47.
- Vygotski, L. (1934). *Myshlenie i rech*. Moscow and Leningrado, Rusia: Editorial Sotsekgiz.
- Vygotski, L. (1962). *Thought and Language*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology Press.
- Vygotski, L. (1978). *Mind in Society. The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge: Harvard University Press.
- Vygotski, L. (1987). *Pensamiento y lenguaje: Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas*. Buenos Aires: La Pleyade.
- Vygotski, L. (1995). *Obras escogidas*. Madrid: Visor.

- Wainer, A. e Ingersoll, B. (2011). The use of innovative computer technology for teaching social communication to individuals with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(1), 96-107.
- Watanabe, T. (2002). Representations in Teaching and Learning Fractions. *Teaching Children Mathematics*, 8(8), 457-463.
- Watson, J. (1913). Psychology as the behaviorist views it. *Psychological Review*, 20, 158-177.
- Welsh, M. (2002). Developmental and clinical variations in executive functions. In D. Molfese y V. Molfese (Eds.), *Developmental variations in learning: Applications to social, executive function, language and reading skills* (pp. 139-185). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Welsh, M. y Pennington, B. (1988). Assessing frontal lobe functioning in children: Views from developmental psychology. *Developmental neuropsychology*, 4(3), 199-230.
- Welsh, M., Pennington, B. y Groisser, D. (1991). A normative-developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology*, 7(2), 131-149.
- Wertsch, J. (1981). *The Concept of activity in Soviet psychology*. New York: M.E. Sharpe.
- Weyandt, L. (2005). Executive Function in Children, Adolescents, and Adults With Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Introduction to the Special Issue. *Developmental neuropsychology*, 27(1), 1-10.
- Wiklund-Hörnqvist, C., Jonsson, B., Korhonen, J., Eklöf, H. y Nyroos, M. (2016). Untangling the Contribution of the Subcomponents of Working Memory to Mathematical Proficiency as Measured by the National Tests: A Study among Swedish Third Graders. *Frontiers in Psychology*, 7, 1062.
- Williams, M. (2003). Technology integration in education. En A. Wong y S. Chee (Eds.), *Teaching and learning with technology: An Asia-pacific perspective* (pp. 17-31). Singapore: Prentice Hal.

- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 625-636.
- Worthington, E., Welsh, J., Archer, C., Mindes, E. y Forsyth, D. (1996). Computer-Assisted Instruction as a supplement to lectures in an introductory psychology class. *Teaching of Psychology*, 23, 175-181.
- Zabalza, M. (2013). La formación del profesorado universitario. *Revista de Docencia Universitaria*, 11(2), 11-13.
- Zaporozhets, A. y Lisina, M. (1986). *El desarrollo de la comunicación en la infancia*. Madrid: Trillas.
- Zeichner, K. (2010). Nuevas epistemologías en formación del profesorado. Repensando las conexiones entre las asignaturas del campus y las experiencias de prácticas en la formación del profesorado en la universidad. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 68, 123-149.
- Zelazo, P. (2004). The development of conscious control in childhood. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(1), 12–17. DOI:10.1016/j.tics.2003.11.001
- Zelazo, P., Craik, F. y Booth, L. (2004). Executive function across the life span. *Acta Psychologica*, 115, 165-183.
- Zelazo, P. y Frye, D. (1998). Cognitive complexity and control: The development of executive function. *Current Directions in Psychological Science*, 7, 121-126.
- Zelazo, P. y Müller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. En U. Goswami (Ed.), *Handbook of childhood cognitive development* (pp. 445-469). Oxford: Blackwell.
- Zelazo, P., Müller, U., Frye, D. y Marcovitch, S. (2003). The Development of Executive Function: Cognitive Complexity and Control. *Revised. Monographs of the Society for Research in Child Development*, 68(3), 93-119.
- Zinchenko, V. (2004). The Psychological Theory of Activity "Remembrances of the Future". *Journal of Russian & East European Psychology*, 42(2), 30-68.

