

Universidad Camilo José Cela
Facultad de Educación



Programa de Doctorado en Ciencias de la Educación

TESIS DOCTORAL

**Evaluación y Diseño de Material Digital para el Aprendizaje
Autorregulado en Educación Primaria**

Doctoranda: Natalia Lara Nieto-Márquez

Director: Dr. Miguel Ángel Pérez Nieto

Tutora: Dra. Diana Cembreros Castaño

Madrid, 2020

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría comenzar agradeciendo a mis abuelos por haberme cuidado, por enseñarme la disciplina y la cultura del esfuerzo que me ha sido de gran ayuda para concluir este proceso. En especial quiero dedicar la presente tesis a mi abuela Antonia Nieto-Márquez, aunque nos quedaron muchas cosas por hacer, su memoria del apoyo constante desde que era una niña continúa motivándome diariamente a superarme.

A Jacinto Lara Nieto-Márquez, por su especial perspectiva de la vida que me mantiene consciente de mis acciones. Gracias por tus esfuerzos, creer en mí y apoyar mis inquietudes. Tus enseñanzas me han ayudado a cuestionarme y aportar una actitud crítica a este trabajo.

A María del Carmen Nieto-Márquez Haro, gracias por la fortaleza y disciplina que me has enseñado. Tus enseñanzas me han permitido mantenerme constante en este proceso.

A Pablo López Aránguez, gracias por el apoyo constante y la comprensión que has tenido a lo largo de todo este proceso en la convivencia. Sin tu paciencia, no habría sido posible este trabajo.

A Beatriz Navas, porque sin tu ayuda no habría llegado a comenzar este proceso. Gracias por apoyarme como una madre y animarme a perseguir mis metas.

A la Dra. Diana Cembreros, gracias por mostrarme que tenía la posibilidad de realizar un doctorado. Sin tu ayuda no habría sido posible comenzar este proceso, ni conseguir la beca del proyecto. Para mí eres el ejemplo del impacto que puede tener un profesor en el desarrollo personal de un alumno al interactuar con él.

Al Dr. Miguel Ángel Pérez Nieto, gracias por tu comprensión, guía y enseñanzas en este proceso. Para mí eres un referente de aprendizaje tanto del perfil investigador como del perfil de director. Gracias por el aprendizaje integral que me has proporcionado durante estos años, tu confianza y libertad para poder dar lo mejor de mí. Sin tu ayuda no habría sido posible lograr los objetivos del proyecto.

Al Dr. Alejandro Cardeña Martínez, gracias por tu tiempo, tus aportaciones y apoyo constante desde que nuestros caminos se encontraron. Gracias por ilustrarme en el área de experiencia de usuario.

Al Dr. Alejandro Baldominos, gracias por tu apoyo y guía en el proceso de investigación dentro del contexto empresarial. Gracias por el aprendizaje en el área de informática.

To Dr. Martin Sillaots, thanks for hosting me in your department at Tallinn University, helping me to understand and learn about game design. Thank you for the time shared both, during my stay and at the Summer School. Your lessons have helped me to improve my skills as a researcher and introduce me to game design.

To Dra. Prof. Mathiasen, thank you for accepting me in your department at the University of Copenhagen and welcoming me among the different groups at the university. Thank you for the time you have been able to dedicate to me, contacts and constant support since my stay.

Your enthusiasm has encouraged me to continue exploring the perspective of learning skills and the importance of teachers in the learning process.

To Dra. Prof. Hilde Van Keer, thank you for the warm reception during the stay and among the members of the group. Thank you for the time shared, helping me to contact people to continue investigating methodologies of self-regulated learning research, as well as learning through your expertise. Your passion and dedication motivate me to continue the research line of self-regulated learning in students.

A Víctor Sánchez y Beatriz Martos, gracias por la posibilidad de realizar el doctorado industrial, al igual que por la comprensión a lo largo de los procesos y etapas del proyecto. También me gustaría agradecer a todo el equipo que ha formado parte de Smile and Learn Digital Creations durante estos años, por su apoyo e inclusión como parte de la empresa.

A los miembros de Gestión de la universidad, por todo su trabajo, implicación y ayuda durante el proyecto IND2017/SOC-7874.

A los profesores con los que he contactado durante el proceso de investigación por ayudarme a comprender las realidades en el aula.

Por último, me gustaría agradecer a todas esas personas que, aunque no nombre, han formado parte desde diferentes perspectivas en este proyecto, profesores que he tenido a lo largo de mi recorrido académico y amigos. Gracias por apoyarme conociendo mis inquietudes y curiosidades. Vuestras enseñanzas me han ayudado a llegar al punto actual de mi desarrollo personal y profesional.

TABLA DE CONTENIDOS

LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS	7
RESUMEN	13
ABSTRACT	15
LISTADO DE ARTÍCULOS QUE COMPONEN LA TESIS	17
FINANCIACIÓN DEL PROYECTO	18
CAPÍTULO 1	21
INTRODUCCIÓN GENERAL	21
1. <i>Evolución de la tecnología y del material digital</i>	21
2. <i>Implementación de materiales digitales en las aulas</i>	25
2.1. Material digital y aprendizaje	27
3. <i>Diseño de juegos</i>	30
4. <i>Contexto del desarrollo del material digital educativo en universidades e industria</i>	37
CAPÍTULO 2	49
VARIABLES DE ESTUDIO EN EL PROYECTO	49
1. <i>Motivación</i>	49
1.1. Motivación y aprendizaje	49
1.2. Instrumentos de evaluación de la motivación	53
1.3. Motivación y material digital	53
2. <i>Metacognición</i>	57
2.1. Metacognición y aprendizaje	57
2.2. Metacognición en el aula	61
2.3. Instrumentos de evaluación de la metacognición	62
2.4. Metacognición y material digital	63
3. <i>Funciones Ejecutivas</i>	65
3.1. Funciones ejecutivas y aprendizaje	66
3.2. Instrumentos de evaluación de las funciones ejecutivas	69
3.3. Funciones ejecutivas y material digital	71
4. <i>Relación entre las Variables: El Aprendizaje Autorregulado</i>	72
CAPÍTULO 3	79
PROYECTO: OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	79
1. <i>Objetivos de investigación</i>	81
2. <i>Metodología de la investigación</i>	82
3. <i>Estudios</i>	84
4. <i>Relevancia de la tesis</i>	85
CAPÍTULO 4	89
DISEÑO DE JUEGOS DIGITALES	89
APARTADO 4.1. DISEÑO DE UN JUEGO: RELACIONES ENTRE LAS MECÁNICAS DE JUEGO Y LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	89
APARTADO 4.2. JUEGOS MÁS USADOS Y SUS CARACTERÍSTICAS	102

CAPÍTULO 5	109
AN EXPLORATORY ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION AND USE OF AN INTELLIGENT PLATFORM FOR LEARNING IN PRIMARY EDUCATION	109
CAPÍTULO 6	145
LINKS BETWEEN MOTIVATION AND METACOGNITION AND ACHIEVEMENT IN COGNITIVE PERFORMANCE AMONG PRIMARY SCHOOL PUPILS	145
CAPÍTULO 7	165
DIGITAL TEACHING MATERIALS AND THEIR RELATIONSHIP WITH THE METACOGNITIVE SKILLS OF STUDENTS IN PRIMARY EDUCATION	165
CAPÍTULO 8	191
ASSESSMENT OF THE EFFECTS OF DIGITAL EDUCATIONAL MATERIAL ON EXECUTIVE FUNCTIONS PERFORMANCE	191
CAPÍTULO 9	227
ASSESSING IMPACT OF SELF-REGULATED LEARNING USING EDUCATIONAL GAMES ON INTELLIGENT PLATFORM	227
CAPÍTULO 10	243
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES	243
1. <i>Resultados generales</i>	243
2. <i>Discusión general</i>	247
3. <i>Conclusiones generales</i>	254
4. <i>Prospectivas de trabajos futuros</i>	256
REFERENCIAS	259
ANEXO I:	289
ORGANIZACIÓN DE LA PLATAFORMA SMILE AND LEARN	289
ANEXO II:	297
EJEMPLOS DE GUÍAS DIDÁCTICAS	297
ANEXO III:	307
CARTA DE ACEPTACIÓN DEL ARTÍCULO DE ANALES DE PSICOLOGÍA	307

LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Tabla 1** **38**
Listado de algunas de las principales asociaciones y grupos de referencia en el estudio de los juegos y materiales digitales (Farber, 2018; Ritterfeld et al., 2009).
- Tabla 2** **40-41**
Listado de algunas empresas españolas del sector EdTech enfocadas en el desarrollo materiales digitales de 2010 a 2020. (Fuente: Snackson, 2020).
- Figura 1** **41**
Pirámide de los niveles en los que pueden establecerse los estudios de evaluación de los productos desarrollados por empresas EdTech. Adaptada de la fuente Educapital (2020).
- Figura 2** **43**
Vistas principales de la plataforma Smile and Learn. De izquierda a derecha, se observa la clasificación en mundos si el estudiante tiene necesidades educativas especiales, en el centro, si el estudiante es de infantil o primer ciclo de primaria y a la derecha la vista para segundo ciclo de primaria.
- Figura 3** **44**
(a) Vista inicial de los grupos en la plataforma. (b) Vista de los grupos de clase y menú de la web de gestión.

CAPÍTULO 2

- Figura 1** **69**
Relaciones entre las funciones ejecutivas. Figura adaptada de Diamond, 2013 (Figura 4; p.152).

CAPÍTULO 3

- Figura 1** **84**
Organización de los capítulos en relación a los objetivos de la disertación.

CAPÍTULO 4

Apartado 4.1. Diseño de un juego.

- Figura 1** **92**
Flujo de las pantallas del juego.
- Figura 2** **93**
Resumen de las fases de trabajo del diseño y desarrollo de un juego. Adaptación de Pereira (2014).
- Figura 3** **94**
Resumen de las fases de trabajo del diseño y desarrollo de un juego. Adaptación de Pereira (2014).
- Figura 4** **94**
Pantalla de conceptos teóricos.
- Figura 5** **95**
Pantalla del protocolo del experimento.

Figura 6 95
Pantalla de reflexión sobre lo que tendríamos que hacer.

Figura 7 96
Pantalla del laboratorio.

Figura 8 96
Explicación final. ¿Qué ha pasado durante el experimento?

Figura 9 97
Pantalla del quiz.

Tabla 1 93
Relación de los elementos o mecánicas del juego (GM) con las mecánicas de aprendizaje (LM). Tabla de elaboración propia según el diseño de los elementos usados en ‘Estados de la materia’, siguiendo el modelo LM-GM (Arnab et al. 2015; Arnab y Clarke. 2017; Lim et al., 2015).

Apartado 4.2. Juegos más usados y sus características.

Figure 1 103
Game design outline and development process as well as a collection of user data analysis.

Figure 2 105
Number of activities and usage time regarding the 20 most played games.

CAPÍTULO 5

Figura 1 114
Screenshot of the main screen of the Smile and Learn app, showing the different worlds that can be selected, the amount of tokens ‘smileys’ and ‘gems’ earned, as well as recommendations, most played games, favorites, and homework notebook. This panel includes a language selector, an avatar picture and the level achieved.

Figura 2 115
Screenshot of the platform showing management resources for a group of children. Multiple options are given, as seeing the progress and usage time per activity, personalizing profiles, organizing the activities that must be done, adding passwords, and so forth.

Figura 3 119
Pilot Group 1’s use of worlds (Arts, Emotion, Logic, Science, Literacy, Spatial, Multiplayer) at Smile and Learn’s platform. (a) General time of usage (seconds) with the platform for Pilot Group 1; (b) General number of activities played by Pilot Group 1 with the platform.

Figura 4 120
Descriptive statistic representation of significant results with one-way ANOVA. (a) Figure showing major results for ‘time of usage’ among class groups in the world Logic. (b) Figure showing major results for ‘time of usage’ among class groups in the world Science.

Figura 5 121
Descriptive statistic representation of significant results via one-way ANOVA analysis, showing the relationships between the number of activities played in the Multiplayer world per class groups.

Figura 6 122
Pilot Group 2’s use of worlds (Arts, Emotion, Logic, Science, Literacy, Spatial, Multiplayer) at Smile and Learn’s platform. (a) General time of usage (seconds) with the platform for Pilot Group 2; (b) General number of activities played by Pilot Group 2 with the platform.

Figura 7 123
Descriptive statistic representation of significant results with one-way ANOVA. (a) Figure showing major results for ‘time of usage’ among class groups in the world Logic. (b) Figure showing major results for ‘time of usage’ among class groups in the world Science.

Figura 8	124
<i>Pilot Group 2's use of worlds (Arts, Emotion, Logic, Science, Literacy, Spatial, Multiplayer) at Smile and Learn's platform. (a) General time of usage (seconds) with the platform for Pilot Group 3; (b) General number of activities played by Pilot Group 3 with the platform.</i>	

Figura 9	125
<i>Descriptive statistic representation of significant results via one-way ANOVA analysis, showing the relationships between the number of activities played in the Literacy world per class groups.</i>	

Figura 10	126
<i>Descriptive statistic representation of significant results of activities played with one-way ANOVA analysis. (a) Figure of significant results with activities played among class groups in the Arts world. (b) Figure of significant results with activities played between class groups in the Logic world. (c) Figure of significant results with activities played between class groups in the Science world. (d) Figure of significant results with activities played between class groups in the Spatial world.</i>	

Table A1	133
<i>Descriptive statistic of the Pilot Group 1 at platform worlds. The use is measured in seconds and the activities done are collected as numbers.</i>	

Table A2	134
<i>Descriptive statistic scores at all games and quizzes played by Pilot Group.</i>	

Table A3	134
<i>Descriptive statistics of the Pilot Group 2 at platform worlds. The use is measured in seconds and the activities done are collected as numbers.</i>	

Table A4	135
<i>Descriptive statistics scores at all games and quizzes played by Pilot Group.</i>	

Table A5	135
<i>Descriptive statistics of the Pilot Group 3 at platform worlds. The use is measured in seconds and the activities done are collected as numbers.</i>	

Table A6	136
<i>Descriptive statistics scores at all games and quizzes played by Pilot Group.</i>	

CAPÍTULO 6

Figura 1	152
<i>Schema of the differences in the descriptive statistics of the cognitive performance results in the tests of Grey Trails 1 (S1) and Colour Trails 2 (S2) in relation to the two groups obtained from the motivation variable (D1) of Focus the result and avoidance (Group 1, N = 52) versus focus on learning (Group 0, N = 55).</i>	

Figura 2	153
<i>Schema of the differences between the descriptive statistics of the cognitive performance results in the test of Interference (IN) in relation to the motivation variable (D1) of Focus on the result and avoidance (Group 1, N = 52) versus focus on learning (Group 0, N = 55).</i>	

Figura 3	154
<i>Schema of the descriptive statistics of the results of the variables Knowledge (K) and Regulation (R) of metacognition in relation to the motivation variable of Apathy versus increased effort (D2). Group 1, N = 50; Group 0, N = 42.</i>	

Tabla 1	151
<i>Correlations between motivation, metacognitive and cognitive performance variables. Motivation variables: D1, Motivation for the focus on results and avoidance vs. focus on learning; D2, Apathy vs. increased effort; D3, Motivation for excellence vs. absence thereof. Metacognitive variables: K, Knowledge; R, Knowledge regulation. Cognitive performance variables: F1, Phonological fluency; F2, Semantic fluency; S1, Grey Trails 1; S2, Colour Trails 2; A, Rings task; IN, Interference.</i>	

Tabla 2	151
<i>Descriptive statistics of the scores recorded for each one of the variables. There are variations in the sample number (N) as the calculation of the variable has excluded those items for which some of the answers have not been completed. The mean (M) and standard deviation (SD) are also included.</i>	

CAPÍTULO 7

Figure 1	168
<i>Graphics of the feedback for each game on the Smile and Learn platform: (a) Feedback graphics of the right and wrong answers each time played; (b) feedback of the progress from several play sessions and levels played.</i>	

Figure 2	169
<i>Screenshots of feedback examples at the activities: (a) Initial self-assessment questions for the experiment activity in the science world; (b) screen of the level progress in the adaptative calculation; on the top of the screenshot, the right and wrong answers can be assessed; (c) assessment of right and wrong answers in adaptative calculations; (d) feedback corrections to promote self-assessment; (e) final score screen for practice multiplication; (f) timed feedback for the spatial world in the puzzle activity.</i>	

Figura 3	174
<i>Graphic of the descriptive statistical use for the Logic and Spatial worlds in the 3rd grade of primary education. Number of students who played Logic activities = 113. Average time engaging in Logic activities = 37.34 min. Number of students who played Spatial activities = 108. Average time spent with Spatial activities = 32.39 min.</i>	

Figura 4	175
<i>Graphic representation of the differences between the descriptive statistical scores for Metacognition Knowledge (K) with the use of teaching applications that address logical–mathematical skills. The statistical representations correspond with students who completed the pre-test and post-test and played Logic activities. Number of students = 71.</i>	

Figura 5	176
<i>Graphic representation of the differences between the descriptive statistical scores for Metacognition Knowledge (K) with the use of teaching applications that address visuospatial skills. The statistical representations correspond to students who completed the pre-test and post-test and played Spatial activities. Number of students = 67.</i>	

Tabla 1	174
<i>Descriptor statistics of the average according to the scores taken pre-test and post-test. The legend of the column titles is the following: N (number of students), AVG (average), SD (standard deviation), Min. (minimum value), and Max. (maximum value).</i>	

CAPÍTULO 8

Figura 1	193
<i>Screenshot of Smile and Learn’s main screen.</i>	

Figura 2	202
<i>Graphic of general descriptive statistics of the time of usage in Science, Logic, Spatial and Arts.</i>	

Figura 3	204
<i>Graphic of descriptive statistical by grades of time of use in Science, Logic, Spatial and Arts.</i>	
Figura 4	206
<i>(a) Graphic of S1 Scores from students that played the Logic World, (b) Graphic of S1 Scores from students that played the Spatial World, (c) Graphic of S1 Scores from students that played the Arts World.</i>	
Figure 5	207
<i>(a) Graphic of regression analysis with the usage of Logic world and its relation with scores from S1. (b) Graphic of regression analysis with the usage of Spatial world and its relation with scores from S1.</i>	
Figure 6	210
<i>Graphics of the differences between group 0 (less use) and group 1 (more use) to scores taken from S1: (a) with the use of Logic activities; (b) with the use of Spatial activities.</i>	
Figure 7	211
<i>Graphics of the differences between group 0 (less use) and group 1 (more use) to scores taken at IN (a) with the use of Logic activities (b) with the use of Spatial activities.</i>	
Figure 8	211
<i>Graphics of the differences between group 0 (less use) and group 1 (more use) showing scores obtained from A with the use of Spatial activities. Scores at task A are measured in time, being thus inverse to progress.</i>	
Table 1	203
<i>Descriptive statistics of children's scores by groups from the ENFEN battery. Abbreviations' references: Phonological fluency (F1), Semantic fluency (F2), Grey Trails (S1), Color Trails (S2), Rings task (A), Interference (IN), Number of users (N.), Minimum (Min.), Maximum (Max.), Mean (MD), Standard Deviation (SD).</i>	
Table 2	208
<i>Descriptive statistics of children by groups created for the post hoc experiment. Abbreviations' references: Number of users (N), Mean (MD), Standard Deviation (SD).</i>	
 CAPÍTULO 9	
Figura 1	228
<i>Main menu of the platform Smile and Learn.</i>	
Figura 2	232-233
<i>Representation of the effect of the use of games on the Motivation (a) and Inhibition (b) of the students.</i>	
Tabla 1	233
<i>Descriptive statistics for each of the variables analysed. The total sample of the students who completed the questionnaire is N = 300.</i>	
Tabla 2	233
<i>Analysis of the Pearson correlation among the different variables analysed with the SelfReg questionnaire, and the time of use (TU) of the games designed by Smile and Learn. ** Correlation is significant at the 0.01 level. *Correlation is significant at the 0.05 level.</i>	
 CAPÍTULO 10	
Figura 1	256
<i>Mapa mental de los conceptos o áreas que pueden relacionarse a partir de la presente disertación.</i>	

RESUMEN

La incorporación de avances y recursos tecnológicos en el aula ha continuado aumentando en estos últimos años. Al mismo tiempo, también se han incrementado la cantidad de contenidos digitales, así como empresas EdTech que los diseñan y desarrollan. Estos contenidos o materiales digitales en su mayoría se apoyan en elementos de juego utilizando la gamificación, o pueden ser juegos digitales. Así, tienen el objetivo de apoyar la labor docente en el aula a través de su uso mediante metodologías como el aprendizaje basado en juegos. Igualmente, con su aplicación en el aula se aspira a crear entornos de enseñanza que favorezcan la motivación de los estudiantes por el aprendizaje. Este cambio por los materiales digitalizados en el aula, requiere que se evalúe para determinar el efecto que pueden tener en los procesos de aprendizaje. Así, esta evaluación permitiría mejorar el diseño del material digital educativo, al igual que los procesos de implementación, para analizar cómo podría apoyar al aprendizaje de los estudiantes. Por ello, el objetivo de esta disertación se encuadra en el objetivo principal del proyecto IND2017/SOC-7874, siendo este el diseño y la evaluación del material digital educativo para promover la motivación, la metacognición, el funcionamiento ejecutivo y el aprendizaje autorregulado de los estudiantes en educación primaria. De este modo, la presente disertación contribuye a la línea de investigación de la evaluación y diseño de juegos educativos, contextualizando las bases teóricas de investigaciones académicas en el entorno empresarial. Para poder realizar esta evaluación era necesario la comprensión de los procesos industriales, de esta forma, se pueden vislumbrar dos bloques en la disertación. Uno de ellos orientado al análisis del uso y diseño de los juegos, y otro, enfocado en el aprendizaje que podrían promover.

En primer lugar, se analizan las bases teóricas en las que podría contextualizarse el diseño de juegos y materiales educativos, así como su aplicabilidad en el sector industrial. Esto permite seleccionar un marco teórico académico y las guías más adecuadas que pueden aplicarse a los materiales digitales educativos. Este primer bloque se desarrolla en el Capítulo 1 (C1) a través de un resumen de la evolución de la tecnología y del material digital, así como su implementación en el aula. Le sigue una explicación de las perspectivas y debates en relación al diseño y evaluación de los materiales digitales. Así, el análisis de los juegos en este trabajo se focaliza en referencia al modelo “Mecánicas de aprendizaje”- “Mecánicas de juego” [*Learning Mechanics - Game Mechanics*; LM-GM] (Arnab et al., 2015; Lim et al., 2015). La aplicación de este modelo a los contenidos digitales desarrollados se recoge en los Capítulos 4 y 5 (C4 y C5). También se indaga y participa en los procesos industriales para el diseño de juegos.

En segundo lugar, esta disertación plantea una serie de estudios empíricos cuasi-experimentales (Capítulo 3), para estudiar el efecto del uso de los materiales digitales en la metacognición, las funciones ejecutivas y el aprendizaje autorregulado. Así, en el Capítulo 7 (C7) se expone el estudio del efecto en la metacognición, centrado en dos elementos: el conocimiento metacognitivo y regulación metacognitiva. En el Capítulo 8 (C8) se explora el efecto del uso de material digital en las funciones ejecutivas. Para ello, se emplea una prueba de rendimiento como medida de rendimiento académico de los estudiantes. En el Capítulo 9 (C9) se estudia el efecto del uso del material digital en el aprendizaje autorregulado. Finalmente, se analiza la posibilidad de utilizar los modelos de aprendizaje autorregulado para el diseño del material digital educativo. Previamente, se estudió en la muestra las

variables sobre las que se analizaría el efecto del uso del material digital. Así, este estudio se recoge en el Capítulo 6 (C6) y su explicación teórica se desarrolla en el Capítulo 2 (C2). De este modo, se establece el vínculo que existe entre las variables de motivación, metacognición y funciones ejecutivas en la muestra de estudiantes de este trabajo. Este trabajo empírico y teórico, contribuye a contextualizar el análisis de los juegos desde la perspectiva de la teoría de la motivación a metas. Así, el estudio del efecto en el aprendizaje a partir de estas variables, quiere aportar una orientación a las directrices de diseño de los juegos y uso, hacia modelos que contribuyan al desarrollo de habilidades y competencias que se requieren a lo largo de la vida.

Finalmente, en el Capítulo 10 (C10) se recogen los resultados generales de los diferentes estudios, así como su discusión y conclusiones. De este modo, se puede generalizar que el uso del material digital en el aula puede contribuir a la mejora del aprendizaje en algunos aspectos como el conocimiento metacognitivo. Se observa también la mejora de las funciones ejecutivas con el uso de algunas actividades específicas, de la plataforma Smile and Learn, con la batería de pruebas neuropsicológicas del ENFEN [Evaluación Neuropsicológica de las Funciones Ejecutivas en Niños] (Portellano et al., 2011). En el aprendizaje autorregulado, se obtienen mejoras en variables de la regulación del comportamiento, como la motivación y la inhibición. Así, se concluye que, aunque los resultados muestran efectos limitados, podrían contribuir a la mejora del aprendizaje en algunos aspectos. Para continuar con la mejora de la evaluación y diseño de material digital se presentan líneas futuras de investigación en las que seguir trabajando. Todavía sería necesario seguir indagando en el efecto que el uso de los materiales digitales puede tener en el aprendizaje de los estudiantes. Para ello, el trabajo conjunto en áreas abarcadas en esta disertación, así como áreas de análisis de datos y métricas de aprendizaje, de experiencia de usuario o de formación docente, podrían aportar más resultados que permitan contribuir a la mejora de estos materiales.

Palabras clave: diseño de juegos, evaluación, aprendizaje autorregulado, investigación experiencia usuario (UXR), gamificación.

ABSTRACT

The integration of technological advances and resources in the classroom has continued to increase in recent years. At the same time, the amount of digital content has also increased, as well as EdTech companies that design and develop them. These contents or digital materials are mostly supported by game elements using gamification, or they can be digital games. Thus, they aim to support the teaching work in the classroom through its use by methodologies such as game based learning. Similarly, with its application in the classroom aims to create learning environments that encourage student motivation for studying. This switch to digitized materials in the classroom requires assessment to determine the effect they may have on learning processes. Thus, this evaluation would allow to improve the design of the digital educational material, as well as the implementation processes, to analyze how it could support students' learning. Therefore, the aim of this dissertation is framed in the main objective of the project IND2017/SOC-7874, being this the design and evaluation of the digital educational material to promote motivation, metacognition, executive functioning and self-regulated learning (SRL) of students in primary education. In this way, this dissertation contributes to the research line of evaluation and design of educational games, contextualizing the theoretical bases of academic research in the business environment. In order to carry out this evaluation, it was necessary to understand the industrial processes. In this way, two blocks can be glimpsed in the dissertation. One of them focused on the analysis of the use and design of the games, and the other, focused on the learning that they could promote.

First, the theoretical bases in which the design of games and educational materials could be contextualized, as well as their applicability in the industrial sector, are analyzed. This allows the selection of a theoretical academic background and the most appropriate guidelines that can be applied to digital educational materials. This first block is developed in Chapter 1 (C1) through a summary of the evolution of technology and digital materials, as well as their implementation in the classroom. It is followed by an explanation of the perspectives and discussions regarding the design and evaluation of digital materials. Thus, the analysis of games in this paper focuses on the "Learning Mechanics - Game Mechanics" model (Arnab et al., 2015; Lim et al., 2015). The application of this model to the digital contents developed is collected in Chapters 4 and 5 (C4 and C5). The industrial processes for game design are also investigated and involved.

Secondly, this dissertation raises a series of quasi-experimental empirical studies (Chapter 3), to study the effect of the use of digital materials on metacognition, executive functions and self-regulated learning. Thus, Chapter 7 (C7) presents the study of the effect on metacognition, focusing on two elements: metacognitive knowledge and metacognitive regulation. Chapter 8 (C8) explores the effect of the use of digital material on executive functions. To this end, a neuropsychological test is used as a measure of students' academic performance. Chapter 9 (C9) explores the effect of the use of digital material on self-regulated learning. Likewise, it is analyzed the possibility of using the models of self-regulated learning for the design and evaluation of the educational digital material. Previously, the variables on which the effect of the use of digital material would be analyzed were studied in the sample. Thus, this study is collected in Chapter 6 (C6) and its theoretical explanation is developed in Chapter 2 (C2). In this way, it is established the link between the variables of motivation, metacognition and executive functions in the sample of students in this work. This empirical and theoretical work, contributes to contextualize the analysis of games from the perspective of the theory of motivation to goals. Thus, the study of the effect on learning from these

variables, wants to provide guidance to the guidelines of game design and use, to models that contribute to the development of skills and competencies that are required throughout life.

Finally, Chapter 10 (C10) contains the general results of the different studies, as well as their discussion and conclusions. In this way, it can be generalized that the use of digital material in the classroom can contribute to the improvement of learning in some aspects such as metacognitive knowledge. It is also observed the improvement of executive functions with the use of some specific activities, the Smile and Learn platform, with the battery of neuropsychological tests of ENFEN [Neuropsychological Assessment of Executive Functions in Children] (Portellano et al., 2011). In self-regulated learning, improvements are obtained in variables of behavior regulation, such as motivation and inhibition. Thus, it is concluded that, although the results show limited effects, they could contribute to the improvement of learning in some aspects. In order to continue with the improvement of the evaluation and design of digital material, future lines of research are presented in which to continue working. It would still be necessary to continue investigating the effect that the use of digital materials can have on student learning. To this end, joint work in areas covered in this dissertation, as well as in areas of data analysis and learning metrics, user experience or teacher training, could provide more results that contribute to the improvement of these materials.

Keywords: game design, assessment, self-regulated learning (SRL), user experience research (UXR), gamification.

LISTADO DE ARTÍCULOS QUE COMPONEN LA TESIS

Artículo I: Publicado en: *Actas del 3º Congreso Mundial de Educación EDUCA 2020*. ISBN:978-84-948288-7-4.

Lara Nieto-Márquez, N. (2019). ¿Cómo diseñar juegos educativos digitales para el aprendizaje de ciencias? Ejemplo de juego serio: “Estados de la materia”. En Arufe, V.; Abilleira, M.; Nieto, E. (Coordinadores), *Actas del 3º Congreso Mundial de Educación EDUCA 2020* (pp. 729- 739). <http://www.mundoeduca.org>

Artículo II: Publicado en *Proceedings of 5th Gamification & Serious Games Symposium 2020*.

Lara Nieto-Márquez, N. (2020). The 20 most played educational games analyzed in an intelligent learning platform for children. In *5th Gamification & Serious Games Symposium 2020* (pp. 11-14). <https://gsgs.ch/wp-content/uploads/2020/09/gsgs20-web.pdf>

Artículo III: Publicado en *Applied Sciences*, el 3 de febrero de 2020. JCR: 2.474

Lara Nieto-Márquez, N.; Baldominos, A.; Cardeña Martínez, A. y Pérez Nieto, M.Á. (2020). An Exploratory Analysis of the Implementation and Use of an Intelligent Platform for Learning in Primary Education. *Applied Sciences*, 10, 983. <https://doi.org/10.3390/app10030983>

Artículo IV: Pendiente de publicación (enero 2021) en *Anales de Psicología*. JCR: 0.903

Lara Nieto-Márquez, N.; García, S. y Pérez Nieto, M.A. (2021). Links Between Motivation and Metacognition and Achievement in Cognitive Performance Among Primary School Pupils. *Anales de Psicología*, 37(1), 51-60. <https://doi.org/10.6018/analesps.383941>

Artículo V: Publicado en *Educational Sciences*, el 17 de abril 2020. SJR: 0.8

Lara Nieto-Márquez, N.; Baldominos, A. y Pérez-Nieto, M.Á. (2020). Digital Teaching Materials and Their Relationship with the Metacognitive Skills of Students in Primary Education. *Educational Sciences*, 10, 113. <https://doi.org/10.3390/educsci10040113>

Artículo VI: Publicado en *Frontiers in Education-Digital Education*, el 23 de noviembre de 2020. SJR: 0.7

Lara Nieto-Márquez, N.; Cardeña Martínez, A.; Baldominos, A.; González Petronila, A.; Pérez Nieto, M.Á. (2020). Assessment of the Effects of Digital Educational Material on Executive Functions Performance. *Frontiers in Education*, 5, 545709. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.545709>

Artículo VII: *Publicado en Proceedings of the 14th International Conference on Game Based Learning ECGBL 2020. E-Book ISBN: 978-1-912764-70-9. Published by Academic Conferences International Limited.*

Lara Nieto-Márquez, N.; Sillaots, M.; Cardeña Martínez, A.; Pérez Nieto, M.Á. (2020). Assessing Impact of Self-Regulated Learning Using Educational Games on Intelligent Platform. In Fotaris, P. (Ed.), *14th International Conference on Game Based Learning ECGBL 2020*. (pp. 408 - 416). Academic Conferences International Limited. doi: 10.34190/GBL.20.120

Financiación del Proyecto

La presente tesis doctoral está financiada por el Proyecto de Doctorados Industriales IND2017/SOC-7874. Los organismos beneficiarios de dicho proyecto son la empresa Smile and Learn Digital Creations y la Universidad Camilo José Cela.

Mediante la Orden 3109/2017, de 29 de agosto, del Consejero de Educación, Juventud y Deporte, se aprobaron las bases reguladoras para la realización de Doctorados Industriales en la Comunidad de Madrid cuyo objetivo es promover el desarrollo de proyectos de Doctorado Industrial en cualquier ámbito de conocimiento y en cualquier sector empresarial.

Las presentes ayudas se encuadran en el marco del Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica 2016-2020 (V PRICIT) aprobado por Consejo de Gobierno de la Comunidad de Madrid de 8 de noviembre de 2016.



1 | Introducción | General

CAPÍTULO 1

Introducción General

En este capítulo se introduce cómo ha evolucionado la tecnología, diferentes tipos de plataformas y materiales digitales educativos que se han creado gracias a los avances digitales. A continuación, se indaga en la incorporación de este material en las aulas y las necesidades que pueden encontrarse. Igualmente, se abordan diferentes modelos para el análisis o el diseño del material digital educativo y su evaluación. Para una mejor comprensión de la utilidad del material digital en el aprendizaje, se profundiza en las relaciones que pueden encontrarse en la literatura. Se extraen así las principales líneas de investigación que abarca esta área interdisciplinar y cómo pueden promover el aprendizaje el material digital o los juegos. Al ser un campo reciente del conocimiento, se explican los procesos que pueden seguirse para el diseño de los juegos digitales y materiales gamificados, así como los procesos de evaluación que pueden aplicarse a estos contenidos.

A raíz del contexto en el que se desarrolla esta tesis doctoral, inicialmente también se proporciona una visión general del diseño y desarrollo de los materiales digitales en las universidades y en la industria. A continuación, se realiza una aproximación al contexto de la industria EdTech en España que desarrolla material digital educativo. Finalmente se describe el marco específico en el que se ha desarrollado la investigación. Así, se presenta la empresa Smile and Learn Digital Creations, el desarrollo de investigación que tenían inicialmente en relación al diseño y evaluación del material digital educativo, la explicación de la plataforma Smile and Learn y la web de gestión de la empresa de los contenidos de la plataforma.

1. Evolución de la tecnología y del material digital

El número de creadores de contenidos digitales empezó a crecer en la década de 1980, cuando los ordenadores personales aparecieron en el mercado y comenzaron a ser asequibles para la mayoría de la población (Heins, 2017; Revelle, 2013). Del mismo modo, aunque los videojuegos surgieron a finales de los 70s, no fue hasta los 90s cuando comenzó a extenderse su uso y a formar parte de la cultura contemporánea (Dale y Green, 2017; Kirriemuir, 2002). Los avances e influencia de los juegos y materiales digitales han ido ligados a progresos tecnológicos como la capacidad de procesamiento de las consolas y ordenadores, o las mejoras en la representación de gráficos o sonidos. También han influido las técnicas de desarrollo a nivel de programación, cada vez más complejas en su elaboración, como las opciones de multijugador y los juegos en línea (Annetta, 2010; Gros, 2007; Kirriemuir, 2002; Squire, 2008).

El uso de los juegos ha continuado aumentando con los años y cada vez hay más variedad en el mercado, esto podría indicar que será un área que siga en crecimiento en los próximos años (Blumberg y Fish, 2013; Lieberman et al., 2009; Steinkuehler y Squire, 2014). Así, los juegos han cambiado la forma de relacionarnos socialmente, el estilo de vida y la cultura ya de varias generaciones gracias a su evolución en conjunto con la tecnología (Aguilera y Mendiz, 2003; Latham et al., 2013; Shaffer et al., 2005). Desde que surgieron los primeros juegos comerciales o de entretenimiento como Space Invader, Pac-Man, Don King Kong o Mario Bros (Arsenault, 2009; Squire 2008) hasta los juegos actualmente destacados, de multijugadores online como Fornite, Five Guys o Among Us.

Las primeras aplicaciones de los juegos con connotaciones educativas se realizaron en el ejército para el entrenamiento de los militares (Annetta, 2010; Squire y Jenkins, 2003). Este tipo de juegos estaban basados en simulaciones para la formación de los futuros soldados en el campo de batalla o de los pilotos (Greenfield et al. 1994). De este modo, comenzó a desarrollarse un área específica en torno al diseño y desarrollo de los juegos, los juegos serios (c.f. Ritterfeld et al., 2009). Destacan así desde sus inicios, entre los 70s y los 80s, el interés por los géneros de simulación y entrenamiento (Gros, 2007).

La investigación en el área de aprendizaje educativo a través de los juegos también se inició en los años 70s, junto con los primeros juegos comerciales. Estos estudios comenzaron ya a indagar en la relación de la motivación con el aprendizaje, en conjunto con las posibilidades cognitivas que podían ofrecer los juegos. Esta área llamó el interés en la década de los 80s con el boom de los videojuegos en la industria (Aguilera y Mendiz, 2003). La investigación de los juegos y sus relaciones con el contexto educativo y del aprendizaje comienza a ser más notable y a alcanzar mayor difusión a partir de los 90s (Dale y Green, 2017; Gros, 2007). Así, se ha demostrado que, aunque los juegos comerciales o de entretenimiento no tengan la intención de enseñar, pueden desarrollar habilidades y modificar el comportamiento de los jugadores (Barr, 2018; Steinkuehler y Squire, 2014). Posteriormente, comenzó el desarrollo de juegos con otros propósitos más allá del entretenimiento. De este modo, comenzó a utilizarse el término de juego serio (Bellotti et al., 2011; Ritterfeld et al., 2009). En este periodo de tiempo han surgido muchas líneas de investigación para comprender su éxito, diseño y aplicaciones a diferentes áreas como la educación (Squire y Jenkins, 2003). Estas líneas de investigación se desarrollan en el punto 2.1.

1.1. Tipos de materiales digitales y plataformas

Los avances tecnológicos han permitido la creación de diversos tipos de plataformas online o entornos de aprendizaje multimedia y materiales digitales. Así, se han ido elaborando diferentes herramientas y recursos digitales como los blogs, los podcasts, las wikis o páginas web, las redes sociales o los juegos (Annetta, 2008; Cameron y Dwyer, 2005; Erhel y Jamet, 2013; Weller, 2018; West, 2012;). Esta variedad permite acceder a la información fácilmente, gestionarla de múltiples formas a través de algunas plataformas, o mantener la interacción con los estudiantes, entre otras características (e.g. Herder et al., 2018). Todo esto representa nuevas formas de participación, compromiso y colaboración para la comunidad educativa (Weller, 2018).

Actualmente las plataformas o materiales digitales que pueden encontrarse con mayor uso en el entorno escolar podrían incluirse, de forma general, en alguna de las tres categorías que se presentan a continuación:

- **Plataformas de sistemas de gestión de aprendizaje:** En estas plataformas los profesores pueden adjuntar contenidos, facilitar comentarios de progreso del estudiante, incluir foros de discusión o de comunicación; tanto con los alumnos como con las familias (Chaw y Tang, 2018; Weller, 2018; Zhao et al., 2018). Se encuentran plataformas de este tipo para todas las etapas académicas (primaria, secundaria y universidad). Algunas de estas plataformas para la gestión del aula pueden estar gamificadas como ClassDojo¹, es decir, utilizan elementos de juego (Marczewski, 2015). Otro ejemplo de

¹ <https://www.classdojo.com/es-es/>

este tipo de plataformas puede ser Blackboard², Google Classroom³ o Flipgrid⁴. También se encuentran herramientas para la creación de contenidos, que enriquecen estos entornos de aprendizaje por parte de los docentes, como pueden ser Genial.ly⁵ o Canva⁶.

- **Plataformas con materiales digitales ya elaborados:** Este tipo de plataformas en general se componen de sistemas de gestión de los alumnos o los grupos de clase, proporcionan retroalimentación sobre el progreso e incluyen de actividades centradas en el currículo que los profesores pueden utilizar en las aulas. La diferencia con la categoría anterior reside en la inclusión de contenido por parte de estas plataformas, es decir, aquí el docente no genera el contenido. Los materiales incorporados en la plataforma se apoyan en características como la interactividad, la personalización de perfiles de aprendizaje y evaluaciones adaptativas que pueden promover el aprendizaje activo de los estudiantes (Choppin y Borys, 2017; Gee, 2009). En muchas ocasiones la plataforma o los materiales utilizan elementos de juego o se basan en juegos. El estudio de los elementos de juego para incluirlos en las plataformas o actividades utiliza la gamificación como metodología educativa (Marczewski, 2015; Marti-Parreño et al., 2018). Así, se quieren hacer entornos de aprendizaje más atractivos o entretenidos para los estudiantes (Squire, 2003). En esta categoría podrían entrar páginas webs de contenidos diseñados, aplicaciones o plataformas de diversas compañías. Estas plataformas se encuentran principalmente para la etapa de educación primaria (para ampliar ejemplos, consultar la Tabla 2 del apartado 4.1).
- **Juegos digitales:** Los juegos digitales, en primer lugar, pueden clasificarse en según el tipo de industria a la que pertenezcan. Dentro de los juegos se encuentran diferentes géneros, áreas académicas en su investigación y diferentes modelos pedagógicos si tienen fines educativos o de entrenamiento (Bellotti et al., 2011; Prensky, 2001; Squire y Jenkins, 2003). Según el tipo de industria pueden agruparse, por una parte, en casuales o comerciales que tienen por objetivo el entretenimiento y diversión del jugador (Barr, 2018; Bellotti et al., 2011; Ritterfeld et al., 2009). Para algunos juegos comerciales los diseñadores y programadores ya emplean modelos de aprendizaje que enseñen al jugador a desenvolverse en las mecánicas del juego (Boyan y Sherry, 2011). Aunque muchos juegos comerciales comenzaron a utilizarse con fines educativos y pueden ser útiles para trabajar o desarrollar determinadas habilidades (e.g. Barr, 2018; Bavelier et al., 2012; Green y Bavelier, 2012), no han conseguido involucrar a la comunidad docente del mismo modo que a los usuarios (Janarthanan, 2012; Squire y Jenkins, 2003). De este modo, para cubrir las necesidades o perspectivas docentes que los juegos casuales o comerciales no pueden abarcar, surgen los juegos serios (c.f. Ritterfeld et al., 2009). Los juegos serios no tienen por objetivo principal el entretenimiento o diversión del usuario (De Gloria et al., 2014), en el caso concreto de este trabajo, serían aquellos que tienen como propósito la educación o formación de

² <https://www.blackboard.com/es-es>

³ <https://bit.ly/3nEu4Ay>

⁴ <https://info.flipgrid.com/>

⁵ <https://www.genial.ly/>

⁶ <https://www.canva.com/>

los usuarios. Así, un juego puede reunir la capacidad de identificar, sintetizar e incorporar los objetivos de instrucción para el desarrollo de habilidades a través de la interacción (Hall et al., 2014).

Los juegos serios educativos empezaron como plataformas en las que se entrenaría a los usuarios para tareas particulares como estrategias militares (Annetta, 2010). Posteriormente los juegos serios se ampliaron a entornos de pilotos o médicos en sus inicios (De Gloria et al., 2014; Janarthanan, 2012; Squire, 2003). Actualmente la variedad de los juegos serios cubre múltiples áreas del conocimiento educativo, entrenamiento de diferentes tareas en entornos laborales y se pueden usar también con fines terapéuticos (e.g. De Gloria et al., 2014; Ritterfeld et al., 2009; Villani et al., 2018). Los juegos serios más sofisticados han destacado por utilizar técnicas de simulación y visualización que han ido mejorando con los avances tecnológicos (Gros, 2007). Otro avance o mejora de estos juegos es la posibilidad de la interacción o elaboración de comunidades a través del modo multijugador, que incluiría la socialización en el juego (Marchand y Henning-Thurau, 2013; Schrader et al., 2006). Esto ha permitido envolver al jugador en entornos realistas para entrenar múltiples habilidades como la resolución de problemas, la lógica, la memoria o el pensamiento crítico (Annetta, 2008; Squire, 2008). Por otra parte, todavía es necesario en este tipo de juegos trabajar en metodologías de diseño y educación para mejorar los procesos de instrucción, así como la forma en la que incluir conceptos pedagógicos para lograr aprendizajes más significativos (De Gloria et al., 2014). La complejidad creciente de los videojuegos puede convertirlos en entorno de aprendizajes muy útiles por sus características y capacidades educativas (Anastasiadis et al., 2018; Farber, 2018; Squire, 2006). Así, muchos autores coinciden en que los mejores entornos de aprendizaje son los juegos de simulación, ya que favorecen entornos de aprendizaje más libres y cooperativos, aunque elaborar este tipo de juegos es todo un reto (Annetta, 2008; Ritterfeld y Weber, 2005).

En resumen, los juegos serían una herramienta que apoyaría el aprendizaje activo de los estudiantes a través de la experiencia, de la toma de decisiones, movimientos y acciones que pueden reflejar las metas y los deseos de los estudiantes (Bogost, 2005; Hall et al., 2014; Yessad et al., 2010). Esto podría facilitar el desarrollo de las habilidades de los estudiantes, como muestran los estudios de Castellar et al. (2015); Jaeggi et al. (2011) y Oei y Patterson (2013). Igualmente, los juegos también generan un entorno menos estresante o de fantasía más motivador para el estudiante a diferencias de otros tipos de tareas educativas (Hall et al., 2014; Janarthanan, 2012). Sin embargo, para que el uso de los juegos serios sea efectivo debe realizarse una planificación adecuada en el entorno educativo por parte de los docentes (De Gloria et al., 2014; Farber, 2018).

Así, diversidad de plataformas y juegos ha ayudado a seguir mejorando metodologías de e-learning en las que se puede conseguir aprender con la interactividad de las actividades (Choppin y Borys, 2017; Zhang et al., 2006). Diversos autores como Arnab et al. (2015) o Bellotti et al. (2011) señalan la importancia de comprender los juegos o los materiales digitales para mejorarlos y poder elaborar programas de aprendizaje o de entrenamientos que capaciten a los estudiantes. Se sugiere así una nueva vía de futuro en los centros educativos que centren la formación en el aprendizaje experiencial a través de los materiales digitales, al igual que ya se está realizando en muchas empresas (Farber, 2018; Squire, 2008).

2. Implementación de materiales digitales en las aulas

Si bien digitalizar los contenidos educativos podría facilitar la accesibilidad de más niños con dispositivos a la educación, algunas actividades digitalizadas podrían aportar lo mismo que los libros de texto al aprendizaje (Cheung y Slavin, 2012; Holbert y Wilensky, 2014). Así, estos recursos digitales deberán ser útiles, resolver los problemas del aula, satisfacer las necesidades de aprendizaje. Igualmente, también hay que considerar el costo en relación a la inversión del tiempo necesaria y el rendimiento que puede obtenerse de su uso (Pepin et al., 2017). Por otra parte, para algunos estudiantes, acceder a materiales digitales puede ser una solución de acceso a la educación. En España en 2019 un 80,9% de los hogares tenían algún tipo de ordenador o tablet y un 91,4% cuenta con acceso a internet. Estos porcentajes se incrementan cada año cada año (INE, 2019). Aun así, una parte de los estudiantes no disponen de estos recursos (Holbert y Wilensky, 2014). Este hecho se ha constatado durante el periodo de confinamiento en el que se cerraron los centros escolares por la pandemia de la COVID-19 (Schwarz et al., 2020). Por ello, hay que comprender la inclusión de la tecnología en el aula como un apoyo o soporte, que también presenta algunas limitaciones para familias con bajo nivel socioeconómico.

Igualmente, la tecnología y los materiales digitales han entrado en los entornos educativos y de aprendizaje (Farber, 2018; Selwyn y Cooper, 2015). Los avances tecnológicos han permitido que actualmente en los centros puedan incluirse dispositivos para el aprendizaje como móviles (Chou et al., 2012; Liu et al. 2014), pizarras digitales (Luo y Yang, 2016), tabletas y ordenadores (Imbriale et al., 2017). Todo esto también influye en la forma de enseñanza de los docentes y en la cantidad de material que se genera para dotar a estos dispositivos de contenidos a utilizar. Así, algunos métodos de implementación de las tecnologías en las aulas han sido los modelos uno a uno (one to one) (Chou et al., 2012) y el modelo de “llevar tu propio dispositivo” (BYOD) (Hopkins et al., 2017; McLean, 2016).

Por otra parte, habría que preguntarse cómo estos materiales permitirían apoyar el proceso de aprendizaje de los estudiantes y cómo se está realizando su implementación en las aulas (Cheung y Slavin, 2012; Dakich, 2014; McKnight et al., 2016). Es decir, quizás los métodos de instrucción con estos materiales deberían cambiar como exponen muchos investigadores (e.g. Annetta, 2008; Selwyn y Cooper, 2015 o Turkay et al., 2014). Actualmente, la implementación de la tecnología en el aula está marcada por teorías del aprendizaje como el conductismo, el cognitivismo o el constructivismo (Arnab et al., 2015; Bellotti et al., 2011; Dakich, 2014). Estas tecnologías, tras el manejo y formación en las mismas, podría permitir a los docentes centrar la educación en el estudiante, permitiendo individualizarla o personalizarla para ayudarle más en su desarrollo (Gros, 2007; Imbriale et al., 2017; McKnight et al., 2016). Factores como la utilidad y un uso intuitivo y sencillo influyen en la actitud de los estudiantes o usuarios ante la inclusión de la tecnología en los procesos de aprendizaje (Martí-Parreño et al., 2018; Uluyol y Şahin, 2016). Así, la tecnología puede mejorar el acceso a la educación en algunas situaciones, la comunicación y la retroalimentación entre iguales o con los profesores. También podría ayudar a los docentes con la organización del tiempo automatizando algunas de las tareas para poder dedicar más tiempo a los alumnos (Bogusevski et al., 2019; McKnight et al., 2016). Otro aspecto a considerar es la necesidad de aprender a utilizar la tecnología y materiales del modo adecuado para favorecer los procesos de aprendizaje (Šimandl y Novotný, 2017; West, 2012). Así, desde la perspectiva docente Arnab et al. (2012), Kirriemuir y McFarlane (2003) o Šimandl y Novotný (2017) exponen como limitación para el uso de juegos la capacitación o experiencia docente y la necesidad de

formación del profesorado. Todavía hay que aumentar la comprensión de cómo se pueden utilizar estos recursos y qué pueden aportar (Howard-Jones, 2017; Turkay et al., 2014).

En relación a los recursos técnicos o materiales, se tendría que considerar el soporte técnico y las infraestructuras del centro escolar, como la conexión a internet o dispositivos obsoletos en muchos casos, que son imprescindibles para estos procesos (Aguilera y Mendiz, 2003; McKnight et al., 2016). Otros estudios como el de Baek (2008) o el de Bontchev y Panayotova (2017) exponen los factores que afectan al uso de los ordenadores y los materiales digitales, así como la experiencia docente y su actitud ante la implementación de las nuevas tecnologías. Entre otros retos destacados a la hora de implementar contenidos digitales se encuentran: la necesidad de cumplir con un plan de estudios, la falta de preparación o de experiencia del uso de la tecnología en general, falta de materiales de apoyo para su uso, la duración de las clases y los presupuestos de los centros escolares, que no permiten implementar la tecnología necesaria. Estos desafíos son semejantes a los que plantea la inclusión de los juegos en el aula: limitaciones con los planes de estudios, organización docente del temario, las restricciones de tiempo para impartir los temarios o las infraestructuras escolares (Kirriemuir y McFarlane, 2003; Tüzün, 2007).

La inclusión del material digital educativo en las aulas se basa en la posibilidad de personalización, la adaptación al ritmo de aprendizaje de los estudiantes (Gee, 2009; Mayer, 2019). Otra de las bases para su inclusión es el apoyo del aprendizaje activo por la posibilidad de hacer partícipe y responsable al alumno de su aprendizaje, así como la capacidad de repetir la actividad hasta mejorar en el aprendizaje según los feedbacks recibidos en la actividad (Anastasiadis et al., 2018; Bellotti et al., 2011; Huffaker y Calvert, 2003). Sin embargo, no todos los materiales digitales sirven para todos los alumnos, aunque se puedan personalizar (Mayer, 2019; Squire, 2008). Por otra parte, también hay que evaluar la calidad del diseño. Aunque los materiales posibiliten la opción de diferentes vías o rutas para lograr los aprendizajes de los alumnos, el diseño puede afectar (Mitgutsch y Alvarado, 2012; Squire, 2008). Por último, los docentes también cumplen un papel muy importante en cómo se utilizan estos recursos, lo que afectará a su uso en el aula. Así, profesores que estén más motivados en el uso de materiales digitales mostrarán una mayor disposición a estudiarlos y usarlos en el aula (Kreijns et al., 2013; Uluyol y Şahin, 2016).

Con los avances de las tecnologías han surgido metodologías de aprendizaje multimedia y online que utilizan estos recursos materiales (e.g. Mayer, 2005; Sauvé et al., 2011; Selwyn y Cooper, 2015; Tan et al., 2007). Por ejemplo, el aprendizaje basado en juegos digitales puede ser empleado en metodologías de e-learning (Erhel y Jamet, 2013; Yessad et al., 2010). Por las dificultades de los profesores para adaptarlo al aula Yessad et al. (2010) proponen un entorno de creación de juegos, así como bases para mejorar la comprensión por parte de los docentes. Otros estudios como el de Sauvé et al. (2011), ponen el foco en la formación o capacitación docente para que desarrollen juegos que se adapten a sus necesidades y así poder utilizar estas metodologías en el aula. Para aplicar el modelo basado en juegos, los docentes deben conocer el marco o modelo en el que se centran, así los juegos pueden analizarse según su componente pedagógico o de diseño para esclarecer este punto (Arnab et al., 2012; Hall et al., 2014; Tan et al., 2007). Patino et al. (2016) plantean en su estudio identificar las teorías de aprendizaje que apoyan al aprendizaje basado en juegos (ABJ). Al igual que con el material digital, el uso de metodologías activas en el aula puede despertar diferentes actitudes en el aula, no todos los estudiantes consiguen un aprendizaje significativo o se implican con estas metodologías. Sucede lo mismo con la gamificación o el uso de los juegos, hay que saber en qué momentos debería usarse y actúan como soporte en el

aprendizaje (Farber, 2018; Marczewski, 2015; Martí-Parreño et al., 2018). Aunque todavía hay discrepancias en la efectividad del ABJ a pesar de que su uso se ha extendido en los últimos años (Jenson y de Castell, 2018; Prensky, 2001). Sin embargo, se ha definido que puede haber adquisición de aprendizaje a través de metodologías como el aprendizaje basado en juegos (Pérez et al., 2018; Tan et al., 2007). Para ello, el ABJ debe considerar las interacciones en el juego y entre los jugadores para que el aprendizaje sea efectivo (Anastasiadis et al., 2018; Arnab et al., 2012; Squire, 2006). Experimentos prácticos han destacado cómo el aprendizaje basado en juegos puede ayudar a la motivación por aprender, el compromiso con la tarea, cambio conductual, cognitivo y sociocultural (Barr, 2018; Oei y Patterson, 2013; Pérez et al., 2018). Según Prensky (2001), el aprendizaje basado en juegos digitales está enfocado al entrenamiento, a través de la diversión e interacción, que produzca cambios cognitivos.

Desde diferentes áreas académicas se apoya el uso de los juegos para el aprendizaje (e.g. Anastasiadis et al., 2018; Boyan y Sherry, 2011; Cameron y Dwyer, 2005). Sin embargo, los profesores demandan juegos o material digital específico en relación a su programación o *currículo* escolar (Bontchev y Panayotova, 2017; Tüzün, 2007). Esto puede favorecer que se pierda o no se comprenda el valor del aprendizaje a través de los juegos en entornos más libres, aunque estén bien diseñados, como los que ofrecen algunos juegos comerciales. Estos juegos comerciales como los de los géneros MMOs (Massively Multiplayer Online), RPGs (Role-Playing Game) o algunas simulaciones suelen ser descartados por los docentes por la curva de aprendizaje que tiene el propio juego en sí, lo que podría dificultar la adquisición de contenidos relevantes según lo establecido en los currículos escolares (Barr, 2018; Marchand y Henning-Thurau, 2013; Rankin et al., 2008; Schrader et al., 2006). Existe una demanda por parte de la implementación del material educativo en relación al equilibrio que presentan los juegos educativos o formación docente para su comprensión (Bontchev y Panayotova, 2017; Pulham y Graham, 2018). También hay que destacar que se necesitaría unificar las líneas de investigación y definir las metodologías que evalúen el aprendizaje a través de los juegos para avanzar en esta área (Kirriemuir y McFarlane, 2003). Por ello, todavía existe el debate en el área sobre la aplicación y el efecto en el sector educativo de los juegos (Yessad et al., 2010).

2.1. Material digital y aprendizaje

Desde el auge de los juegos, comenzaron a estudiarse las implicaciones educativas que podrían tener o cómo su uso podría ayudar a la mejora de algunas habilidades de los estudiantes para el aprendizaje (Dondlinger, 2007; Kirriemuir, 2002). Destaca así, el interés de los investigadores por el efecto de los juegos sobre el comportamiento de los jugadores o del rendimiento escolar (Aguilera y Mendiz, 2003; Steinkuehler y Squire, 2014). Los primeros estudios de juegos y materiales digitales siguieron modelos metodológicos de estudios que se realizaron para evaluar el aprendizaje con otras tecnologías como la televisión o los vídeos (Bavelier et al., 2017; Blumberg e Ismailier, 2009). Esto supone una limitación en los resultados iniciales, al no valorar la interactividad que proporcionan los nuevos materiales (Ritterfeld y Weber, 2005; Zhang et al., 2006). Se considera que los juegos son una herramienta educativa por su capacidad de motivar, fomentar el interés y la participación de los estudiantes (Anastasiadis et al., 2018), estos componentes se consiguen a través de la interacción que promueven estos materiales.

Las áreas con mayor número de estudios son las de aprendizaje, actitud y eficacia de los usuarios (Annetta, 2010). Se han realizado estudios con jugadores frecuentes de videojuegos y profesiones en la que desempeñaban tareas que implicaban coordinación. Así, se observó cierta relación entre el uso de los videojuegos y el aprendizaje kinestésico, el

procesamiento de información visual o la velocidad de procesamiento en la resolución de problemas (Boyan y Sherry, 2011; Dale y Green, 2017; Janarthanan, 2012). También se han realizado estudios de la relación de los videojuegos como los MMOs con la motivación (Marchand y Henning-Thurau, 2013; Rankin et al., 2008; Schrader et al., 2006). Ritterfeld y Weber (2005) en su estudio exponen ejemplos de beneficios que se han encontrado en los juegos en relación a variables como la motivación, la metacognición y los procesos cognitivos. Así, el uso de los juegos y las posibilidades de investigación en esta área ha ido en incremento desde sus inicios y sigue en auge en los últimos años por el número creciente de posibilidades que pueden seguir desarrollándose (Heins, 2017; Marchand y Henning-Thurau, 2013; Steinkuehler y Squire, 2014).

De este modo, se pueden clasificar los tipos de estudios empíricos en la literatura del material digital y aprendizaje en los siguientes grupos (Lieberman et al., 2009; Mayer, 2019):

- Estudios en los que se compara el efecto del uso de la tecnología con otros métodos de enseñanza, es decir de comparación de medios (e.g. Bikowski y Casal, 2018; Ke, 2008).
- Estudios del efecto de los materiales digitales en el comportamiento o regulación de las emociones (e.g. Aguilera y Mendiz, 2003; Villani et al., 2018).
- Estudios sobre el efecto de los materiales digitales en el aprendizaje o desarrollo de las habilidades cognitivas (e.g. Boyan y Sherry, 2011; Latham et al., 2013; Lopez-Rosenfeld et al., 2013; Mackey et al., 2011; Santiago et al., 2009). El efecto de los juegos en áreas de aprendizaje cognitivo o afectivo también pueden contribuir a cambios comportamentales como expone Sauvé et al. (2011). Así, este grupo podría relacionarse con el anterior.

Mayer (2019) expone otra área de estudio que podría abarcar las dos últimas sobre estudios de valor agregado. Es decir, usar un mismo juego en común y en uno de los grupos incorporar un elemento adicional en el juego que puede basarse en la personalización, entrenamiento o retroalimentación, entre otros. Estos tipos de estudios o investigaciones abarcan todos los tipos o géneros de juegos.

Diferentes ámbitos han investigado sobre el aprendizaje con el material digital o juegos o sus diseños (Dondlinger, 2007). Desde las áreas que evalúan el aprendizaje de los alumnos estas investigaciones pueden plantearse desde la perspectiva de asimilación del conocimiento o desde el aprendizaje de habilidades cognitivas o estrategias específicas (Gros, 2007; Squire, 2003). En una revisión de investigaciones en el área realizada por Arias (2014) se identifican diferentes aspectos positivos de los juegos en relación a la mejora de habilidades cognitivas como la velocidad de procesamiento, atención y en áreas de conocimiento social, matemáticas, ciencias, idiomas y educación física. También destaca que la mayoría de estudios realizados utilizan metodologías cualitativas o mixtas, siendo más escasos los estudios cualitativos. Como limitaciones principales en los estudios se encuentran muestras reducidas y el diseño de las investigaciones.

Hasta ahora, en los diversos estudios que se han realizado, los juegos comerciales o de entretenimiento han mostrado resultados más significativos y concluyentes en la mejora del aprendizaje o en la motivación (e.g. Holbert y Wilensky, 2014; Mateos et al., 2016; Steinkuehler y Squire, 2014). Así, una línea de investigaciones se centra en la base de los juegos de entretenimiento para enseñar procesos, conceptos o prácticas directamente con el juego sin incluir conceptos teóricos curriculares en este aspecto del conocimiento (e.g. Goldin y López-

Rosenfeld, 2017; Holbert y Wilensky, 2014). Sin embargo, los docentes que intentan incorporar estos juegos se encuentran en muchas ocasiones con la dificultad de justificarlos en los estándares curriculares (Schrader et al., 2006). Otros estudios se realizan específicamente en los juegos con objetivos educativos en el contexto curricular. Así, es sobre este eje se desarrollará todo el proceso de creación del juego (Gros, 2007). Esta línea surge por la demanda de los docentes de materiales alineados con el plan educativo que siguen y que puedan apartarse a su aula. Al dejar los elementos de juego en segundo lugar, el factor de entretenimiento o diversión es más complejo de conseguir (Hall et al., 2014). Este tipo de materiales han mostrado un éxito moderado en la actualidad para el aprendizaje de los estudiantes (Holbert y Wilensky, 2014). Clark et al. (2016) realizan un metanálisis sobre la investigación que se ha realizado entre juegos digitales y otras metodologías, así como entre diferentes tipos de juegos. Sus resultados apoyan que la metodología basada en juegos mejora el aprendizaje, siendo diferentes estas mejoras según los elementos de juego entre los que distinguen: mecánicas, características visuales, narrativas y la metodología de la investigación. Estos resultados contrastan con el estudio de Wouters et al. (2013), donde no se obtuvo mejora de la motivación de los estudiantes con el uso de juegos digitales. El tipo de procesos de producción que suelen aplicarse a los juegos educativos son más ágiles y requieren menos recursos que los juegos comerciales de grandes empresas como PlayStation o Nintendo (Sauvé et al., 2011; Tüzün, 2007). Por ello este modelo es en el que se centra principalmente el diseño de las empresas de materiales digitales actuales, esto puede ser uno de los factores que impliquen que no se estén obteniendo resultados tan concluyentes como con los juegos educativos. Por otra parte, dentro de la academia o en proyectos europeos se encuentran diseños y desarrollos complejos en los que se sigue indagando en la inclusión de contenido curricular a través de juegos complejos de simulación o en entornos 3D (e.g. Barab et al., 2009; Bogusevschi et al., 2019; Kirriemuir y McFarlane, 2003).

La investigación ha demostrado que los medios digitales motivan a los estudiantes (Ke, 2008; Lieberman et al., 2009), sin embargo, sigue siendo necesario especificar en qué modo esto influye en el aprendizaje (Clark et al., 2016). Partiendo de la necesidad de involucrar a los estudiantes en el aprendizaje y llamar su atención en el aula, se justifican la mayoría de los estudios basados en materiales digitales o juegos (e.g. Bogusevschi et al., 2019; Kirriemuir y McFarlane, 2003). Así, el tiempo dedicado a las actividades basadas en juego es mayor por parte del estudiante, aumentan el tiempo de implicación en las tareas al incrementar el compromiso o sumergir al estudiante en el estado de flow (Csikszentmihalyi, 2014). En contrapunto, esto supone un conflicto con los tiempos limitados en el aula que ayudan a que el estudiante finalice su proceso de aprendizaje. Para alcanzar este estado, también tiene que cumplirse que los objetivos del juego se adecuen al nivel del jugador (Sherry, 2004). La relación entre el uso de los juegos en educación y el estado de flow se ha investigado y referencia en múltiples estudios para explicar la inmersión en estos materiales (De Gloria et al., 2014). Los juegos serios pueden hacer el proceso de aprendizaje más agradable y efectivo por combinar objetivos pedagógicos con elementos del juego puede aumentar el interés y la participación de los alumnos en comparación a otras metodologías más tradicionales (Abdelali et al., 2016). Aun así, el juego tiene que ser entretenido para motivar y mantener la atención del alumno para el aprendizaje (Arnab y Clarke, 2017). Igualmente, los estudiantes siguen prefiriendo utilizar juegos comerciales o de entretenimiento fuera del aula (Bontchev y Panayotova, 2017; Holbert y Wilensky, 2014).

De este modo, se destacan varias limitaciones en las investigaciones de los juegos o del material digital educativo en los análisis multidisciplinares (Aguilera y Mendiz, 2003;

Mitgutsch y Alvarado, 2012). En las investigaciones se observan resultados contradictorios y todavía no está clara la relación de los juegos con el aprendizaje (Ritterfeld y Weber, 2005). Por otra parte, en los estudios empíricos en el área sobre el efecto o el impacto de los juegos hay una gran diversidad de disciplinas académicas inmersas que no disponen de lenguajes en común (Steinkuehler y Squire, 2014), lo que también supone diferentes sesgos en las publicaciones que aparecen finalmente en las revistas. Otras limitaciones que exponen Clark et al. (2016) o Lieberman et al. (2009) en sus revisiones son los cortos periodos de tiempo de las instrucciones, las dificultades de comparar grupos o disponer de grupos control, la escasez de estudios longitudinales o la falta de transferencia del aprendizaje a otras tareas que todavía de muestra en muchos de estos estudios. Parte de la crítica que se realiza en investigaciones de juegos tiene relación con la validez ecológica, ya que muchos se plantean como intervenciones con enfoque clínico o de laboratorio. Arnab y Clarke (2017) destacan la ausencia de un marco común para el diseño y evaluación de los juegos, así como para su uso en las intervenciones. Aunque existan algunos estudios empíricos que muestren resultados positivos, estos en muchos casos no son replicables. Esto puede ser otra de las limitaciones por las que el área de diseño de juegos o el aprendizaje basado en juegos no ha conseguido reafirmarse como un área concreta.

En resumen, se puede decir que los juegos en relación al aprendizaje pueden favorecer a la adquisición del contenido o conocimientos, al desarrollo y práctica de las habilidades, ayudar en los procesos de evaluación (tanto de docentes como de alumnos) y a socializar en diferentes entornos o ambientes, estableciendo nuevos tipos de relaciones (Farber, 2018; Steinkuehler y Squire, 2014). El apoyo docente como guía de los alumnos es esencial a la hora de trabajar el aprendizaje basado en juegos. Por eso la tarea docente sigue siendo importante desde la figura del mentor o instructor que acompañe en el proceso de aprendizaje (Arnab et al., 2012; Bellotti et al., 2011).

3. Diseño de juegos

El diseño de juegos es un área interdisciplinar de áreas y tecnologías tan variadas como la programación, las ciencias cognitivas, la inteligencia artificial (IA), Data Science, Machine Learning, la experiencia de usuario (Investigación UX y diseño UX o UI), las relaciones del humano con el ordenador (HCI) o la educación, entre otras (Deterding et al., 2011; Marne et al., 2012). Para el diseño de juegos educativos es importante conocer cómo las personas pueden aprender para examinar si se consiguen los objetivos con el producto. Así, estos perfiles necesitarán también comprender cómo interaccionan los estudiantes con la tecnología (Graesser et al., 2009; Hall et al., 2014).

En general, un diseñador de material digital o juegos puede definirse como el perfil que conceptualiza las características del material basándose en la investigación sobre el aprendizaje y los sistemas de aprendizaje (Choppin y Borys, 2017; p. 666). Por otra parte, según Abdelali et al. (2016) un diseñador de juegos educativos debería considerar las acciones del jugador, las estrategias del juego y las metas u objetivos que motiven al jugador. Esto ayudará a incluir elementos, como las mecánicas, dinámicas o estéticas del juego (Hunicke et al., 2004), que permitan que el flujo de la actividad logre los objetivos de aprendizaje en relación a los objetivos educativos (Arnab et al.; 2015). Así, el diseño de juegos y su evaluación puede plantearse desde diferentes perspectivas (Graesser et al., 2009). Por ejemplo, los objetivos principales, pueden ayudar a la posterior evaluación del progreso del estudiante en el juego y determinar las métricas de aprendizaje (Abdelali et al., 2016). Esto también influirá en el desarrollo y la forma de adaptar los contenidos curriculares. Igualmente, según la

formación del diseñador de juegos se podrá utilizar diferente terminología (Choppin y Borys, 2017; Mitgutsch y Alvarado, 2012; Yessad, 2010). Este punto es crítico a la hora de trabajar en equipos interdisciplinarios, donde la primera limitación para el diseño de juegos se encuentra en la comunicación interdisciplinar. En la búsqueda de soluciones para este reto, pueden encontrarse diferentes bibliotecas de terminologías para el trabajo o la colaboración entre estos equipos (e.g. Hickmott et al., 2016; Marne et al., 2012). Esto se ha intentado realizar también por comunidades de creadores, así como agrupar herramientas que pueden utilizarse para estos procesos en webs como gamasutra.com⁷.

El punto de inicio del diseño también depende del tipo de juego que quiera desarrollarse y el objetivo educativo (Baptista et al., 2015; Prensky, 2001). Así, un juego serio puede incluir una mayor combinación de elementos y reglas a diseñar y definir, si implica relacionarse online con otros jugadores o una simulación en un entorno realista (De Gloria et al., 2014; Ritterfeld et al., 2009). No es lo mismo diseñar este tipo de juegos que un juego serio del género de puzzle, de rol, de estrategia o híbridos entre varios géneros (Dale y Green, 2017; Squire, 2003). Por otra parte, el género no define en sí un juego ya que esta clasificación está en constante evolución e innovación por parte de la industria. Así, se pueden encontrar diferentes categorías de juegos o taxonomías de géneros según las fuentes o repositorios que se consulten, sin existir una clasificación estándar (Arsenault, 2009; Gros, 2007): MobyGames⁸, All GAME Guide⁹ o Gamespot¹⁰.

En la búsqueda de la innovación en el sector cada vez son más los juegos que pueden considerarse híbridos pudiendo pertenecer a más de una categoría (Dale y Green 2017; Gros, 2007). Por ejemplo, Gros (2007) hace una categorización en siete géneros: acción, aventura, lucha, rol, simulaciones, deportivos y de estrategia. Prensky (2001), elabora una taxonomía en función de la época y los investigadores, destacando ocho géneros básicos: acción, aventura, lucha, puzzle, PRGs, simulación, deportes o estrategia. Otro ejemplo sería el de Baptista et al. (2015), que realizan una clasificación general basada en los juegos de la industria en ocho grupos que incluyen: acción, estrategia, multijugador, deportes, simulaciones aventuras, puzzles o cuestionarios. La taxonomía facilita la descripción de los juegos, arrojando luz sobre cómo y por qué diferentes juegos atraen a diferentes jugadores, o para los mismos jugadores en diferentes momentos (Prensky, 2001). Al igual que existen múltiples géneros o tipos de juego también existen diferentes tipos de jugadores como expone la taxonomía de Bartle (1996) o Marczewski (2015). Estos, tipos de jugadores también podría alinearse con perfiles de estudiantes o estilos de aprendizaje al tener preferencias específicas o procesos en común según sus características individuales (Barca-Lozano et al., 2012; Núñez Pérez et al., 1998; Sajjadi et al., 2016;). De este modo, el foco de diseño centrado en el jugador en el caso de los juegos educativos tendría que considerar la diversidad de procesos de aprendizaje o estrategias que pueden determinar los perfiles de estudiantes, así como el tipo de jugador que son (Marczewski, 2015; Sajjadi et al., 2016).

Así, al igual que es importante considerar las perspectivas del diseñador el juego, también hay que pensar en las perspectivas del jugador a la hora de crear el contenido

⁷ <https://gamasutra.com/category/design/>

⁸ <https://www.mobygames.com/glossary/genres>

⁹ <https://www.allgames.com/>

¹⁰ <https://www.gamespot.com/>

(Hunicke et al., 2004). En algunos casos puede suceder que juegos creados por diseñadores de juegos tienen la posibilidad de ser muy entretenidos, pero estar limitados a la hora de conseguir el aprendizaje por parte del alumno. En el contrapunto, se pueden encontrar profesores o diseñadores que creen juegos muy efectivos a nivel educativo pero que no sean divertidos ni motiven al estudiante (Marne et al., 2012; Wang et al., 2009). El equilibrio entre ambas áreas (entretenimiento y aprendizaje) es muy complejo (Bellotti et al., 2011; Marne et al., 2012). La colaboración de diferentes perfiles para conseguir estos objetivos más complejos podría ayudar a conseguir este objetivo.

Básicamente, el juego puede dividirse en dos partes importantes: estructura y contenido (Sauvé et al., 2011). La estructura se relaciona más con los elementos de juego como retos, desafíos o reglas. El contenido abarcaría la parte pedagógica, objetivos de aprendizaje y habilidades que se trabajarán en el juego (Sauvé et al., 2011; Tan et al., 2007). En un juego serio el propósito educativo determinará las mecánicas, reglas, narrativa, estética, es decir, los diferentes elementos del juego que se integrarán (Mitgutsch y Alvarado, 2012). Otro punto imprescindible a definir, es cómo va a interactuar el jugador con el juego. Así, la interacción y jugabilidad o usabilidad del juego pondrá el foco del diseño en los retos y acciones que tendrá que hacer el alumno para lograr los objetivos (Hall et al. 2014; Squire, 2003). Esto estaría relacionado con el área de estudio de la experiencia de usuario (UX) y de la interacción con el dispositivo (HCI) (Barr, 2018; Bellotti et al., 2011; Hall et al., 2014). Desde las áreas de HCI el flujo del juego es el centro del diseño ya que define los pasos que tendrá que realizar y le mostrarán los desafíos a superar (Boyan y Sherry, 2011; Marczewski, 2015). Los investigadores de estas áreas tanto en academia como en la industria siguen indagando en las mejoras que podrían incluirse en estos materiales, así como en los elementos de juego que utilizar según los contextos (Deterding et al., 2011; González Sánchez et al., 2009). La usabilidad o jugabilidad también puede tener un efecto en el aprendizaje del estudiante en relación a los aspectos de desarrollo cognitivo y de la motivación (Hall et al., 2014, Wang et al., 2009) y a teorías como la carga cognitiva (Mayer, 2005) si se combinan aprendizajes sobre el propio juego, además de conceptos curriculares. Establecer una combinación adecuada de elementos de juego y reglas que apoyen la experiencia del jugador incluyendo conceptos teóricos curriculares para el diseño de juegos sigue considerándose todavía un reto. Así, producir la jugabilidad o usabilidad deseada en los estudiantes al tener que incluir más áreas (profesores, currículo o familias) que solo la centrada en el usuario, es aun más complejo (Hall et al., 2014; Nelson y Mateas, 2009; Sajjadi et al., 2016).

El recorrido o antecedentes científicos se han centrado en la teorización del diseño de juegos y no tanto en los procesos de trabajo que incluye el diseño (Nelson y Mateas, 2009), actualmente siguen produciéndose trabajos que suelen presentar las mismas limitaciones pragmáticas. Puede que la solución a esto esté en hacer una buena adaptación de nuevas áreas como los investigadores UX para plantear el diseño del juego y las posibles adaptaciones del mismo a los diferentes perfiles desde la propia experiencia de los jugadores (González Sánchez et al., 2009; Rankin et al., 2008). Esta área del conocimiento tiene la capacidad de definir un conjunto de atributos y propiedades de los juegos y usuarios, que podrían utilizarse para involucrar a los alumnos en sus procesos de aprendizaje. Así, se ayudaría también a los estudiantes a regular su aprendizaje según sus progresos.

No hay que olvidar que al hablar de diseño de juegos educativos hay que tener claro el objetivo pedagógico para iniciar el proceso de diseño (Arnab y Clarke, 2017; Bellotti et al., 2011; Marne et al., 2012). Este objetivo educativo define la hipótesis que tendrá que cumplir el juego para que el jugador consiga los logros necesarios hasta completar la finalidad del juego

(Hall et al., 2014; Janarthanan, 2012). Malone (1981), pionero en éste área, definió que el diseño de los juegos educativos debería tener: objetivos claros definidos, metas múltiples y puntuaciones para aportar un feedback o retroalimentación a los estudiantes, diversos niveles de dificultad, elementos aleatorios que generen sorpresa, una narrativa que involucre al estudiante. Arnab et al. (2015) exponen como punto clave que el diseño de juegos consiste en la traducción de las metas de aprendizaje al entorno mediante los elementos del juego.

A partir de establecer el objetivo, se podrán incorporar los diferentes elementos del juego que ayuden a lograr el aprendizaje. Existen diferentes metodologías o marcos que abarcan el diseño o evaluación y análisis de juegos educativos (e.g. Arnab et al., 2015; Bellotti et al., 2011; Hall et al., 2014; Hunicke et al., 2004; Lim et al., 2015). Estos modelos tienen en común el interés de alinear los objetivos pedagógicos con los diferentes elementos de juego. Igualmente, todos ellos destacan la complejidad de integrar los elementos de diseño del juego con los objetivos educativos (Abdelali et al., 2016). Entre las diferentes teorías de diseño de juegos destaca el marco de Arnab et al. (2015) o Lim et al. (2015) que relaciona las mecánicas de aprendizaje con las mecánicas de juego (LM-GM). Con este modelo, establecen una base para evaluar o definir los juegos desde una perspectiva pedagógica. En su trabajo Arnab et al. (2015) o Lim et al. (2015) exponen el modelo de LM-GM, que apoya el análisis y el diseño de juegos educativos al relacionar las mecánicas de aprendizaje (LM) con las mecánicas de juego (GM). Este modelo tiene por objetivo poder acercar a los docentes la comprensión de los juegos según principio pedagógicos para una mejor implementación en el aula. Igualmente, este modelo abarca las diferentes teorías pedagógicas como el conductismo, el cognitivismo o el constructivismo, entre otras. Por otra parte, este modelo también se centra en relacionar el conocimiento y entrenamiento de las habilidades de los estudiantes a través de los elementos del juego. Los modelos o marcos para el análisis pueden especificarse para áreas más concretas y no tan generalistas como los anteriores. Por ejemplo, Sajjadi et al. (2016) proponen un marco para el análisis de los juegos en función de la teoría de las Inteligencias Múltiples. Así, encuentran correlación entre las inteligencias de los jugadores, preferencia por los juegos y mecánicas utilizadas. Aunque se obtiene evidencias empíricas que conectan inteligencias de los jugadores por preferencias de juegos, no proporciona información sobre cómo utilizar estas relaciones para el diseño de juegos.

Desde la perspectiva educativa o pedagógica, el principio pedagógico que destaca como referente para el diseño de juegos es la taxonomía de Bloom (Mayer, 2019). En esta dirección, el modelo LM-GM se apoya en la teoría de Bloom, actualizado según Anderson y Krathwohl (2001). Por medio de la taxonomía de Bloom se pueden relacionar los diferentes objetivos de aprendizaje con los elementos del juego (Krathwohl, 2002). Así, el modelo LM-GM se centra en los diferentes niveles de la pirámide para definir la calidad de un juego o los requisitos que tendría que cumplir para promover un aprendizaje efectivo. Por ende, para conseguir un aprendizaje significativo habría que plantear con las actividades el recorrido por la pirámide, cubriendo los procesos tanto de orden inferior como de orden superior (Marczewski, 2015). Estudios como el de Hickmott et al. (2016) o Patino et al. (2016) también utiliza el modelo LM-GM.

Otros marcos o modelos pueden ayudar a contribuir al entendimiento de los diferentes elementos de juego que pueden implementarse en el proceso de producción de un juego, como el modelo MDA (Hunicke et al., 2004). Hall et al. (2014) exponen un modelo de diseño que también propone una alineación entre los objetivos pedagógicos y las mecánicas de juego en relación con las interacciones del jugador (HCI). Este modelo se enfoca en el diseño de elementos como las metas, las decisiones o elecciones que tendrá que realizar el jugador, la

acción, las reglas y la retroalimentación. Aplican este marco a un juego en desarrollo para poner en práctica el modelo de integración de los objetivos de instrucción en el juego. Con ello quieren incidir en la necesidad de equilibrar la diversión y participación de los jugadores, así como lograr los objetivos de aprendizaje. Sin embargo, este no es un proceso sencillo (Hall et al., 2014; Mateos et al., 2016). En la diferenciación que se encuentran entre los diferentes elementos que pueden conformar un juego para su diseño, además del modelo MDA (Hunicke et al., 2004) se han creado herramientas como cartas para combinar diferentes elementos que puedan crear o diseñar juegos. Así, se pueden encontrar las cartas de Andrzej Marczewski¹¹ o una herramienta online como la creada por la Universidad de Tallin¹².

Basado en estos marcos de diseño o descripción de juegos educativo o las líneas de investigación que se han seguido, se pueden extraer los modelos pedagógicos principales en los que puede sustentarse el diseño del material digital (c.f. Bruckman, 1999; Dakich, 2014; Dondlinger, 2007; Gros, 2007; Siang y Rao, 2003; Slussareff et al., 2016). En primer lugar, se pueden encontrar los juegos basados en el conductismo. Este modelo está basado en el cambio de comportamiento del estudiante. Dicho cambio puede observarse y medirse, por lo que el objetivo del proceso de aprendizaje son los resultados y la evaluación del mismo. También se caracteriza por las respuestas a estímulos externos e influencia al refuerzo, en esta parte juegan un papel muy importante los elementos de juego o entornos gamificados que se utilizan (Marczewski, 2015; Prensky, 2001). Del mismo modo, el contenido es una parte esencial en el aprendizaje. Esto implica que el diseño de los materiales parte desde los conceptos curriculares que tienen que aprender los estudiantes (Choppin y Borys, 2017). Otra característica es el aprendizaje a través de la práctica, en esto también se apoyaría el diseño de los materiales para que puedan realizarse las actividades las veces que se quiera por parte del estudiante para entrenar. Así, los materiales basados en el conductismo se caracterizan por ser tareas cortas con recompensas al finalizar, tutoriales que guían al estudiante, con objetivos o metas de aprendizaje definidos. También pueden incluir ayudas y pistas para completar la tarea o feedbacks de progreso. Dentro de este modelo estarían los juegos basados en las teorías del condicionamiento clásico o condicionamiento operante (Burón, 1997; Graesser et al., 2009), que consisten principalmente en actividades con refuerzos positivos. Fueron los primeros juegos o actividades gamificadas que se desarrollaron en el entorno educativo en la década de los 80s (Waddington, 2015).

Otro modelo sería el cognitivismo, este se centra en los procesos mentales del estudiante y adquisición del conocimiento (Turkay et al., 2014). En esta línea están los estudios que abordan el diseño y evaluación de materiales o juegos digitales a través de mecánicas y aprendizajes en las áreas cognitivas y procesos como la resolución de problemas, la velocidad de procesamiento o el tiempo de reacción, la coordinación viso-motriz (procesamiento visual y espacial) o la capacidad de razonamiento, entre otros (e.g. Homer et al., 2018; Mayer, 1998, 2005). En el diseño de las actividades que trabajen con el modelo cognitivo, hay que considerar la carga cognitiva de la actividad que puede requerir orientación en algunos casos (De Gloria et al., 2014; Revelle, 2013). Para evitar la carga cognitiva se pueden combinar fases de práctica e interacción y fases de pensamiento y reflexión durante el juego. Así en la fase de práctica el estudiante podrá aprender mediante la indagación o experimentación. En la fase de reflexión se explicaría lo que ha sucedido o se fomentaría la evaluación del proceso que se ha seguido

¹¹ <https://www.gamified.uk/gamification-inspiration-cards/>

¹² <http://dlg.tlu.ee/>

(Ke, 2008; Marne et al., 2012). Por otra parte, muchas de estas habilidades cognitivas se consideran necesarias para trabajar y desarrollar las habilidades del siglo XXI (Dondlinger, 2007).

Finalmente podríamos encontrar el constructivismo (Dakich, 2014; Gros, 2007). El enfoque constructivista centra el aprendizaje según las percepciones y esquemas personales previos en entornos de aprendizaje activos para construir el conocimiento. Aquí también se abarca el aprendizaje por descubrimiento como en los entornos diseñados en las simulaciones. Es decir, los materiales o juegos con base constructivista estarían enfocados a la creación de mundos virtuales, su exploración y construcción. De este modo, se crearían actividades más desafiantes y motivadoras para los estudiantes (Weintrop et al., 2012). Al crear nuevos mundos se desarrollan entornos sociales y culturales que favorecen el aprendizaje a través de la interacción para integrar el conocimiento (Shaffer et al., 2005). La mayoría de las áreas académicas implicadas en el estudio de los juegos coinciden en la creación como base de un modelo mental. Este modelo representa en los juegos cómo entendemos los procesos y el funcionamiento del mundo o cómo podrían ser en un mundo imaginario, para extrapolarlo al diseño de las mecánicas o modelos del juego (Boyan y Sherry, 2011). Un ejemplo de este tipo de juegos puede ser *Civilization III* (Squire, 2006) o *Little Big Planet* (Weintrop et al., 2012). Dentro de este marco, aquellos inmersos en la línea de diseño de juegos desde sus inicios plantean sus propias propuestas, como Annetta (2010). A través de sus investigaciones, establece que, para un diseño de juegos desde áreas de conocimiento como la psicología, la tecnología de instrucción y la educación hay 6 elementos clave relacionados (identidad, inmersión, interactividad, mayor complejidad, enseñanza informada e instrucción). Este modelo de diseño está apoyado en el andamiaje con evaluaciones integradas de los resultados de aprendizaje.

Por otra parte, estas teorías pedagógicas no son excluyentes. En algunas fases de los juegos se pueden encontrar enfoques más conductistas, o en otras etapas del juego se pueden centrar en enfoques constructivistas o cognitivistas (Patino et al., 2016). Otros principios pedagógicos sobre las que pueden diseñarse los juegos, además de la Taxonomía de Bloom (Anderson y Krathwohl, 2001), comentada anteriormente, son el sondeo o el andamiaje, permitiendo al estudiante la aplicación de conocimientos previos a la práctica (Blumberg y Fisch, 2013; Boyan y Sherry, 2011; Howard-Jones, 2017; Marti-Parreño et al., 2018). Para ampliar otros modelos de diseños basados en modelos educativos o principios pedagógicos pueden consultarse los artículos de Abdelali et al. (2016), Arnab et al. (2015), Bellotti et al. (2011), Bruckman (1999) o Lim et al. (2015). Por ejemplo, Abdelali et al. (2016) comparan metodologías de diseño de juegos tanto de entretenimiento como educativos. Arnab y Clarke (2017) también realizan una revisión de las diferentes teorías y marcos para mostrar cómo pueden combinarse en un proceso de desarrollo, en la búsqueda de alinear las investigaciones o estudios empíricos que pueden realizarse en el área. En el estudio de Bellotti et al. (2011) se destacan elementos como los patrones de integración, los patrones de cognición, los patrones de presentación de la información, los patrones de interacción y enseñanza o los patrones de participación, como los aspectos a considerar a la hora de diseñar un juego.

3.1. Evaluación

Para evaluar un juego, de forma general, puede influir su clasificación de género, descripción de los elementos del juego, interacciones y flujo, marco teórico del que parte el juego, cómo se evaluará el aprendizaje y cómo se recogerán esos resultados mediante el juego, perfil del jugador o dispositivos que podrían ejecutarlo (c.f. De Gloria et al., 2014; Hickmott et

al., 2016; Ritterfeld et al., 2009). Igualmente, en el sector educativo hay que considerar a todas las partes que podrían estar implicadas usuarios (estudiantes), profesores, familias, investigadores y otros sectores industriales (De Gloria et al., 2014).

Con el auge del desarrollo de contenidos digitales, la evaluación del material digital educativo, así como establecer unos criterios de calidad se está convirtiendo en una necesidad para la comunidad educativa (Pepin et al., 2017; Rankin et al., 2008). Hay que conocer de qué base parte el desarrollo de los contenidos digitales, así como el apoyo que pueden proporcionar en el aula. Los diseñadores de juegos e investigadores del área se muestran muy críticos en los diseños que se están consiguiendo actualmente y por ello se sigue indagando en la evaluación de los materiales digitales. Es necesario un análisis de los juegos antes de estudiar el efecto que pueden tener sobre el aprendizaje de los estudiantes (Mayer, 2019). Por ello, pueden encontrarse ya normativas como la NORMA UNE 71362 (AENOR, 2017) o en la literatura modelos como el “El Serious Game Design Assessment Framework o SGDA Framework” de Mitgutsch y Alvarado (2012, p. 121). En el área de la evaluación de juegos educativos hay herramientas limitadas que analicen los juegos y su impacto en los usuarios. Esto sigue siendo un tema de discusión en el área, así como las discrepancias metodológicas adecuadas ya que muchas de las investigaciones empíricas presentan resultados discutibles (como se ha introducido previamente en el apartado 2.1. en relación a las limitaciones de estos estudios). Por otra parte, muchos de los juegos solo se evalúan desde la perspectiva de diseño o calidad del contenido, no en la intención de aprendizaje (Mitgutsch y Alvarado, 2012).

Desde la perspectiva docente se han creado diferentes rúbricas para poder evaluar los juegos (e.g. Lee y Sloan, 2015; Papadakis et al., 2017; Zosh et al., 2017). Sin embargo, los antecedentes del área de diseño de juegos pueden no adaptarse a todos los parámetros que se incluyen normalmente en este tipo de instrumentos. Establecer unos criterios concretos para la evaluación es complejo dado que también depende de la perspectiva del evaluador. Así, evaluadores del área de informática centran su atención desde los aspectos computacionales en relación a la comunidad educativa (e.g. Cova, et al., 2008; Marquès, 2002, 2009). Igualmente, cumplir estos criterios no implica que los alumnos aprendan. Se requiere seguir investigando en las relaciones que pueden establecerse en los juegos para el aprendizaje de los alumnos. Un punto de inicio o enfoque para esta indagación puede ser comenzando por las características de los juegos y capacidades de los estudiantes (Tan et al., 2007). También es importante trabajar en la capacitación docente y cómo integrar los juegos en las aulas (Bellotti et al., 2011). Así, las diferentes rúbricas, criterios de evaluación, normativas y modelos teóricos sirven de utilidad a las bases del diseño del material digital o de los juegos. O para realizar evaluaciones en función a determinados conceptos y criterios de análisis como en los estudios de Arnab et al. (2015), Hunicke et al. (2004), o Lim et al. (2015).

En relación a las evaluaciones del aprendizaje, para comprender el efecto del juego sobre el usuario y su aprendizaje, las evaluaciones de juegos deben ir más allá. De este modo, las evaluaciones de los juegos que se realizan actualmente podrían encuadrarse en dos tipos según las metodologías de los diversos estudios. Por una parte, se encontrarían las evaluaciones internas, que son aquellas realizadas con los datos recopilados durante el juego. Esto permitiría realizar evaluaciones de las competencias, habilidades cognitivas o procesos de aprendizaje a través de información de las acciones del jugador en la interacción con el material digital (Choppin y Borys, 2017; Mayer, 2019). Por otra parte, estarían las evaluaciones externas, en las que se utilizarían instrumentos de evaluación adicionales como pueden ser cuestionarios, encuestas o tareas neuropsicológicas.

4. Contexto del desarrollo del material digital educativo en universidades e industria

En el contexto de las plataformas de material digital y juegos la investigación se centra mayoritariamente en estudios con muestras de estudiantes de secundaria o de la universidad (e.g. Bogusevski et al., 2019; Kirriemuir y McFarlane, 2003). Sucede lo mismo con las producciones de diseño y desarrollo de juegos específicos dentro del entorno académico. Las universidades suelen generar contenidos enfocados a secundaria o educación superior. De este modo, en educación primaria la investigación del uso de los juegos digitales y su diseño es más escasa en comparación con otras etapas. Así, los principales productores de contenido digital para educación primaria son empresas privadas (Choppin y Borys, 2017; Ritterfeld et al., 2009).

A pesar de la gran variedad de juegos que podrían diseñarse para el entorno educativo de educación primaria, resulta bastante complejo un diseño que abarque los currículos escolares junto con los elementos de juego, sin perder el enfoque de diversión en este nivel (Mateos et al., 2016; Prensky, 2001). Por otra parte, para diseñar adecuadamente juegos educativos en la etapa de primaria hay que considerar el desarrollo cognitivo de los estudiantes y cómo será su progreso (Blumberg y Fish, 2013; Revelle, 2013). Los entornos que se crean en este tipo de materiales digitales gamificados o juegos serios para educación primaria estaría ubicado entre los contenidos digitalizados y los juegos de entretenimiento. Aunque hay una necesidad de cambio educativo, que podría estar apoyada por el diseño de materiales o juegos digitales, las empresas de videojuegos no han considerado diversificarse al sector educativo por los riesgos que conlleva (Gros, 2007). Aún así, el éxito de los juegos en relación al aprendizaje se ha obtenido principalmente en aquellos juegos bien diseñados, aunque su finalidad no fuera educativa (Bogost, 2005). Por otra parte, Bontchev y Panayotova (2017) señalan otras dificultades como la falta de diseños instruccionales específicos para el aprendizaje, pueden suponer un mayor costo de desarrollo y no vender tanto como los juegos de entretenimiento. Esto ha despertado el interés de investigadores y educadores que han aprovechado ese hueco en la industria para complementar a través de proyectos de investigación, desarrollos personales o industriales el sector educativo del material digital y de los juegos (e.g. Bogusevski et al., 2019; Hickmott et al., 2016; Kirriemuir y McFarlane, 2003; Pérez et al., 2018).

Así, han surgido gran diversidad de “laboratorios de videojuegos” para su creación y estudio en diversas universidades. Dentro de estos grupos de universidades que crean contenido educativo de libre acceso se encontrarían también asociaciones para la difusión de su trabajo. Igualmente, muchos de estos laboratorios universitarios colaboran a través de proyectos de investigación por la gran diversidad de perfiles y fondos que se requieren en el sector del estudio de los juegos educativos. Ejemplos de estos grupos y asociaciones se recogen en la Tabla 1.

Se han financiado muchos proyectos de investigación sobre juegos (Kirriemuir y McFarlane, 2003) cuya limitación predominante ha sido la implementación en las aulas, bien por la necesidad de materiales o por necesidad de formación docente, entre algunos puntos como los que se han comentado en el apartado de ‘Material Digital en el aula’. Este es un tema recurrente y constante en el sector del diseño y evaluación de los juegos educativos, ya que afecta a los resultados obtenidos. Por otra parte, los investigadores de estos proyectos suelen señalar que una vez que acaban los fondos públicos parte del trabajo y contenido queda desactualizado por la necesidad constante de inversión que conllevan estos proyectos. Hay una

sensación generalizada de pérdida de material, falta de actualizaciones para ir adaptándose a los avances tecnológicos lo que hace que tenga que ser un área en constante crecimiento o mantenimiento. Como son materiales de libre acceso generados a través de universidades, la monetización de estos costes a futuro no suele considerarse en los proyectos de investigación.

Tabla 1. Listado de algunas de las principales asociaciones y grupos de referencia en el estudio de los juegos y materiales digitales (Farber, 2018; Ritterfeld et al., 2009).

Asociación u organismo	Enlace de búsqueda
Convetry University Media Lab	https://dml.org.uk/tag/playful-and-gameful/
The alternate classroom	https://thealternateclassroom.org/about/
Institute of Play	https://clalliance.org/institute-of-play/
EdGamer	https://edgamer.net/
Ed Got Game on BAM Radio Network	https://www.bamradionetwork.com/track/game-based-learning-benefits-and-pitfalls/
EXCALIBUR	https://peggysheehy.wixsite.com/excalibur
Follow the Learning	http://www.followthelearning.com/
Gameful Learning Lab, at the University of Michigan	https://ai.umich.edu/our-mission-and-principles/
Games4Ed	https://twitter.com/games4ed
Games and Learning (Blog)	http://gamesandlearning1.blogspot.com/2019/
World of Warcraft in schools wiki	http://wowinschool.pbworks.com/w/page/5268731/FrontPage
Game Design Aspect of the Month	http://gamedesignaspect.blogspot.com/
Game-Based Spanish Classroom	https://sites.google.com/view/gamebasedspanish/home
Ludic Learning	http://www.ludiclearning.org/
Play Educationists	https://spillpedagogene.wordpress.com/
Remi Kalir's	http://remikalir.com/
Game studies section of the International Communication Association	https://icagames.org/
ESRB	https://www.esrb.org/ratings-guide/es/
SeGAN	http://seriousgamesnet.eu/
DIGRA	http://www.digra.org/
GALA	https://www.facebook.com/gala.noe.serious.games/
MIT Game Lab	http://gamelab.mit.edu/

Si bien las limitaciones del sector universitario en esta área son la actualización, la visualización de su contenido o difusión para su uso y poder evaluarlo. Sí se podría decir que estos materiales cuentan con una base pedagógica y académica adecuada para su inclusión en las aulas. Por otra parte, en muchas ocasiones los estudios empíricos realizados por la

academia de un juego educativo que también ha sido desarrollado por el grupo de investigación son tan específicos que no pueden extrapolarse a juegos genéricos o que tengan otras estructuras (Arnab y Clarke, 2017). Esto dificulta que las empresas vean asequible realizar este tipo de estudios con sus productos. Así, se puede encontrar una forma de colaboración entre la academia y las empresas para reducir estas limitaciones. Este tipo de colaboraciones tienen como resultado un producto creado o diseñado y evaluado por la academia, cuya difusión, comercialización y mantenimiento se hace por una industria (Choppin y Borys, 2017; Ritterfeld et al., 2009).

La industria se está enfrentando a otros retos como la masificación del sector de las aplicaciones educativas. Cada vez se genera más contenido o surgen empresas nuevas en éste área que intentan conseguir financiación para mantenerse en el mercado. Aunque empresas de videojuegos multinacionales no hayan querido entrar en el sector educativo, hay otras multinacionales que sí han apostado por el desarrollo de plataformas y materiales digitales educativos. Un ejemplo puede ser el Google con google classroom, ha adquirido empresas como genial.ly y está creando cursos de formación online.

Entre estos sectores, surgen las pequeñas y medianas empresas que han encontrado nichos específicos de desarrollo para la creación de material digital para las aulas (Fuertes-Alpiste, 2019; Prensky et al., 2001). Estas compañías suelen centrarse en juegos con mecánicas de puzle principalmente. Estos diseños son sencillos y rápidos de diseñar para producir material que se relacione con el currículo y aspectos pedagógicos de forma clara. De este modo, son más fáciles de abarcar por los docentes para la inclusión en las aulas. También permiten la aplicación de metodologías ágiles de diseño para mantenerse actualizados y generando contenidos. Cabe destacar, que estos juegos han sido ampliamente debatidos y discutidos por los investigadores en el área de los juegos serios educativos al incorporar elementos de juego y mecánicas considerados más básicos. Igualmente, investigadores como Bruckman (1999) los definió como 'brócoli con chocolate' ya que en muchas ocasiones las mecánicas y los objetivos no se encuentran alineados para producir el entretenimiento o la inmersión característica de los juegos que ayudaría al aprendizaje.

Igualmente, esta es un área multidisciplinaria en la que se combinan los conocimientos para el diseño y desarrollo de un juego, estos procesos de trabajo también deberían especificarse como metodologías de desarrollo interdisciplinario, que pueda ayudar a generar un marco o modelo según el objetivo deseado del proceso de trabajo (Arnab y Clarke, 2017; Graesser et al., 2009). El reto en este punto reside en que estos marcos de trabajo en la literatura en muchas ocasiones no tienen en cuenta los recursos de pequeñas o medianas empresas para la creación y diseño de los juegos. El entorno académico propone teorías en base a recursos o perfiles necesarios que pueden estar ausentes en una empresa de este tipo. A pesar de los retos comentados, se prevé que la industria de los juegos siga creciendo e innovando dando lugar a futuras líneas de investigación (Marchand y Henning-Thurau, 2013; Steinkuehler y Squire, 2014).

4.1. Contexto español de la industria del material digital educativo

El interés en los juegos por el sector educativo español surge en la década de los 90s, junto con la investigación en esta área (Gros, 2007). En el contexto español el mercado de material digital educativo es bastante amplio, destacando como uno de los países con alto tejido empresarial en el sector EdTech con pequeñas y medianas empresas. Así, el material educativo digital que hay desarrollado abarca material digital (plataformas, aplicaciones o

webs) principalmente para trabajar necesidades educativas especiales o contenidos de educación primaria.

Desde el sector privado, estas empresas coinciden en puntos como sistemas de gestión de los grupos del aula, información para evaluar el progreso por parte de los docentes y relación de los materiales digitales diseñados con el currículo escolar (Choppin y Borys, 2017). Todos estos tienen en común el uso de metodologías como la gamificación o el aprendizaje basado en juegos digitales (Farber, 2018; Marczewski, 2015). Así, en la siguiente tabla pueden encontrarse un listado de algunas empresas españolas que han surgido en los últimos años:

Tabla 2. Listado de algunas empresas españolas del sector EdTech enfocadas en el desarrollo materiales digitales de 2010 a 2020. (Fuente: Snackson, 2020).

Empresa	Breve descripción del contenido
Nixi for children https://nixiforchildren.com/es/	Kit que enseña a los niños a través de la realidad virtual a conocer los procesos hospitalarios antes de una operación para evitar la ansiedad.
Yoleo Club https://yoleo.club/es/index	Plataforma web para los ciclos de primaria y secundaria enfocada en la lectura y la comprensión lectora.
Yo también leo https://yotambienleo.com/	Aplicación para trabajar la lectura con estudiantes que tienen necesidades educativas especiales.
AugmentedClass http://augmentedclass.com/	Aplicación de creación de contenidos para el aula con realidad aumentada.
DytectiveU https://www.changedyslexia.org/	Aplicación validada científicamente a través de las investigaciones de su creadora Luz Rello para trabajar la dislexia mediante juegos.
Innovamat https://innovamat.com/	Plataforma para trabajar en primaria las matemáticas.
Cerebriti https://edu.cerebriti.com/	Plataforma web para gamificar las clases del ciclo de primaria y aplicación con actividades para trabajar contenidos curriculares en educación primaria y secundaria.
BodyPlanet https://bodyplanet.es/	Aplicación para trabajar la anatomía del cuerpo humano en los ciclos de primaria y secundaria.
Marcotopo https://marcotopo.com/	Aplicación para visitar ciudades y aprender a través de juegos.
PoerNauts Matemáticas http://www.teachlabs.com/	Aplicación basada en un videojuego tipo plataforma para el aprendizaje de las matemáticas.
Lingokids https://lingokids.com/	Aplicación para el aprendizaje de inglés de niños entre 2 y 6 años.
TapTap Tales http://www.taptaptales.com/	Aplicación con cuentos interactivos y juegos educativos para niños de 2 a 8 años.

Tabla 2 (continuación). Listado de algunas empresas españolas del sector EdTech enfocadas en el desarrollo materiales digitales de 2010 a 2020. (Fuente: Snackson, 2020).

Empresa	Breve descripción del contenido
CuiCui https://cuicuiestudios.com/	Aplicaciones basadas en advergames, juegos serios y videojuegos para el aprendizaje de educación primaria.
Smartick https://www.smartick.es/	Aplicación basada en actividades para el aprendizaje de las matemáticas.
Supertics y Didakids http://didacticadigital.es/	Aplicaciones con contenido complementario o de refuerzo para las diferentes asignaturas de educación primaria.
Elesapiens Learning & Fun https://www.elesapiens.com/	Plataforma con actividades digitales para trabajar los conocimientos científicos del currículo entre 3º y 6º de primaria.
Smile and Learn https://smileandlearn.com/	Plataforma con quizzes, juegos, vídeos y cuentos para trabajar los contenidos curriculares de educación primaria.
EduZland https://eduzland.eu/	Aplicación basada en un videojuego tipo plataforma para el aprendizaje de las matemáticas, lengua y literatura en educación primaria.

Con el aumento del sector EdTech surgen también las necesidades de evaluación de estas empresas y de sus productos, para adquirir financiación y continuar su crecimiento. Así, se pueden encontrar estándares de evaluación de este tipo de empresas como el propuesto por Educapital (2020). Este sistema de evaluación se basa en cuatro niveles que establecen los diferentes tipos de estudios que se necesitarían para evaluar una empresa EdTech.

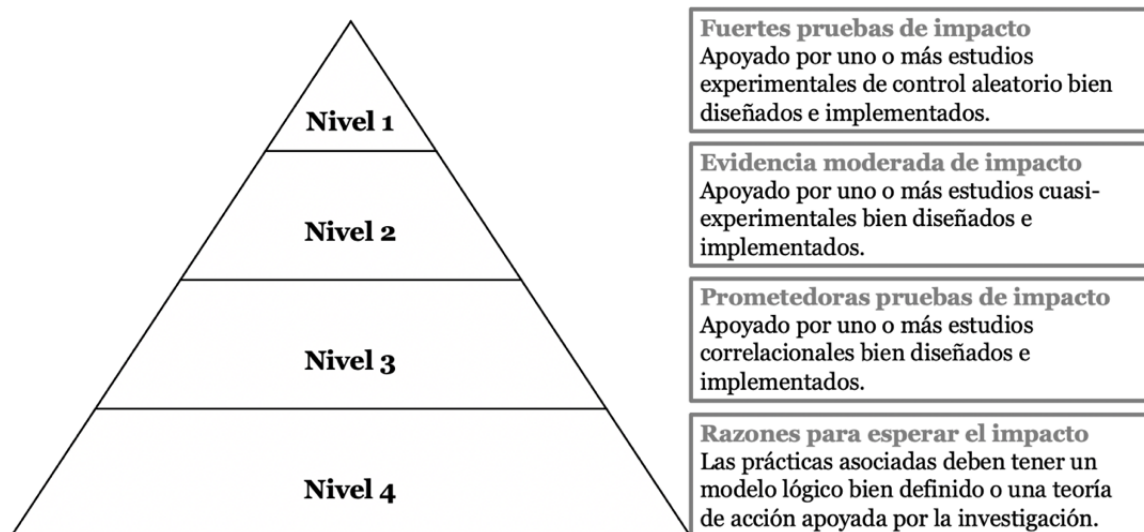


Figura 1. Pirámide de los niveles en los que pueden establecerse los estudios de evaluación de los productos desarrollados por empresas EdTech. Adaptada de la fuente Educapital (2020).

4.2. Contexto industrial del material digital educativo de la empresa Smile and Learn Digital Creations

Smile and Learn es una plataforma digital que desarrolla actividades (quizés o cuestionarios, cuentos, juegos y vídeos) para niños de 3 a 12 años de edad. La empresa Smile and Learn Digital Creations comenzó su proyecto en 2015 como editorial digital para la creación de contenidos educativos. En su trayectoria ha sido premiada por el MIT de Boston, el programa de Horizonte 2020 de la Comisión Europea y BETT de Londres.

Por otra parte, la empresa Smile and Learn Digital Creations cuenta con la colaboración del ministerio de Educación y de los organismos educativos competentes en diferentes comunidades autónomas de España para organizar programas piloto con centros educativos. Estas colaboraciones directas con centros educativos y docentes, permite mejorar las formaciones del equipo educativo para el uso de Smile and Learn, así como recibir feedbacks directos de mejoras a implementar en las actualizaciones. Durante el confinamiento por la pandemia de la COVID-19 ofreció los contenidos de forma gratuita a los centros escolares y colaboró en proyectos con Radio Televisión Española en espacios como el de “Aprendemos en Casa”.

La distribución del material de Smile and Learn se realiza a nivel mundial, siendo necesario considerar aspectos culturales, semejanzas y diferencias entre currículos escolares. Así, la plataforma incluye contenido en cinco idiomas: español, inglés, francés, portugués e italiano. La metodología educativa de Smile and Learn se centra en el aprendizaje activo de los estudiantes por medio de sus contenidos. También puede usarse en otras metodologías como CLIL (Content Language Integrated Learning) (e.g. Szabó y Lipóczi, 2015) para el aprendizaje de idiomas al poder trabajar una lengua de forma inmersiva. Por otra parte, se elaboran guías didácticas de los contenidos desarrollados (Anexo II). Estas guías didácticas tienen como objetivo facilitar al docente la comprensión del juego y cómo se podría incluir en el aula. Diversos estudios (e.g. Arnab et al., 2012; Marne et al., 2012) destacan que el material de apoyo para los docentes puede ser de utilidad a la hora de implementar los juegos en el aula. A través de la plataforma y de la posibilidad de gestión del contenido educativo Smile and Learn quiere ser un soporte en el aula para facilitar el trabajo de los docentes.

4.2.1. Plataforma educativa de Smile and Learn

La plataforma de Smile and Learn es multidispositivo (tablet, ordenador, móvil, pizarra digital) y se desarrolla para diferentes softwares (Android, iOS, Linux). Pueden consultarse más especificaciones de la plataforma en la página web de la empresa¹³. Este nivel de desarrollo implica actualizaciones constantes en las que se incluye nuevo contenido diseñado por el equipo de educación de la compañía, así como en las que se actualizan los juegos antiguos que requieran cambios. Todos los años se hace una actualización completa de la plataforma y del contenido para preparar el nuevo curso escolar. Estas actualizaciones constantes permiten la flexibilidad de incluir cambios constantes a nivel de gestión del contenido, métricas de aprendizaje, organización o del recomendador. El sistema de recomendación para los usuarios está basado en la inteligencia artificial para asesorar a padres, profesores y niños de las actividades que podrían realizar para seguir mejorando (Baldominos y Quintana, 2019).

¹³ <https://smileandlearn.com>

Los contenidos de Smile and Learn engloban la educación infantil y primaria en las diferentes áreas de los currículos escolares tanto nacionales como internacionales. Así, este contenido se organiza con referencia a las Inteligencias Múltiples en diferentes mundos: Lógica, Ciencias, Espacial, Arte, Emociones, Literatura, Multijugador y el mundo del jugador o de gamificación. La vista de la plataforma y de los diferentes mundos está adaptada a la personalización del perfil del estudiante (Figura 2).



Figura 2. Vistas principales de la plataforma Smile and Learn. De izquierda a derecha, se observa la clasificación en mundos si el estudiante tiene necesidades educativas especiales, en el centro, si el estudiante es de infantil o primer ciclo de primaria y a la derecha la vista para segundo ciclo de primaria.

Todo el contenido y su organización por mundos asociado a la edad del estudiante está disponible online¹³. En relación a los tipos de actividades de la plataforma, los contenidos pueden organizarse en diferentes tipos: vídeos, cuentos, quizzes y juegos. Igualmente, dentro de algunos juegos educativos se pueden distinguir varias de estas actividades. Por otra parte, al entrar a estos mundos se ha incluido una categorización del contenido por áreas temáticas. Dentro de cada área se encuentran las actividades con las que se puede trabajar (Anexo I).

Así, las mecánicas de juego que pueden encontrarse son diversas. Por ejemplo, en los juegos diseñados por Smile and Learn se podrían encontrar según Mitgutsch y Alvarado (2012): Tareas o acciones a realizar para conseguir recompensas, instrucciones de apoyo para apoyo en el logro de objetivos, planificación para la resolución de las tareas, competencia o cooperación o la gestión de recursos o recompensas adquiridas para la construcción de los mundos del avatar.

Toda la plataforma está gamificada. Las actividades incluidas en la plataforma se relacionan a través de este sistema de gamificación abierto en el que se continúa trabajando. Así las actividades dan recompensas denominadas como Smilies que permitirán subir de nivel al usuario. Al subir de nivel se consiguen gemas. Estos dos tokens o recompensas de la plataforma se utilizan en el mundo de gamificación. Al entrar en este mundo te encuentras con la opción de seleccionar cuál de los mundos quieres construir (aldea fantasía o aldea global) y con la opción de cambiar el avatar personal.

En el inicio este sistema tenía establecido unos tokens que se daban como recompensa llamados Smilies, estos sirven para adquirir ropa para el avatar, construir su casa o la de tu mascota. En el transcurso del proyecto se han implementado las gemas para ampliar las actividades de gamificación. Así las gemas sirven para construir la ciudad. Se implementa así una actividad de gestión de recursos según se progresa en las actividades de la plataforma. Estas recompensas se basan en fomentar la motivación extrínseca (Marczewski, 2015; Ritterfeld y Weber, 2005). Pueden utilizarse por los docentes para establecer otro tipo de estrategias que

fomenten la motivación intrínseca y el aprendizaje significativo (Marczewski,2015; McKnight et al., 2016).

4.2.2. Gestión de la plataforma

Al entrar a la plataforma en primer lugar se observan los grupos de clase con los alumnos incluidos (Figura 3, a). La gestión de los grupos de clase y contenidos puede realizarse desde una web online (Figura 3, b).

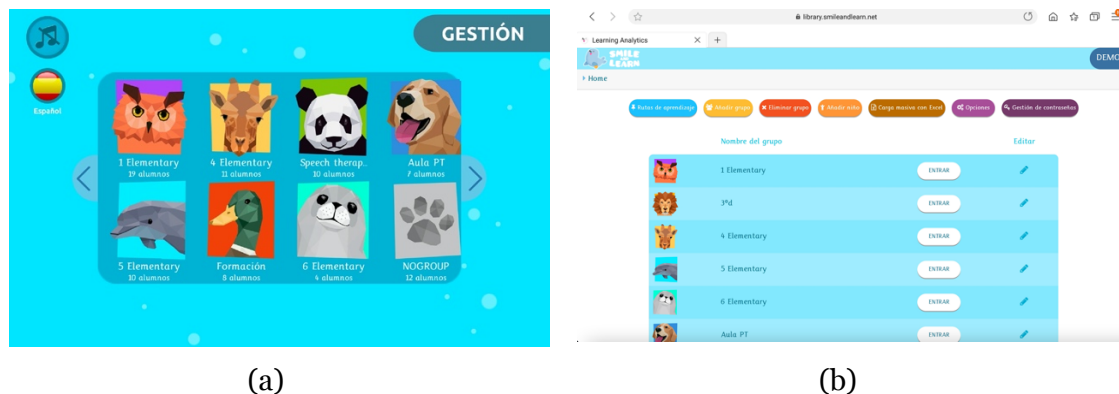


Figura 3. (a) Vista inicial de los grupos en la plataforma. (b) Vista de los grupos de clase y menú de la web de gestión.

Con el crecimiento de actividades que se van incluyendo en cada nueva versión de la plataforma, ha sido necesario la creación de un sistema de gestión del contenido para facilitar la labor docente. De este modo en la 'gestión de contenidos' se pueden organizar las actividades en:

- 'Quick sessions' o 'Rutas rápidas': para seleccionar actividades a realizar en una clase.
- 'Learning paths' o 'Rutas de aprendizaje': En esta categoría pueden seleccionarse rutas ya elaboradas por el equipo de educación de Smile and Learn. También se puede crear una ruta personalizada para seguir la programación didáctica del profesor.

Desde la gestión se pueden incluir usuarios, profesores o tutores asociados a los grupos, personalizar el perfil de los estudiantes para adaptarlo a sus necesidades educativas, asociarles contraseñas o seleccionar los idiomas en los que se quiere trabajar. Igualmente, los docentes pueden seleccionar si los niños tienen acceso a todo el contenido o solo a la parte a trabajar en el aula.

En el apartado de gestión también se encuentra el sistema de Learning Analytics o métricas de aprendizaje. Este está relacionado con el recomendador de la plataforma (Baldominos y Quintana, 2019). Para la evaluación del progreso del estudiante se muestran gráficas de desempeño en las actividades y tiempo de uso, por mundos y actividades individuales. Estos datos pueden extraerse en informes descargables para conocer el progreso de la clase o del alumno.

4.2.3. Flujo de trabajo para la creación de contenido

Se ha establecido un marco teórico con el que trabajar el diseño del contenido desde la perspectiva educativa, considerando el resto de equipos implicados en el desarrollo (C4). Este marco engloba la base para el proyecto IND2017/SOC-7874 con las diferentes perspectivas académicas para el estudio y evaluación de los materiales digitales. A partir del marco teórico establecido para el diseño de actividades se han diseñado diferentes juegos adaptados al proceso de desarrollo de la empresa (consultar resultados generales, C10). El proceso de diseño y desarrollo de un juego es complejo e implica a los diferentes departamentos de la compañía. Esto es importante para adecuar el vocabulario y perspectivas de cada uno de los equipos en la coordinación de tareas y del trabajo realizado.

Diferentes modelos de producción de juegos pueden encontrarse en estudios como los de Arnab y Clarke (2017), Marne et al. (2012), Pereira (2014) o Sauvé et al. (2011). En ellos se coincide en tres fases principales del desarrollo de los juegos: preproducción, producción y postproducción. La evaluación del aprendizaje en este caso se realiza tras la fase de postproducción. Establecer un flujo de trabajo efectivo y basado en la comunicación y flexibilidad contribuye a que se puedan realizar juegos más efectivos para el aprendizaje (Arnab y Clarke, 2017). Como se ha especificado en el apartado de diseño, es un proceso interdisciplinar en el que trabajar la comunicación es esencial. El proceso de diseño de un juego y flujo de trabajo queda referenciado en un caso particular en el artículo del apartado 1 del capítulo C4.

2 | Variables de Estudio en el Proyecto

CAPÍTULO 2

VARIABLES DE ESTUDIO EN EL PROYECTO

En este segundo capítulo se explican las diferentes variables de estudio del proyecto (motivación, metacognición y funciones ejecutivas). Así, por cada una de ellas se profundiza en su implicación con el aprendizaje, instrumentos que pueden utilizarse para su evaluación y relación con los elementos de juego. Finalmente, se expone el nexo entre ellas en el aprendizaje autorregulado, así como estudios destacados dentro del marco del aprendizaje autorregulado.

1. Motivación

En este apartado se plantea la relevancia de la motivación en el aprendizaje, así como teorías que han marcado el estudio de esta variable en los entornos educativos. A continuación, se exponen las limitaciones de los estudios realizados, así como algunos instrumentos de evaluación que pueden utilizarse. Finalmente, se comenta cómo la motivación estaría vinculada o cómo podría promoverse por medio de los elementos de juego.

1.1. Motivación y aprendizaje

La motivación en el entorno académico puede definirse como “el proceso que nos dirige hacia el objetivo o la meta de una actividad, la instiga y la mantiene” (Pintrich et al., 2006; p.5). Mantener la intención y el esfuerzo para comprometerse a acabar las tareas es importante en el proceso de aprendizaje (Gaeta, 2006). De esta forma, la motivación también se define como un constructo multidominio o multivariable. Así, dependiendo del enfoque motivacional que se considere, podría describirse el grado de motivación de los estudiantes bajo diferentes características. Por ello, la motivación de los estudiantes en el entorno académico se ha investigado a través de diferentes teorías como la orientación a metas (Dweck, 1986, Elliott y Dweck, 1988), la teoría de atribución (Weiner, 1979) o el locus control (Kuhl, 1984); y también considerando diferentes variables en estas teorías como las expectativas (e.g. Sungur, 2007a); la autoeficacia (e.g. Hoffman y Spatariu, 2008; Landine y Stewart, 1998; Shannon, 2008), el autoconcepto (e.g. Casado Goti, 1998) o como parte del aprendizaje autorregulado (e.g. Boekaerts, 1997; Efklides, 2011; Zimmerman, 2002; Zimmerman y Moylan, 2009), entre otras.

De este modo, la motivación está relacionada con diversos aspectos como la curiosidad, el interés por dominar un conocimiento, el esfuerzo y el compromiso, lo que facilita una conducta específica que predispone al estudiante para el aprendizaje (Pintrich et al., 2006). Las investigaciones en esta área, han corroborado que la mejora de la motivación de los estudiantes, al igual que sus expectativas, atribuciones de éxito o fracaso y su autoeficacia son variables que pueden predecir sus logros (Baleghizadeh y Rahimi, 2011; Boekaerts, 1999; Pintrich, 2000). Por tanto, conocer y tener la habilidad de gestionar aspectos motivacionales podría permitir la adquisición de nuevos aprendizajes (Azevedo, 2009; Expósito y Manzano, 2010). Así, dentro del ámbito académico, las creencias motivacionales pueden usarse para describir el autoconocimiento y el comportamiento de los estudiantes en relación con sus intereses, orientación a metas, su expectativa de valor de la tarea o su autoeficacia, entre otras. Esto puede ayudar a los estudiantes a mantener la motivación durante la tarea para completarla (Cázares, 2009; Shannon, 2008). Es decir, los estudiantes motivados podrán

finalizar todos los procesos de una tarea académica prestando atención y utilizando diversas estrategias de aprendizaje (Bahri y Corebima, 2015).

Dentro de la motivación, se podría hacer una primera distinción entre los factores intrínsecos y extrínsecos que pueden intervenir (González-Pianda, 2003). En los factores intrínsecos, estarían aquellos aspectos relacionados con el estudiante. Dentro de estos factores podrían situarse la autodeterminación, las experiencias, las atribuciones que el individuo pueda hacer o la capacidad de decisión (McCombs, 1988; Sungur, 2007a). En los factores extrínsecos se encontrarían aquellos aspectos externos como pueden ser los profesores, el entorno escolar o los métodos de aprendizaje (Bahri y Corebima, 2015; Barca-Lozano et al., 2012). Así, estos factores influirán en la motivación del estudiante, al igual que, cómo realizan la tarea y el proceso de aprendizaje afecta a su posterior perspectiva motivacional en la tarea (Corno, 1986; McCombs, 1988). En el contexto de los elementos del juego que puede encontrarse en los materiales digitales educativos, destacaría el uso de los elementos como factores extrínsecos (Richter et al., 2015) (desarrollado en el punto 1.3 de este capítulo). Por otra parte, en el contexto del aula, para que se activen los diversos mecanismos de realización de las tareas y el desempeño en las mismas, el estudiante debe estar motivado. Este efecto de la motivación puede reflejarse en el uso de estrategias cognitivas y metacognitivas, así como en su regulación (e.g. Gaeta, 2006; Gaeta et al., 2012; Landine y Stewart, 1998).

De este modo, la disposición del estudiante hacia las tareas académicas se ha estudiado por diversas teorías. Una de ellas es la teoría de las atribuciones (Weiner, 1979, 1985, 2001). Desde la perspectiva del alumno, esta teoría explica la interpretación que el estudiante puede hacer de los elementos de la tarea para un desempeño eficaz o ineficaz. Así, según Weiner (1979), se encuentran tres dimensiones para describir las atribuciones y establecer el punto inicial del estado motivacional del alumno. En primer lugar, estaría la relación entre las fuerzas personales como la motivación y la capacidad. Por otra parte, estarían las causas ambientales en las que se encuentra el estudiante y estabilidad percibida. Por último, estaría la dimensión de la capacidad de control, es decir, quién dispone del control de la actividad. De este modo, el alumno puede autoevaluar el proceso de realización de la tarea para regular su motivación o realizar sus atribuciones (Pintrich et al., 2006). Por ello, los alumnos que obtienen resultados diferentes a los esperados, pueden identificar el error como algo externo e incontrolable. Así, algunos estudiantes desarrollarán una actitud dirigida a evitar el fracaso, en lugar de conseguir un buen desempeño en el logro de la tarea. Otros estudiantes podrán atribuir el fracaso en la tarea a una baja capacidad. Al igual que otros pueden percibir el éxito desde una dimensión externa por las causas ambientales (Barca-Lozano et al., 2012; González Cabanach et al. 1996). Esta diversidad de percepciones que afectarán a la atribución del estudiante, así para evitar atribuciones que no beneficien en el proceso de aprendizaje, es necesario que los alumnos tengan la capacidad de control sobre la tarea (Weiner, 1979). Esto también ayudará a los estudiantes a responsabilizarse de su proceso de aprendizaje (Gaeta et al., 2012). En resumen, la teoría de atribución tiene un papel importante en la motivación ya que el alumno necesita aprender a atribuir el logro o el fracaso del trabajo de la forma adecuada (Casado Goti, 1998; Pintrich y De Groot, 1990).

Por otra parte, está el modelo de motivación por el logro de Atkinson (1957). Dicho modelo, explica la conducta orientada al logro o rendimiento como resultado de un conflicto entre tendencias de aproximación al éxito y de evitación del fracaso (Pintrich et al., 2006). Se puede relacionar con el estudio de Weiner (1979) en las causas descritas para dicho éxito o fracaso. Así, el rendimiento en la tarea estaría definido por la capacidad, el esfuerzo y la dificultad de la tarea, y la suerte (Weiner, 1979). En lo que concierne a la expectativa de éxito,

el sentimiento de eficacia personal o autoeficacia sobre los resultados va a ser un factor de persuasión para comenzar el aprendizaje o la tarea (Barca-Lozano et al, 2012; Konrad, 2015). De este modo, la teoría de la expectativa de éxito permite predecir el esfuerzo del estudiante, el compromiso cognitivo y el rendimiento (Sungur, 2007a). Sin embargo, si las expectativas del estudiante son positivas, pero no se ajustan a la realidad, se producirá un estado de frustración e intentará evitar el fracaso (McCombs, 1988; Suárez y Fernández, 2011). Así, según esta perspectiva el éxito puede definirse en función de la capacidad, la motivación y la regulación de estrategias ante la dificultad de la tarea (Pintrich y De Groot, 1990; Sungur, 2007a).

Otra teoría motivacional que se vincula con la perspectiva de éxito o fracaso en las tareas es la teoría del locus control (Kuhl, 1984). Así, el locus control interno se asocia con un mayor rendimiento, considerando el rendimiento como consecuencia de la autorregulación de la actividad. El locus externo, hace referencia a la poca experiencia, la importancia de la actividad para el alumno y el esfuerzo del estudiante. Si el esfuerzo se concibe por el estudiante como un coste que no está vinculado con el éxito, el esfuerzo en la tarea académica disminuye (Landine y Stewart, 1998; Ugatetxea, 2002). Tanto el locus control como la autoeficacia se correlacionan positivamente con el logro académico, vinculándose así con la motivación por la tarea. Cuanto más interno sea el nivel de control, mayor será la capacidad del estudiante para manejar los cambios en su entorno de aprendizaje (Bahri y Corebima, 2015; Landine y Stewart, 1998; Shannon, 2008).

Desde esta diversidad de teorías se vincula la motivación al éxito o al fracaso de las tareas académicas. Por ello, según la orientación del alumno, se realizará la elección de las estrategias de aprendizaje a la hora de ejecutar las tareas según su nivel de habilidad, la cantidad de esfuerzo que requieran o la dificultad que perciban de la tarea (Baleghizadeh y Rahimi, 2011). De este modo, en función de la experiencia adquirida por la resolución de tareas, los estudiantes tendrán unas expectativas concretas a la hora de afrontar futuros retos (Weiner, 1979, 1985). Además, las investigaciones apoyan la importancia de la motivación en el aprendizaje, en relación al interés y valor que se le otorgue a la tarea, la autoeficacia y las expectativas de resultados de los estudiantes (Shannon, 2008; Sungur, 2007; Zimmerman y Moylan, 2009). Este aspecto motivacional es relevante a la hora de implementar las actividades digitales en el aula, ya que la percepción del alumno sobre las mismas puede determinar su implicación (Marti-Parreño et al., 2018; Yessad, 2010).

Otra teoría en el contexto académico relacionado con las tareas es la teoría de orientación a metas (Dweck, 1986; Elliott y Dweck, 1988). En esta se pueden distinguir principalmente dos tipos de metas (Dweck, 1986; Pintrich, 2000). En primer lugar, tendríamos las metas de dominio, de ejecución o aprendizaje. En este tipo de meta los estudiantes se centran en poder gestionar sus habilidades y aprender nuevos conceptos para aumentar su conocimiento. En segundo lugar, estarían las metas orientadas al rendimiento o de desempeño, centradas en demostrar la capacidad de éxito (Erhel y Jamet, 2013; Gaeta, 2006; Pintrich, 2000). A lo largo del texto se encontrarán definidas como metas de aprendizaje o de rendimiento. Una descripción en profundidad de los diferentes tipos de metas en el contexto académico puede encontrarse en el estudio de Barca-Lozano et al. (2012) y en el de González-Cabanach et al. (1996). La característica general que comparten estas metas es que son representaciones cognitivas o estructuras de conocimiento a lograr por el estudiante sobre las que se puede actuar (Pintrich, 2000).

Estas teorías motivacionales coinciden en la multidimensión de las diferentes variables que pueden abordar, así como en la necesidad de definir los tipos de metas que pueden

encontrarse para determinar las atribuciones, creencias o expectativas. De este modo, se podría concretar la variable motivación en relación a un objetivo o una meta ante la que actuar y así poder determinar si es algo a lograr o a evitar (Pintrich et al., 2006). Otro aspecto a considerar sería el conocimiento de las estrategias de aprendizaje que podrían utilizar los alumnos en el proceso (Gaeta, 2006; Núñez Pérez et al., 1998; McCombs, 1988). En este punto, la motivación puede regular e intervenir en los procesos cognitivos (como pueden ser la metacognición y las funciones ejecutivas) para poder planificar, organizar, tomar decisiones, resolver problemas o evaluar los procesos (Landine y Stewart, 1998; McCombs, 1988). Por ejemplo, estudios como el de Gaeta (2006) indica que la orientación a la meta predice el uso de estrategias metacognitivas. En estudios como el de Barca-Lozano et al. (2012) o el de Gaeta et al. (2012) se obtienen posibles relaciones entre la percepción de los estudiantes del ambiente del aula y sus orientaciones a las metas. Por otra parte, la orientación a metas también puede ayudar al alumno a asumir su responsabilidad en la tarea y ser perseverante para aplicar las estrategias motivacionales más adecuadas. McCombs (1984, 1988) defiende que la motivación en los estudiantes puede potenciar su responsabilidad en el proceso de aprendizaje. El entrenamiento de las habilidades motivacionales es fundamental para la adquisición y puesta en práctica de otras estrategias de aprendizaje como las habilidades metacognitivas y los procesos cognitivos (Efklides, 2011; McCombs, 1984, 1988). Así, lo importante es que estas habilidades pueden entrenarse para mejorar y el material digital educativo podría ayudar en el proceso de entrenamiento. Con el desarrollo de los estudiantes y progreso en los diferentes ciclos educativos, lo que se esperaría es que las estrategias de motivación sean más diversas por la experiencia adquirida (Boekaerts, 1996).

Por ello, en el conjunto de las metas de aprendizaje y estrategias para la resolución de las tareas intervienen múltiples factores motivacionales como las creencias, las atribuciones y afectos que pueden interaccionar con el comportamiento de los estudiantes (Barca-Lozano et al., 2012; Pintrich, 2000; Pintrich et al., 2006). Como se ha referenciado en el capítulo 1, el material digital educativo también podría influir en el comportamiento o actitud de los estudiantes. Así, estudios como el de Bandura (1993), el de González Cabanach et al., (1996) o Núñez Pérez et al. (1998) determinan que las expectativas y la autoeficacia de los estudiantes para realizar con éxito una tarea, afecta a la motivación con la que se resuelve y a los resultados de la misma. Según la capacidad percibida del estudiante, este puede elegir una orientación a metas acorde a su autoconcepto, que no tiene por qué ser cierta (González Cabanach et al., 1996). Igualmente, se encuentra que la autoeficacia está ligada con la autorregulación en el aprendizaje y que esta puede trabajarse para aportar más seguridad a la hora de enfrentarse a nuevos retos. Además, se pueden mejorar así la autoestima, que influye también en las características individuales como el manejo de las frustraciones o de las adversidades (Klimenko, 2009; Papinczak et al., 2008; Shannon, 2008). Estos factores relacionados con las expectativas, creencias y atribuciones pueden ayudar a sostener la motivación en el proceso de la actividad (Pintrich et al., 2006). A la par de estas variables intrapersonales, existen otras interpersonales que afectan a la motivación de los estudiantes. Como se ha destacado previamente, en la motivación intervienen también variables externas al individuo que afectan a su desempeño, así como experiencias previas, actitud del profesor, ambiente del aula o expectativas de su entorno, por ejemplo (González Cabanach et al., 1996; González-Pienda, 2003).

En resumen, la motivación afecta al aprendizaje y al rendimiento de los estudiantes impactando positivamente (Corno, 1986; Landine y Stewart, 1998). Esta relación se ha demostrado a través la investigación en estudios como los de Barca-Lozano et al. (2012), Duffy

y Azevedo (2015) o Pintrich y De Groot (1990). Así, para las tareas de estudio se necesitan llevar a cabo procesos cognitivos complejos, aplicar habilidades y estrategias. Este despliegue de acciones permitirá al estudiante adquirir conocimientos, recuperarlos y transferir lo aprendido a otras tareas (Barca-Lozano et al., 2012; Chatzipanteli et al., 2014; Goldin et al., 2014). De este modo, en la motivación a metas podría ser clave las primeras fases de la tarea en la que se define y planifican los objetivos (Duffy y Azevedo, 2015).

1.2. Instrumentos de evaluación de la motivación

Dentro del área del estudio de la motivación en el contexto español destaca el trabajo de Alonso Tapia y la variedad de instrumentos que ha generado para su evaluación en el aula (e.g. MAPE, EAT, ECO, EMA, MAT o CMC) (Tapia, 1992). Así, Tapia y Ferrer (1992) analiza los determinantes motivacionales que puede tener el aprendizaje para la elaboración del Cuestionario de Motivación hacia el Aprendizaje (MAPE-I; Tapia y Ferrer, 1992), entre otros cuestionarios para evaluar la motivación de los alumnos. Este cuestionario se define por evaluar la motivación desde la perspectiva de orientación a metas (ver C6). Otros instrumentos destacados en la literatura (e.g. Boekaerts, 1999; Gaeta et al., 2012, Garcia y Pintrich, 1994) para evaluar el aspecto de la motivación en relación al aprendizaje o a las tareas son el MSLQ (Motivated Strategies for Learning Questionnaire; Pintrich, 1991) o el LASSI (Learning and Study Strategies Inventory; Weinstein et al., 1988).

Al ser un constructo multivariable sus perspectivas de estudio son muy diversas, se recogen en este apartado algunos de los instrumentos más relevantes de la literatura en el contexto del presente trabajo. El estudio de la motivación cuenta con un amplio desarrollo de cuestionarios, principalmente autoinformes, para evaluar la motivación (Pintrich et al., 2006; Tapia, 1992).

1.3. Motivación y material digital

Los estudiantes deben estar motivados para participar activamente en sus procesos de aprendizaje (Burón, 1997). Por otra parte, los docentes también tendrían que crear entornos de aprendizaje en los que los estudiantes puedan regular su aprendizaje (Boekaerts, 1996; McKnight et al., 2016; Turkay et al., 2014). Esta motivación de los estudiantes y entornos de aprendizaje, podrían conseguirse con el material digital educativo o juegos serios (Erhel y Jamet, 2013; Lieberman et al., 2009). Otro hecho importante, es que los estudios sobre la motivación sugieren que las emociones y las creencias sobre el interés y el valor de la tarea, generan compromiso y aprendizaje por parte de los estudiantes (Anastasiadis et al., 2018, Garcia y Pintrich, 1994; Schunk, 1996). Este hecho, puede ayudar a la percepción de que el material digital educativo sea más motivador por las propias creencias o atribuciones de los estudiantes.

Estudios como el de Chauhan (2017) o el de Erhel y Jamet (2013) ponen de manifiesto la motivación que estos materiales producen en los estudiantes y cómo influye en su compromiso. Sin embargo, existen controversias en los enfoques o características de por qué motivan los juegos o los materiales digitales (Jenson y de Castell, 2018). Por ejemplo, Gros (2007) debate que el compromiso y la motivación que pueden promover los entornos basados en juegos o con materiales digitales son interesantes, pero no suficientes para lograr un aprendizaje o adquirir habilidades tecnológicas. De este modo, algunos autores se centran en el uso de la tecnología como motivador y otros autores profundizan en el diseño de los juegos,

otorgando las características motivacionales a los elementos del juego (Mitgutsch y Alvarado, 2012; Turkay et al., 2014; Weller, 2018).

Para que las tareas motiven a los estudiantes deben proponer retos y desafíos a los estudiantes. Para ello, deben incluir novedad o sorpresa, variedad y diversidad (Bahri y Corebima, 2015; Hall et al., 2014). Esto ayudará a los alumnos a poder establecer sus metas a corto plazo y fomentar el uso de estrategias de aprendizaje en el proceso de instrucción (Duffy y Azevedo, 2015; González Cabanach et al., 1996; Núñez Pérez et al., 1998). También es adecuado que el diseño de las actividades contemple la capacidad de decisión de los estudiantes para poder trabajar la responsabilidad e independencia, así como el control y la gestión (Gaeta et al., 2012; Gee, 2009; Patino et al., 2016; Suárez y Fernández, 2011). En los marcos del diseño de juegos la motivación puede estar vinculada con las mecánicas y el proceso en si de la jugabilidad que presente al usuario en relación al objetivo educativo (Hall et al., 2014; Squire, 2003). Así, la motivación podría verse comprometida a la hora de seleccionar los dispositivos o las plataformas y dentro de los materiales, los elementos de juego con el flujo entre las mecánicas (Dondlinger, 2007; Wang et al., 2009). Según Mayer (2019) las principales teorías de motivación que pueden vincularse al material digital gamificado o a los juegos son: la teoría de interés y valor de la tarea, la teoría de autoeficacia y atribución, la teoría de orientación a metas u objetivos, la teoría de autodeterminación y motivación intrínseca, teorías sociales y de personificación. Estas cinco áreas centradas en la motivación podrán estudiarse según las características del juego o los elementos incluidos en el material digital. Así, estas teorías complementarían las comentadas en el apartado 1.1. de este capítulo.

Las teorías del interés, valor de la tarea o de atribución podrían estudiarse en relación con el uso de la tecnología como motor motivacional o por el efecto de un diseño específico de juego o actividad en el alumno (Casado Goti, 1998; Mayer, 2019). Los elementos de juego que podrían vincularse a estas metas u objetivos de los estudiantes según sus estrategias de aprendizaje (Gaeta, 2006; Núñez Pérez et al., 1998). De esta forma, se podrán trabajar las estrategias y procesos que se quieren en el aula para lograr los objetivos educativos deseados (Barca-Lozano et al., 2012; Bellotti et al., 2011; Gaeta et al., 2012).

Por otra parte, las teorías de autoeficacia, autodeterminación y motivación intrínseca, teorías sociales y de personificación podrían estudiarse en juegos serios y de elaboraciones complejas como los géneros MMOs, RPGs o simulaciones (Anastasiadis et al., 2018; Bellotti et al. 2011; Marchand y Henning-Thurau, 2013; Rankin et al., 2008). Igualmente, estos juegos permitirían evaluar al usuario a través de la plataforma en estas variables según su progreso y elecciones en el juego, así como a través de chats interactivos y conversaciones en la comunidad de jugadores. Así se podrían recoger estas variables de forma más efectiva para guiar al alumno en su aprendizaje. Entre las teorías motivacionales que destacan en los estudios de estos géneros se encuentra la teoría de autodeterminación (Deci y Ryan, 1980) o la teoría social de aprendizaje de Bandura (1977).

Dentro del material digital gamificado o juegos también se pueden encontrar otras teorías como la pirámide de Maslow (1989) para la autorrealización de los estudiantes a través de la actividad (Marczewski, 2015). Igualmente se estudia la relación de los elementos del juego con los factores extrínsecos e intrínsecos de la motivación (e.g. Marczewski, 2015; Richter et al., 2015; Ritterfeld y Weber, 2005). Estudios como el de Lin et al. (2017), Pintrich (2001) o Ritterfeld y Weber (2005) exponen que la motivación extrínseca e intrínseca se complementan. Así, a través de elementos de juego como puntuaciones, rankings o medallas se puede generar la motivación de los estudiantes tras su éxito (Malone, 1981). La motivación extrínseca podría relacionarse así con las conductas de comportamiento de los estudiantes,

ayudando en algunos puntos a regular estos procesos (Lin et al., 2017). Estudiantes con motivación intrínseca por el aprendizaje pueden no necesitar incentivos durante las tareas, incluso podría ser contraproducente en determinados casos (Ritterfeld y Weber, 2005). Aun así, aunque estos estudiantes intrínsecamente motivados sean más autónomos, dependiendo de su ambiente también pueden beneficiarse de elementos de juego que fomenten la motivación extrínseca (Lin et al., 2017; Mateos et al., 2016; Ritterfeld y Weber, 2005). Por otra parte, algunos estudiantes necesitan motivación extrínseca para comenzar su implicación o compromiso en las tareas (Boekaerts, 1996). Este es otro punto donde los juegos educativos podrían ayudar a este tipo de perfiles de estudiantes. Todavía hay discrepancias entre qué elementos del juego pueden fomentar más la motivación de los alumnos (Dondlinger, 2007).

Diversos autores han intentado establecer una base de elementos básicos que generen el equilibrio en los juegos entre aprendizaje y motivación para construir un juego y poder mejorar el compromiso de los estudiantes (Hunicke et al., 2004; Mateos et al., 2016; Prensky, 2001; Sillaots et al., 2016). En este equilibrio de los elementos de juego se encontraría la teoría del flow en relación a la motivación y el aprendizaje (c.f. Prensky, 2001, Sillaots y Jesmin, 2016). Así, el ciclo o flujo esencial que suelen seguir estos juegos educativos para educación primaria sería reto o meta, feedback y recompensa. Por ende, los elementos de juego que destacan en los estudios de motivación o se han relacionado con ella, en relación a los juegos que pueden encontrarse en los juegos educativos se exponen a continuación.

Entre los elementos de juego se encuentran la narrativa o el storytelling para que los alumnos consigan la inmersión en el juego. Esta se ha relacionado principalmente con la capacidad de promover la motivación intrínseca del estudiante al fomentar la curiosidad (Anastasiadis et al., 2018; Dondlinger, 2007; Huffaker y Calvert, 2003). Sin embargo, este elemento no suele estar integrado en muchos de los juegos educativos de educación primaria. Un elemento de juego destacado en los materiales digitales son las recompensas o castigos, que pueden representarse de diversas formas por medio de medallas, niveles o bloqueos de retos o recompensas (Bahri y Corebima, 2015; Dondlinger, 2007; Graesser et al., 2009). Las recompensas (insignias, medallas, puntos, monedas y otros tokens) podrían definirse y analizarse según las teorías del condicionamiento clásico o el condicionamiento operante (Burón, 1997; Graesser et al., 2009; Mateos et al., 2016; Pintrich et al., 2006), aunque en los juegos no suelen incluirse los castigos. Estos elementos inciden principalmente en la motivación extrínseca, siento este punto bastante crítico ya que se puede propiciar únicamente el uso elementos de juego de sean motivadores extrínsecos para cumplir con objetivos a corto plazo, pero que no ayuden a los alumnos a largo plazo (Jenson y de Castell, 2018; Ritterfeld y Weber, 2005). Un factor que sigue siendo limitante en los juegos educativos es lograr la motivación intrínseca o el estado de flujo para lograr aprendizajes significativos (Anastasiadis et al., 2018; Tan et al., 2007). Así, estos elementos establecen unos objetivos incorporados el juego que pueden definirse también como logros o como feedbacks, que indicarán el progreso del estudiante. Si se entienden como logros a coleccionar, estarían más relacionados con la motivación extrínseca (Jenson y de Castell, 2018; Marczewski, 2015; Ritterfeld y Weber, 2005).

Si el logro de los objetivos se traduce en retroalimentación o feedback del desempeño, como errores o aciertos en la tarea podría ayudar a los estudiantes a ser conscientes de su progreso y su proceso de aprendizaje. Desde este aspecto, estos elementos podrían promover la motivación intrínseca de los estudiantes y el esfuerzo y persistencia en las tareas (González Cabanach et al., 1996; Marne et al., 2012; Mateos et al., 2016). Así, la motivación intrínseca sostenida en el aprendizaje puede conseguirse a través de la implementación de habilidades

metacognitivas y procesos cognitivos (Bahri y Corebima, 2015; Landine y Stewart, 1998). Así, la comprensión de estos elementos y sus relaciones puede ayudar en la elaboración de programas de instrucción o al diseño de materiales adecuados para trabajarlas para su regulación. Otro factor por el que las recompensas en los juegos podrían ayudar a la motivación en los estudiantes tendría relación con la ruta dopaminérgica (o sistema de recompensa cerebral), que a nivel cerebral apoyaría el interés por el aprendizaje. Todavía se necesita más trabajo para concretar esta área ya que los estudios presentan resultados de diversos efectos sobre este sistema de recompensa cerebral en relación con los aspectos teóricos (Howard-Jones, 2017; Marczewski, 2015).

Igualmente, en un entorno de aprendizaje adecuado el profesor podría dar feedbacks positivos y constructivos a los alumnos o complementar los que se proporcionan en los juegos digitales para motivar al alumnado. Esto podría contribuir a mejorar el autoconcepto, las expectativas, las creencias y atribuciones del estudiante (Casado Goti, 1998; Gaeta 2006; Garcia y Pintrich, 1994). Los feedbacks, tutoriales y pistas incluidos en las actividades podrían justificar este tipo de mensajes que deberían darse por parte del docente al describir la tarea, animar al alumno a esforzarse o repetir la tarea para hacerlo mejor. El alumno aprende mediante la descripción del proceso y la realización de la tarea (Casado Goti, 1998; Erhel y Jamet, 2013). Este punto también estaría relacionado con la capacidad de los juegos de trabajar la metacognición, como se desarrollará en el punto 2.4.

Otro elemento común que está en todos los juegos son las metas (Mateos et al., 2016; Prensky, 2001). Este es un elemento central de los juegos que se consigue a través de las acciones e interacciones del estudiante para realizar la tarea. Estas metas podrían apoyarse en elementos como los feedbacks comentados anteriormente. Para la consecución de las metas, serían necesarias también mecánicas que permitan al estudiante elegir su tipo de interacción, acciones a realizar y reglas que delimitarán el flujo del juego (Hall et al., 2014; Mateos et al., 2016). A través de las elecciones puede evaluarse el nivel de habilidad o esfuerzo que realiza el estudiante. Por medio de las reglas del juego se puede definir los criterios que permiten evaluar si el estudiante consigue el objetivo de aprendizaje o la adquisición de competencias. Así, la dificultad que el juego presente a través de sus reglas puede definir elementos como la velocidad o precisión en la tarea, condiciones y restricciones. Las acciones del jugador pueden evaluarse mediante la inclusión de “clics” o métricas de aprendizaje incluidas en las actividades digitales o juegos. Así, se podrá tener otra medida de progreso del estudiante, al igual que permitirá clasificar a los jugadores según diferentes patrones. Esta clasificación permitirá conocer si los elementos de juego actúan como distractores o contribuyen al aprendizaje a través del seguimiento que se puede realizar en este tipo de actividades (Bellotti et al., 2011; Jenson y de Castell, 2018).

Las relaciones entre los diferentes elementos que se incluyan en los juegos conformarán el flujo del juego a través del que se realizará el aprendizaje activo por medio de la práctica. Así, en el conjunto del juego, el control que tenga el jugador sobre sus acciones puede ser un punto determinante en el aspecto motivacional. Estudiantes orientados al aprendizaje valoran más las tareas en las que no se les controla y disponen de autonomía. Para este tipo de estudiantes irían mejor aquellos juegos multijugador o simulaciones de exploración que le aporten esa libertad que necesitan para indagar y aprender. Sin embargo, los alumnos con metas de rendimiento pueden valorar más los juegos con tutoriales en los que se les guíe para poder lograr puntuaciones más altas que el resto (Duffi y Azevedo, 2015; Erhel y Jamet, 2013).

2. Metacognición

En este apartado se introduce el concepto de metacognición y su vinculación con el aprendizaje. Así, se exponen los diferentes estudios en el área según la clasificación inicial realizada por Flavell (1979) y Brown (1980) en regulación y conocimiento metacognitivo. Se continúa con una breve exposición de los estudios realizados en el contexto educativo según las líneas que pueden distinguirse y las áreas de aprendizaje. Para la comprensión del desarrollo de la metacognición en los estudiantes según su edad, se explican las controversias en el área y las limitaciones encontradas en los estudios metacognitivos hasta ahora. También se expone la importancia de trabajar la metacognición en el aula y cómo se podría realizar. En el punto 2.2. se introducen diferentes instrumentos de evaluación de esta variable, así como las controversias que presentan. Este apartado se concluye con las relaciones que pueden encontrarse entre los diferentes elementos de juego que pueden ayudar a trabajar la metacognición.

2.1. Metacognición y aprendizaje

Flavell (1979) y Brown (1980) se consideran los pioneros en el estudio del área de la metacognición. Según sus estudios se distinguen dentro del concepto de metacognición dos elementos: el conocimiento cognitivo y la regulación metacognitiva. Ambos aspectos son complementarios, lo que requiere especificar qué tipo de procesos o de conocimientos están interrelacionados a la hora de abordar un estudio metacognitivo. De este modo, la metacognición tiene como objeto de estudio el conocimiento de las diversas operaciones mentales, al igual que saber cómo, cuándo y para qué debemos usarlas (Burón, 1993). Este planteamiento y división ha formado parte de los modelos posteriores o investigaciones que se han realizado en el área (Boekaerts, 1999). La vaga concreción y discrepancias en la definición de metacognición, ha derivado en diferencias al intentar acotar el término (Boekaerts, 1999; Georghiades, 2004), esto ha dificultado sus estudios y evaluación en el entorno educativo. Bajo esa línea general, los estudios empíricos del área de metacognición presentan diferentes líneas para su estudio: de medición para evaluar su mejora o del dominio de las habilidades metacognitivas (e.g. Baker y Cerro, 2000; García, 2016), en relación con la motivación o el aprendizaje autorregulado (e.g. Azevedo, 2009; Karlen, 2016; Konrad, 2015), o medidas online del proceso metacognitivo durante el aprendizaje (e.g. Winne y Azevedo, 2014), entre otras. Dentro de estas categorías, predominan los estudios de instrucción en el aula frente a los de evaluación del multidominio que abarca la metacognición (e.g. De Smul et al., 2018; Karaali, 2015; Kurtz y Borkowski, 1984).

Desde la psicología cognitiva se diferencian tres tipos de conocimientos metacognitivos: declarativo, procedural y condicional (Winne y Azevedo, 2014). La primera en realizar esta distinción fue Efklides, recibiendo algunas críticas de otros investigadores como Boekaerts (1999). El conocimiento metacognitivo corresponde al conocimiento de la cognición o de los procesos cognitivos, se centra en el conocimiento declarativo relativo al “saber qué” (Burón, 1993). Esto implica, el conocimiento sobre las estrategias y procedimientos para resolver la tarea (procesos de lectura, de escritura, de memoria, de resolución de problemas, etc.); al igual que supone ser consciente de las capacidades, las habilidades y las experiencias individuales para la realización de la tarea (Baker y Brown, 1984; Burón, 1993). En este aspecto Flavell (1979) distingue tres categorías de conocimientos: sobre las personas (intraindividuales, interindividuales y universales), sobre las tareas y sobre las estrategias. Como ejemplo de la interrelación entre estas variables del conocimiento metacognitivo, se encuentra el modelo

MASRL, propuesto por Efklides (2011). En este modelo, centrado en el aprendizaje autorregulado, se explican las múltiples relaciones internas que se establecen entre las tareas y las personas. Por otra parte, Pintrich (2002) considera el conocimiento metacognitivo como otra categoría dentro junto con los tipos de conocimientos explicados.

El segundo aspecto, la regulación metacognitiva o regulación de actividades que controlan el pensamiento y el aprendizaje, se centra en el conocimiento procedimental; es decir, “saber cómo” (Burón, 1993; García et al., 2016). Dentro de este aspecto, se diferencian tres procesos esenciales. En primer lugar, se distingue la anticipación o planificación de las actividades, antes de la resolución de una tarea para anticipar las actividades y sus resultados. Posteriormente se encuentra el control o regulación de las estrategias durante la resolución de una tarea; que se aplica en la resolución de las tareas mediante actividades de verificación, rectificación o revisión de la estrategia utilizada. En tercer lugar, se distingue la evaluación de los resultados que se obtienen, en función de los objetivos perseguidos y la eficacia (Baker y Brown, 1984). De este modo, se pueden concretar los procesos metacognitivos en tres habilidades esenciales: planificación, monitoreo o supervisión y evaluación; a pesar de considerarse un proceso multidimensional (Georghiades, 2004; Magno, 2010; Schraw, 1998; Schraw y Moshman, 1995). Así, Winne y Azevedo (2014) exponen también en relación a los tipos de pensamiento o regulación tres áreas que podrían distinguirse en estos procesos: actividad metacognitiva, control metacognitivo y aprendizaje autorregulado.

Desde que surgió el concepto de metacognición, se han realizado diversas investigaciones que lo han relacionado con la educación y el aprendizaje. En los procesos de aprendizaje es importante que el alumno aplique habilidades como la planificación, la supervisión, la evaluación o la reflexión. Esto está vinculado a la aplicación de las habilidades metacognitivas del estudiante y su capacidad de autorregulación en el proceso de ejecución de la tarea (Azevedo, 2009; Chatzipanteli et al., 2014). Además de para estas tareas cognitivas, es importante en relación a competencias de aprendizaje de los estudiantes como la resolución de problemas o para mejorar sus comportamientos (Winne y Azevedo, 2014). Así, durante el aprendizaje, el estudiante puede valorar si las estrategias que está utilizando son útiles para alcanzar sus metas de aprendizaje o si necesita reajustarlas (Azevedo, 2009).

Entre las investigaciones de la metacognición en relación al área educativa se pueden distinguir dos etapas. Inicialmente aparecen estudios de indagación en el conocimiento de la metacognición, para dar paso posteriormente a las investigaciones en la regulación de la metacognición (Burón, 1993; Martí, 1995). En base a esta clasificación, se encuentran estudios que buscan el análisis del conocimiento metacognitivo de los estudiantes mediante el diseño y uso de herramientas para medirlo o evaluarlo (e.g. Cázares, 2009; Pascualon, 2015; Schraw y Dennison, 1994; Thomas et al., 2008). Por otra parte, están los estudios enfocados en la regulación metacognitiva o las instrucciones en el aula, para el desarrollo de estrategias metacognitivas en los estudiantes (e.g. Boekaerts, 1997; De Smul et al., 2018; Karaali, 2015; Kurtz y Borkowski, 1984). A través de los procesos de instrucción para la enseñanza de las habilidades metacognitivas, el estudiante puede comenzar a establecer conexiones de diferentes estrategias que aplicar para su mejora. Esto ayudará a que los alumnos sean eficaces y eficientes en su aprendizaje (Borkowski et al., 2000; Chatzipanteli et al., 2014).

Así, también se han realizado diversos estudios que vinculan el proceso de metacognición con diferentes áreas de aprendizaje en las que ayudaría a su mejora. Destacan así en el contexto académico los estudios sobre la comprensión lectora (e.g. Baker y Brown, 1984; Baker y Cerro, 2000; Paris y Oka, 1986). También hay estudios en otras áreas académicas en relación a los procesos metacognitivos como las matemáticas (e.g. Cornoldi,

1997); comprensión textos científicos y el estudio de las ciencias (e.g. Macías et al., 2007; Maturano et al., 2002), aprendizaje de idiomas (e.g. Baleghizadeh y Rahimi, 2011). También se encuentran estudios con el foco en promover habilidades específicas de los estudiantes mediante los procesos de instrucción para la resolución de problemas (e.g. Hoffman y Spatariu, 2008; Mayer, 1998; Sáiz y Román, 2011; Schoenfeld, 1987; Swanson, 1990), la memoria de trabajo (e.g. Short y Weissberg-Benchell, 1989) o la mejora del rendimiento de los estudiantes (e.g. Biggs, 1988; Coutinho y Neuman, 2008; Papinczak et al., 2008). Estas intervenciones o estudios, abarcan diferentes ciclos educativos (primaria, secundaria y universidad) (e.g. Cázares, 2009; Ellis et al., 2012; Landine y Stewart, 1998; Magno, 2010; Swanson, 1990; entre otros).

En relación al estudio en los diferentes ciclos educativos, los primeros investigadores en el área de la metacognición sugerían que podría haber dificultades para evaluar los procesos metacognitivos en los niños pequeños (Flavell, 1979). Esto sería por la limitación que podrían tener basada en su experiencia de identificar o comprender procesos propios. Al avanzar en el área de metacognición, han surgido autores que han debatido este punto planteando estudios para niños pequeños (Whitebread et al., 2009). Así, se entiende que ya durante los primeros años de primaria, los niños comienzan a poner a prueba su desarrollo y el manejo de habilidades cognitivas y metacognitivas (Garner y Alexander, 1989). Este desarrollo iría unido al incremento de la exigencia en las actividades escolares. Al progresar en las etapas educativas, los niños comienzan a tener más claro aquello que conocen y cómo lo conocen. Esto les ayudaría a poder gestionar y poner en prácticas sus habilidades metacognitivas (Sáiz et al., 2010; Ugatetxea, 2002). Sin embargo, hay que considerar que algunos procesos se desarrollan antes que otros, las habilidades metacognitivas como el monitoreo o la evaluación, que parecen madurar más tarde que la planificación (Azevedo, 2009; García et al., 2016). Así, en niños de los primeros ciclos de primaria podrían observarse de forma básica la orientación, la planificación y reflexión, si la tarea capta el interés y se adecua a su nivel de comprensión. Esto puede trabajarse en las aulas para permitir que los estudiantes desarrollen estrategias metacognitivas (Sáiz y Román, 2011; Veenman et al., 2006). En la literatura, se expone que las habilidades y estrategias metacognitivas comienzan a perfeccionarse a partir de los 8 y 10 años (Veenman et al., 2006). Aunque hay estudios como el de Whitebread et al. (2009) y posteriormente Sáiz y Román (2011) o Chatzipanteli et al. (2014) que han demostrado que se pueden trabajar y analizar antes de esa edad algunos rasgos metacognitivos en los estudiantes. Las contradicciones en los resultados pueden deberse a las herramientas utilizadas para medir la metacognición en alumnos de infantil o primeros años de primaria. Estas no estarían adecuadas para sus habilidades lingüísticas. Esto destaca las dificultades de evaluación que se encuentran en el área (Chatzipanteli et al., 2014; Rizzo et al. 2010; Sperling et al., 2002) (estas limitaciones se desarrollan en el punto 2.3.).

La globalización de la sociedad actual y los avances en las nuevas tecnologías están produciendo cambios constantes que enfrentan a la educación a nuevos retos. En consecuencia, la formación académica tiene que adecuarse a los nuevos tiempos desarrollando aquellas competencias que promuevan destrezas y actitudes que permitan aprendizajes a lo largo de toda la vida (González et al. 2014; Ribeiro y Neto, 2008). Hoy en día, no solo los niños tienen que estar aprendiendo, también los adultos requieren habilidades para reconocer, evaluar y reconstruir el conocimiento existente para afrontar los desafíos laborales diarios. Aquí radica la importancia de la metacognición en la educación para el fomento de una sociedad que pueda evolucionar, evidenciando la necesidad de formarse en estrategias para aprender, pensar, gestionar la información y disponer de instrumentos. Esto ayudará a la

autonomía de los estudiantes en su desarrollo personal (Klimenko, 2009; Klimenko y Alvares, 2009; Osses y Jaramillo, 2008; Ribeiro y Neto, 2008; Ugatetxea, 2002).

En el desarrollo de la competencia de aprender a aprender, entra en juego el manejo de las estrategias cognitivas y metacognitivas. Es decir, se tiene que dotar a los alumnos con habilidades para la evaluación crítica, con capacidad para autodirigir el aprendizaje y transferirlo a otros ámbitos como la resolución de situaciones cotidianas (Expósito y Manzano, 2010; Macías et al., 2007; Muria, 1994; Sáiz et al., 2010). La metacognición se refiere a procesos mentales de orden superior involucrados en el aprendizaje (Coutinho y Neuman, 2008; Veenman et al., 2006). De esta forma, asociados con la metacognición se engloban en las investigaciones numerosos términos como creencias metacognitivas, conocimiento metacognitivo, experiencias metacognitivas, habilidades metacognitivas, estrategias de aprendizaje, autorregulación o autocontrol, autoevaluación (Veenman et al., 2006).

En los procesos de aprendizaje es importante que el alumno aplique habilidades como la planificación, la supervisión, la evaluación o la reflexión (Anderson y Krathwohl, 2001; Karaali, 2015). Esto está vinculado a la aplicación de las habilidades metacognitivas del estudiante y su capacidad de autorregulación en el proceso de ejecución de la tarea (Azevedo, 2009; Chatzipanteli et al., 2014; Ellis et al., 2012). Además, para estas tareas cognitivas son importantes competencias del estudiante como la resolución de problemas o que puedan aplicar estos procesos para mejorar sus comportamientos (Winne y Azevedo, 2014). Así durante el aprendizaje, el estudiante puede valorar si las estrategias que está utilizando son útiles para alcanzar sus metas de aprendizaje o si necesita reajustarlas (Azevedo, 2009). Un aprendizaje efectivo requiere el seguimiento de las actividades metacognitivas del estudiante, así como conocer su punto de partida en este contexto (Baker y Brown, 1984).

Es importante incidir en que las habilidades metacognitivas se pueden entrenar y mejorar con la práctica y el esfuerzo, así como con las experiencias que irán adquiriendo con la edad (Azevedo, 2009; García et al., 2016; Sternberg, 1998). Por eso es importante hacer conscientes a los alumnos de que pueden utilizar estas habilidades para su desempeño académico (Borkowski, 1992; Borkowski et al., 2000). La actuación de los profesores, su interacción con los alumnos y comunicación es esencial en el progreso de los estudiantes para el desarrollo metacognitivo (Borkowski et al., 2000; De Smul et al., 2018; Pintrich, 2002). También es importante que conozcan diferentes estrategias y tareas que pueden utilizar en el aula para trabajar y practicar estas habilidades (Borkowski, 1992).

Como se ha comentado, la metacognición interactúa con muchos aspectos del estudiante como habilidades, personalidad o estilos de aprendizaje. Así, el estudio de la metacognición plantea la opción de explicar los éxitos y los fracasos de los estudiantes desde el punto de vista de las estrategias que se utilizan para realizar la tarea (Borkowski et al., 2000). Asimismo, la metacognición converge con otros atributos vinculados a las habilidades necesarias para el éxito escolar (Klimenko y Alvares, 2009; Muria, 1994; Sternberg, 1998; . Sin embargo, no es fácil desarrollar la reflexividad y autoevaluación del proceso de aprendizaje, para mejorar el desarrollo de las destrezas cognitivas y metacognitivas (Casado Goti, 1998).

2.2. Metacognición en el aula

Los enfoques tradicionales de evaluación y metodologías educativas no conciben en la mayoría de las actividades trabajar las habilidades metacognitivas. Sin embargo, se ha ido incrementando el número de instrucciones en éste área para cambiarlo (Baker y Cerro, 2000; Pintrich, 2002). La instrucción metacognitiva parece mejorar el aprendizaje de los estudiantes, siendo más relevante en aquellos estudiantes que carecen de condiciones favorables y oportunidades de desarrollo. Esto es porque los conocimientos y habilidades metacognitivos se sustentan sobre referentes como pueden ser los padres, los compañeros o los maestros (Short y Weissberg-Benchell, 1989; Taylor, 1983; Wang et al., 1990). Así, las habilidades metacognitivas se desarrollan, por ejemplo, cuando el estudiante se enfrenta a la necesidad de conocer algo nuevo o en situaciones estimulantes como los retos de aprendizaje. En función a ellas, el alumno determina la estrategia adecuada para lograr el objetivo. De este modo, los aspectos metacognitivos del aprendizaje se relacionan con la conciencia del estudiante ante los requisitos para resolver las tareas y el repertorio de estrategias que se pueden usar para finalizarlas con éxito (Efklides, 2009; Taylor, 1983; Ugatetxea, 2002). Para trabajar estas habilidades en el aula, se han concretado pasos en las tareas o para analizar el seguimiento metacognitivo de los estudiantes, sin embargo, estos varían según diferentes autores (e.g. Borkowski et al., 2000; Pintrich, 2002; Schraw, 2009). En el conjunto de la revisión de procesos de instrucción puede extraerse que los pasos principales para trabajar la metacognición en clase pueden clasificarse en tres puntos: planificación para comprender la tarea y organizar los procesos, monitorización o seguimiento, evaluación para la regulación del proceso (Boekaerts, 1999, Garcia y Pintrich, 1994). Estos tres pasos coinciden con los aspectos de la regulación metacognitiva (Baker y Brown, 1984; Georghiadis, 2004; Schraw, 1998), comentados en el punto anterior.

Por otra parte, la metacognición interviene en procesos muy diversos y puede aplicarse a diferentes asignaturas al abarcar habilidades como la comunicación, la comprensión oral y lectora, la escritura, la expresión, la atención, la memoria o la resolución de problemas (como se comentó en el apartado anterior). Igualmente, es importante la experiencia metacognitiva para el desempeño de las tareas y trabajar las expectativas del estudiante (Flavell, 1979; Garner y Alexander, 1989). Al analizar la relación de la metacognición con la experiencia, puede afirmarse que las experiencias metacognitivas se encuentran interrelacionadas y se desarrollan al adquirir experiencia. Es decir, aquellas experiencias que se asocian a errores metacognitivos, afectan al sistema metacognitivo del estudiante; y viceversa, las habilidades metacognitivas pueden impulsarse por las experiencias del estudiante (Flavell, 1979; Landine y Stewart, 1998; Sungur, 2007a). A medida que un estudiante aumenta su experiencia en el área, la disponibilidad y la producción, el uso de la estrategia asociada se incrementa (Pintrich y De Groot, 1990). Por ello, la incorporación en la enseñanza de estrategias para el desarrollo de la metacognición puede ser una alternativa para la mejora de los procesos de aprendizaje, además pueden servir de apoyo para los alumnos con necesidades educativas especiales favoreciendo la inclusión. Esto es así, ya que los estudiantes con necesidades educativas especiales suelen presentar deficiencias relacionadas con el manejo de las estrategias cognitivas y metacognitivas, requeridas para un proceso de aprendizaje adecuado en la escuela (Klimenko, 2009; Sideridis et al., 2006).

Los planes de instrucción tienen que estar bien diseñados para que el docente pueda implementarlo en el aula y trabajarlo con diversas actividades. Estas instrucciones pueden basarse en teorías como la del andamiaje o el descubrimiento guiado para ir ayudando al estudiante en su desarrollo metacognitivo (Borkowski, 1992; Vermunt, 1996). Algunos

planteamientos de este tipo de instrucciones pueden encontrarse en estudios como los de Georghiades (2004); Short y Weissberg-Benchell (1989); Sungur (2007a). Así, entre los métodos para trabajar la metacognición en el aula se pueden destacar el modelamiento cognitivo y metacognitivo, la interrogación metacognitiva o la discusión metacognitiva, entre otras (Karaali, 2015). Sin embargo, son pocos los métodos de instrucción desarrollados de forma explícita para que cualquier docente pueda implementarlos en el aula y trabajar con sus alumnos (Borkowski, 1992; Perry et al., 2019). Con el propósito de ayudar a los docentes, Borkowski et al. (2000) expone 10 características de un estudiante que procesa bien la información para el desarrollo de la estrategia de aprendizaje. También expone en su trabajo el progreso de desarrollo que seguiría un alumno al comenzar a trabajar su metacognición. Esto podría ayudar a los docentes como guía para la aplicación de estrategias en el aula y conocer la etapa en la que se encuentran sus estudiantes.

Para comprender cómo interviene la metacognición en el aprendizaje, no debería estudiarse de forma aislada porque influyen variables como el conocimiento personal, las creencias, la autorregulación, la autoeficacia, entre otras (Boekaerts, 1997; Pintrich y De Groot, 1990; Veenman et al., 2006). Igualmente, para conocer mejor el proceso metacognitivo de los estudiantes son necesarios más estudios con validez ecológica (Baker y Cerro, 2000). Lo que puede extraerse de todas estas intervenciones o metodologías aplicadas en las aulas es que al trabajar la metacognición se hace hincapié en el conocimiento del alumno sobre sus procesos de cognición y la capacidad para controlar y monitorear esos procesos. La metacognición es importante también para la transferencia de conocimientos (Chatzipanteli et al., 2014; Huffaker y Calvert, 2003). No obstante, la aplicación del conocimiento y habilidades metacognitivas no es constante en todas las tareas o entornos de aprendizaje. Esto dificulta en muchos casos la transferencia de estrategias de una tarea a otra (Baker y Cerro, 2000; Ke, 2008). Es decir, que el estudiante tenga conocimiento de las estrategias, no es suficiente para su uso. Para que los estudiantes puedan desarrollar estos conocimientos y habilidades de forma adecuada, en primer lugar, hay que considerar la importancia del docente en el proceso de enseñanza, así como los estudios de instrucción en el aula que guíen a los docentes para apoyar a los alumnos (Baker y Cerro, 2000; Vermunt, 1996). En segundo lugar, para promover un aprendizaje más adecuado y adaptativo de las competencias como la de aprender a aprender y habilidades metacognitivas, es necesario considerar la combinación de estrategias con la motivación, las atribuciones, la autoeficacia (Biggs, 1988; Martí, 1995; Muria, 1994).

2.3. Instrumentos de evaluación de la metacognición

Es complejo evaluar la metacognición por ser un concepto abstracto y multivariable (Azevedo, 2009). Por ello, se requiere que se defina con exactitud en los estudios las variables que se están analizando dentro del constructo. Los diferentes términos que se han empleado en relación a la metacognición hasta el siglo XX se recogen en el estudio de Boekaerts (1999). Tanto los problemas conceptuales como los metodológicos han dificultado su estudio durante años (Borkowski et al., 2000).

La crítica de muchos cuestionarios de autoinforme o encuestas para evaluar la metacognición pueden deberse a la dificultad de los niños de reconocer los procesos cognitivos y saber informar de ellos (Garner y Alexander, 1989). El conocimiento en niños pequeños de estos procesos es más limitado. Sin embargo, estudios más actuales contradicen esta parte, especificando que si se adaptan los cuestionarios de forma adecuada a los estudiantes en etapa escolar de educación primaria pueden expresar precisamente y diferenciar sus habilidades

(Rizzo et al., 2010). Por otra parte, según la edad de los estudiantes será más adecuado utilizar un tipo de evaluación concreto. Así Whitebread et al. (2009) desarrollan en su estudio dos posibles herramientas para observar los procesos metacognitivos y el aprendizaje autorregulado en niños de 3 a 5 años. Esto podría apoyar la labor docente para identificar las estrategias que pueden seguirse y los procesos de los alumnos en estas edades. Chatzipanteli et al., 2014 también proponen formas de mejorar y evaluar la metacognición en los estudiantes de infantil o primaria.

Es importante utilizar diferentes herramientas o instrumentos a la hora de evaluar la metacognición. Así, pueden encontrarse que se han elaborado autoinformes o cuestionarios, herramientas para la observación, entrevistas, procedimientos de pensamiento en voz alta, medidas en línea (Azevedo, 2009; Baker y Cerro, 2000; Chatzipanteli et al., 2014; Gascoine, et al., 2016). Si se combinan varios de estos instrumentos se podrán obtener mejores resultados en las evaluaciones de esta variable, ya que muchos de estos instrumentos muestran algunas restricciones y limitaciones. Sin embargo, las medidas suelen ser consideradas válidas y fiables para los estudios que se plantean (Baker y Cerro, 2000). Algunos ejemplos de cuestionarios de evaluación pueden encontrarse en estudios como el de Baker y Cerro (2000) o en la revisión de Gascoine et al. (2016). Por ejemplo, destacan en los estudios de metacognición cuestionarios como el MSLQ (Pintrich, 1991), el LASSI (Weinstein et al., 1988), el MAI (Schraw y Dennison, 1994) o el Jr. MAI (Sperling et al., 2002).

La complejidad de la evaluación de la metacognición hace que todavía queden muchas dudas por resolver para medir su evolución en los estudiantes. Sería recomendable para los estudios de investigación continuar con la mejora de definición de los conceptos o elaborar una taxonomía de los procesos que facilite el análisis detallado. Esto ayudaría a comprender mejor el concepto de metacognición y mejorar su evaluación (Azevedo, 2009; Baker y Cerro, 2000). Por otra parte, esto podría ayudar a los docentes para guiar a los alumnos en su aprendizaje y adquisición de habilidades metacognitivas (Azevedo, 2009). Dentro del aula, es complejo analizar los componentes metacognitivos independientemente, igualmente en algunas tareas podrían combinarse, dificultando la labor de evaluación del proceso. También puede ser posible que las inconsistencias encontradas en las investigaciones con estudiantes de educación primaria se deban a diferencias en su madurez cognitiva (Borkowski et al., 2000; Follmer y Sperling, 2016; García et al., 2016).

2.4. Metacognición y material digital

Para los modelos de entrenamiento de las habilidades metacognitivas se pueden emplear tanto métodos offline o tradicionales y online o digitales. Las ventajas del uso de los medios digitales es que pueden favorecer el desarrollo de la metacognición por proporcionar retroalimentación, e incluir elementos de juego como niveles, guías o tutoriales y la posibilidad de personalización, entre otras (Bellotti et al., 2011; Hall et al., 2014; Mateos et al., 2016). Desde la perspectiva educativa con lo juegos se persigue la mejora de las habilidades metacognitivas y cognitivas (Ritterfeld y Weber, 2005). En relación a la metacognición, los juegos pueden ayudar a desarrollar la consciencia del proceso de pensamiento a través de la selección, evaluación y elaboración de estrategias para lograr el objetivo de aprendizaje (Cameron y Dwyer, 2005; Perry et al., 2019). Los elementos del juego se relacionan con el flujo y desarrollo del mismo a través de las mecánicas. Estas son las que pueden promover o trabajar en mayor medida los aspectos metacognitivos de los estudiantes.

Así, pueden diseñar y crear entornos de aprendizaje, como los que propician los materiales digitales gamificados o juegos, para el desarrollo de las habilidades metacognitivas y su regulación. De este modo se podrían conocer mejor los procesos y mejoras del rendimiento académico (Azevedo, 2009; Cameron y Dwyer, 2005). Otro factor que ayudaría a entrenar las habilidades metacognitivas sería la inclusión de tareas digitales complejas o novedosas (en comparación con las actividades del aula). A través de los retos y la novedad, los estudiantes tendrían que trabajar la puesta en práctica de diferentes estrategias. Igualmente, la recogida de datos mediante diferentes herramientas en el progreso de la tarea ayudaría a comprender mejor cómo podría mejorarse la regulación de los mismos.

Otro punto importante en el diseño, que se ha comentado anteriormente (C1), es la capacidad de adaptación al punto de partida del estudiante en un tipo de actividad. Así, se podrá ir aumentando la dificultad de la tarea según el estudiante adquiera conocimientos y habilidades para su resolución (Borkowski, 1992; Vermunt, 1996). En este punto si el juego o el material digital incluye varios niveles de progreso en los que el estudiante pueda ir desempeñando la tarea, ayudará también a su progreso en el aspecto metacognitivo (Bellotti et al., 2011; Borkowski et al., 2000).

El aprendizaje de las estrategias metacognitivas requiere una supervisión y retroalimentación constante de cómo se realiza la tarea para poder mejorarlas (Biggs, 1988; Casado Goti, 1998; Georghiades, 2004; Sungur, 2007a). De esta forma, se pueden trabajar las estrategias metacognitivas desde su inclusión en el material didáctico para permitir a los estudiantes entender cuándo, por qué y cómo hay que aplicarlas (Expósito y Manzano, 2010; Klimenko y Alvares, 2009; Macías et al., 2007). Se puede potenciar de este modo el conocimiento metacognitivo y la regulación porque mejoran con estrategias de instrucción y entrenamiento, al facilitar la atención, el uso de las capacidades del alumno y una mayor conciencia de los problemas de comprensión (Corno, 1986; Efklides, 2011; Perry et al., 2019; Vermunt, 1996). Igualmente, se podrá formar a los estudiantes más allá del conocimiento puramente memorístico al permitirles usar estrategias, coordinarlas, extrapolarlas a tareas semejantes, etc. (Schoenfeld, 1987; Schraw, 1998; Sternberg, 1998). De este modo, por medio de la retroalimentación los estudiantes podrán mejorar su evaluación del progreso y adaptar las estrategias para la resolución de la tarea, así como tener una guía para lograr las metas u objetivos del juego (Mateos et al., 2016; Turkay et al., 2014). Igualmente, este elemento afecta tanto a la interacción como al aprendizaje del estudiante. Si la retroalimentación que recibe el estudiante se adapta a su progreso o está personalizada ayudaría de forma más efectiva en el progreso (Bellotti et al., 2011; Hall et al., 2014). Así, dentro de la retroalimentación entrarían por ejemplo las pistas, errores o aciertos, explicaciones de lo que ha sucedido en el juego, tutoriales, progreso a través de logros conseguidos (Marczewski, 2015; Mateos et al., 2016). Asimismo, estos feedbacks o retroalimentaciones pueden ser componentes visuales o auditivos en los juegos (Turkay et al., 2014) (consultar el punto 1.3). Como se ha descrito, la retroalimentación que los niños pueden conseguir al realizar actividades digitales o en los juegos sobre su progreso en el transcurso de la actividad le ayudará también a regular aspectos motivacionales. Así, también evalúan sus metas y logros conseguidos a corto plazo. Esto podría asentar la base para trabajar a posterior a metas a más largo plazo y poder convertirse en un estudiante exitoso (Borkowski et al., 2000).

Dentro de la retroalimentación que pueden recibir los alumnos se encuentran estudios como el de Butler y Winne (1995) que indaga entre la retroalimentación inmediata, como la que puede recibirse en los juegos o en el material digital y la retroalimentación aplazada en el tiempo, como la que podría darse en un examen escrito o en tareas de indagación en el aula.

De este modo, la retroalimentación podría ayudar a elaborar las estrategias por parte de los estudiantes. Por ejemplo, la retroalimentación inmediata puede ayudar a mejorar a los estudiantes en actividades de cuestionarios o quizes (pregunta-respuesta), aunque puede no darse transferencia a otras tareas de estos aprendizajes. La transferencia del conocimiento que puede obtenerse a través del juego depende de los tipos de tarea y procesos de instrucción que se sigan (Ritterfeld y Weber, 2005). Por otra parte, una retroalimentación elaborada sobre el proceso tiene mayor utilidad para el proceso de aprendizaje de los alumnos que una información de su una respuesta es correcta o incorrecta. Por ello sería importante implementar diferentes tipos de feedbacks en el material digital (e.g. Tan et al., 2007). Otro estudio en relación a la mejora del aprendizaje a través del feedback proporcionado en el juego es el de Erhel y Jamet (2013). Así, este estudio se encuentra en la línea de aquellos que demuestran que los entornos de aprendizaje basados en juegos pueden favorecer el aprendizaje. Por otra parte, Mayer (2019), también defiende que los juegos pueden trabajar las habilidades metacognitivas como la organización y la coordinación de los procesos cognitivos para lograr las metas de aprendizaje.

Un elemento común en todos los modelos y juegos, dentro del flujo del juego, es la interacción. Como se ha descrito en el C1, la interacción debe mantener un equilibrio entre la diversión del juego y el aprendizaje (Rankin et al., 2008). Esto facilitará que el estudiante ponga en práctica sus habilidades para la resolución de la actividad. Así, otro elemento en este ciclo serían las tareas. Estas tareas o acciones, determinarán los objetivos, niveles y cómo se debe avanzar para adquirir el aprendizaje que se propone en el juego (Marczewski, 2015; Ritterfeld y Weber, 2005). Igualmente, los niveles del juego pueden ayudar al alumno a progresar al ritmo individual que necesite. En este punto de la interacción y los niveles que pueden encontrarse en los juegos se podría establecer también la relación de los elementos de juego con las funciones ejecutivas (Blumberg e Ismailier, 2009; Huffaker y Calvert, 2003). En resumen, los elementos de juego en relación con el presente trabajo y el área metacognitiva, entre los que se encontrarían mecánicas como las preguntas y respuestas incluidas en la interacción del juego, las orientaciones instructivas, las acciones y aplicaciones prácticas de conocimientos en las tareas, la capacidad de repetición de estas tareas o necesidad de reflexionar y la autoevaluación; podrían trabajar desde diversas perspectivas el aprendizaje de los estudiantes (Mateos et al., 2016).

3. Funciones Ejecutivas

En este apartado se introduce el marco teórico sobre el que se abordan las funciones ejecutivas. De este modo, se comienza exponiendo una definición e importancia en el área educativa. A continuación, se describen las funciones ejecutivas centrales (inhibición, flexibilidad de cambio, memoria operativa) y se comentan los procesos cognitivos de orden superior en relación al aprendizaje. Se plantea la relación entre las funciones ejecutivas como predictores del aprendizaje y diferentes estudios de entrenamiento para la transferencia de habilidades cognitivas a otras tareas. En segundo lugar, se incluye un apartado de los instrumentos que hay desarrollados actualmente para la evaluación de las funciones ejecutivas, así como las limitaciones que presentan estos instrumentos y algunos estudios que se han realizado. Finalmente, se concluye esta sección con las relaciones que pueden encontrarse entre el material digital y las funciones ejecutivas.

3.1. Funciones ejecutivas y aprendizaje

Las funciones ejecutivas pueden definirse como las habilidades que intervienen en actividades dirigidas a una meta (Anderson, 2001), o como las acciones de control orientadas a objetivos o a una acción (Best et al., 2009; Karbach y Unger, 2014). Para su desempeño también influye el comportamiento y actitud del estudiante ante la actividad (Anderson, 2001). De este modo, se ha trabajado en el área educativa con ellas como habilidades que se pueden entrenar y trabajar para modificarlas o mejorarlas (Bavelier et al., 2012; Diamond, 2013; Diamond y Lee, 2011).

A pesar de coincidir en que son habilidades que pueden trabajarse muchos entrenamientos e intervenciones (Jaeggi et al., 2011; Titz y Karbach, 2014), en muchos casos no muestran resultados concretos en relación a la mejora y capacidad de transferencia de las habilidades a otras tareas (Bavelier et al., 2017; Ke, 2008). Esto puede deberse a factores como la intensidad del entrenamiento, duración o metodologías (Clark et al., 2016). También puede ser por el tipo de intervenciones o entrenamientos que se haya planteado (Jaeggi et al., 2011). Así se encuentran intervenciones o entrenamientos con enfoques específicos a la ejecución de tareas o multidominio que abarcan varios procesos cognitivos (Rueda et al., 2017). En este último es dónde se encuentran los entrenamientos o intervenciones con el uso de juegos o material digital (Karbach y Unger, 2014). Así, estudios como el de Titz y Karbach (2014) enfocado en el entrenamiento de la memoria operativa para la mejora del rendimiento escolar muestra mejoras en el dominio de la lectura, aunque la transferencia de las habilidades matemáticas fue limitada. Otros estudios con resultados de transferencia de las habilidades o procesos cognitivos a otras tareas son los de Bavelier et al. (2012), Karbach y Kray (2009), Klingberg (2010) o Jaeggi et al. (2011).

Por otra parte, las funciones ejecutivas ayudan a los estudiantes a autorregular su comportamiento, emociones o interacciones sociales (Best et al., 2009; Diamond, 2013). También intervienen en procesos como el establecimiento de metas, para elaborar estrategias o planes de acción, pensar cómo actuar, mantener el foco de atención a la tarea, resolución de problemas o en la velocidad de procesamiento y memoria (Anderson, 2001; Diamond, 2013; García et al., 2014). Muchos de estos procesos están interrelacionados con tareas académicas y pueden ser predictores de rendimiento académico, entre otros factores personales (Karbach y Unger, 2014; Rueda et al., 2017; Titz y Karbach, 2014).

Estudios como el de Bull y Scerif (2001) o el de Rueda et al. (2017) encuentran relación entre las funciones ejecutivas y las habilidades matemáticas de los estudiantes. De este modo, las funciones ejecutivas se han estudiado asociadas a diversas tareas escolares como el lenguaje o escritura, matemáticas, ciencias o aprendizaje de idiomas (e.g. Cameron y Dwyer, 2005; Castellar et al., 2015; Gathercole et al., 2004; Kane y Engle, 2003; Lehto, 1995; McLean y Hitch, 1999; Meixner et al., 2019; Titz y Karbach, 2014; Wei et al., 2012). Cabe destacar que muchas de estas investigaciones en contextos educativos se han realizado en estudiantes con necesidades educativas especiales y principalmente en las áreas de lenguaje o matemáticas. Así, las funciones ejecutivas pueden mediar en el éxito académico de los estudiantes, prediciendo el rendimiento de los estudiantes (Best et al., 2009; Best et al., 2011; Bull y Scerif, 2001).

Las funciones ejecutivas se desarrollan en los estudiantes desde su infancia hasta la etapa adulta, a medida que maduran diferentes regiones cerebrales (Anderson, 2001; Best et al., 2009). Este desarrollo de las funciones ejecutivas con la edad ha motivado diversos estudios para comprenderlo mejor. Igualmente, se indaga en las relaciones que pueden

establecerse entre las funciones ejecutivas cuando actúan, es decir como procesos independientes o interrelacionados (e.g. Best et al., 2009; Brocki y Bohlin, 2004; Diamond, 2013; Davidson et al., 2006). Actualmente uno de los marcos de estudio para las funciones ejecutivas es el de Miyake et al. (2000). Así, en este se establece que las funciones ejecutivas principales pueden estudiarse de forma independiente. Estas funciones ejecutivas principales son la inhibición, la flexibilidad o capacidad de cambio y la memoria operativa. De este modo, destacan como las más estudiadas en la literatura (e.g. Best et al., 2009; Diamond, 2013; Homer et al., 2018; Karbach y Unger, 2014). Sin embargo, a pesar de que se pueden considerar componentes separados o independientes pueden estar relacionados en los procesos que requieren la actuación de las capacidades cognitivas. A pesar de la aceptación de este modelo para la evaluación de las funciones ejecutivas, estudios como el de Davidson et al. (2006) argumentan que la memoria de trabajo e inhibición son dos componentes que muy difíciles de separar en las tareas. Todavía habría que seguir trabajando en el desarrollo de herramientas o instrumentos que permitan ahondar en este estudio en relación al contexto de la evaluación escolar. Así, se podría esclarecer en qué tareas se podrían encontrar relaciones y cuáles serían. Al igual que explicar en qué tareas podrían actuar de forma independiente. La complejidad de las tareas y edad de los estudiantes afecta al rendimiento de las funciones ejecutivas en la tarea (Best et al., 2009; Diamond, 2013).

Otro punto de debate en este modelo es que el estudio de Miyake et al. (2000) se realizó con adultos. Por tanto, el fraccionamiento encontrado de la independencia entre las funciones ejecutivas en adultos podría no ser extrapolable a estudios con niños. En los niños podrían encontrarse otras relaciones ya que todavía están madurando las funciones ejecutivas (Best et al., 2009; Meixner et al., 2019). Por una parte, los resultados del estudio de Bull y Scerif (2001), se corresponden con el modelo planteado por Miyake et al. (2000), pudiéndose aplicar también a niños. Es decir, se encuentra independencia en la eficiencia de inhibición, capacidad de memoria de trabajo con el rendimiento matemático, aunque también se encontraron algunas relaciones que podrían explicarse por la inhibición. Estudios como el de Lehto et al. (2003) examinaron las funciones ejecutivas con resultados entre las interrelaciones de las tres funciones ejecutivas principales similar al estudio de Miyake et al. (2000). Kane y Engle (2003) consiguen analizar las diferencias y relaciones que pueden encontrarse entre la memoria operativa y la inhibición. Cuando una meta no está definida o clara para el estudiante es más probable que no se pueda mantener la acción por efecto de la inhibición (Kane y Engle, 2003). Igualmente, aquellos estudiantes con una memoria operativa mayor, mostraron menor interferencia en las tareas y por tanto mejor habilidad de inhibición. Las relaciones e independencias encontradas en esos estudios podrían entrar en el marco propuesto por Miyake et al. (2000). Sin embargo, Davidson et al. (2006) al analizar las funciones ejecutivas encuentra que en los niños la memoria operativa y la inhibición se complementaban en las tareas.

Todavía hay que seguir indagando en el modelo de Miyake et al. (2000) y realizando estudios para una mayor comprensión del funcionamiento de las funciones ejecutivas en los niños (Bull y Scerif, 2001). El marco general muestra evidencias con varios estudios complementarios de que puede aceptarse la distinción de tres componentes principales dentro de las funciones ejecutivas. Sin embargo, a la hora de relacionarlos en el contexto académico, las tareas escolares y la edad de los estudiantes pueden proporcionar resultados variables o más interrelaciones que en adultos (Davidson et al., 2006; Kane y Engle, 2003). Para poder mejorar la evaluación de este punto, podrían desarrollarse más instrumentos de evaluación que recojan las variables que pueden encontrarse en el contexto escolar. Este punto se amplía

a continuación en el apartado de instrumentos. También serían necesarios estudios longitudinales sobre cómo las funciones ejecutivas pueden afectar al rendimiento académico según la edad y desarrollo de los estudiantes. Puede que no sean igual de relevantes según la fase del desarrollo del estudiante (Best et al., 2011).

El marco sobre el que se trabaja en este estudio se centra en las tres funciones ejecutivas principales: inhibición, memoria operativa y flexibilidad de cambio (Best et al., 2009; Diamond, 2013; Miyake et al., 2000), que se describen a continuación. La inhibición es la función ejecutiva con desarrollo más tardío en los estudiantes. Se observan cambios en su maduración principalmente en la infancia media (5-8 años). Los cambios en las etapas posteriores suelen afectar a la mejora entre las habilidades de velocidad y precisión (Best et al., 2009; Diamond, 2013). Hace referencia a la habilidad de suprimir respuestas automáticas, o ser capaz de controlar la atención, pensamientos o el comportamiento. También implica otros procesos como el control de interferencia o el control emocional y motor (Diamond, 2013; Karbach y Unger, 2014). Esto podría ayudar a los estudiantes a gestionar su comportamiento, conductas y estímulos externos (Davidson et al., 2006). También está implicada en procesos que requieren reflexión. En algunas tareas puede apoyar a la memoria operativa, mediante procesos de autocontrol, para el desempeño adecuado en las tareas (Diamond, 2013).

La memoria operativa implica la capacidad de retener y manejar la información para trabajar mentalmente (Best et al., 2009; Diamond, 2013). Se desarrolla principalmente, mejorando en el rendimiento de los 4 a los 15 años y continúa en la adolescencia para el dominio de tareas más complejas. Interviene en habilidades como el lenguaje o el cálculo mental, al recordar lo que se conoce, reordenar elementos, seguir instrucciones para elaborar planes de acción o estrategia. Contribuye también a establecer relaciones entre diferentes conceptos relacionando, integrando y recombinando la información (Diamond, 2013; Karbach y Unger, 2014).

La flexibilidad de cambio es la habilidad de cambiar entre estados mentales o diferentes tareas. También se encuentra en la literatura con otros términos como pueden ser cambio de tarea. Al igual que las dos funciones ejecutivas anteriores, mejora con la edad. Se puede evaluar mediante el tiempo de respuesta o precisión en las tareas (Best et al., 2009). En tareas escolares puede estar presente en aquellos objetivos requieren cambios de perspectivas, búsquedas de diferentes estrategias o en la resolución de problemas (Davidson et al., 2006; Karbach y Unger, 2014). Esta habilidad es requerida para el aprendizaje constante y adaptación a las situaciones del mundo actual en constante cambio (Davidson et al., 2006). También se relaciona su importancia con la creatividad y el pensamiento divergente (Diamond, 2013; Karbach y Unger, 2014).

A partir de las funciones ejecutivas centrales o principales, se construyen las funciones ejecutivas de orden superior en las que se encuentran: el razonamiento, la resolución de problemas o la planificación (Diamond, 2013; Rueda et al., 2017). La planificación (Anderson, 2001) sería el proceso que interviene en el establecimiento y organización para la consecución de las metas y la atención (e.g. Green y Bavelier, 2003; 2007; 2012). Igualmente, los procesos de estrategias o el razonamiento lógico y la resolución de problemas estarían en las funciones ejecutivas superiores que también podrían entrenarse (Rueda et al., 2017; Diamond, 2013). Las relaciones entre las funciones ejecutivas centrales y de orden superior pueden encontrarse en el esquema adaptado del estudio de Diamond (2013), Figura 1.

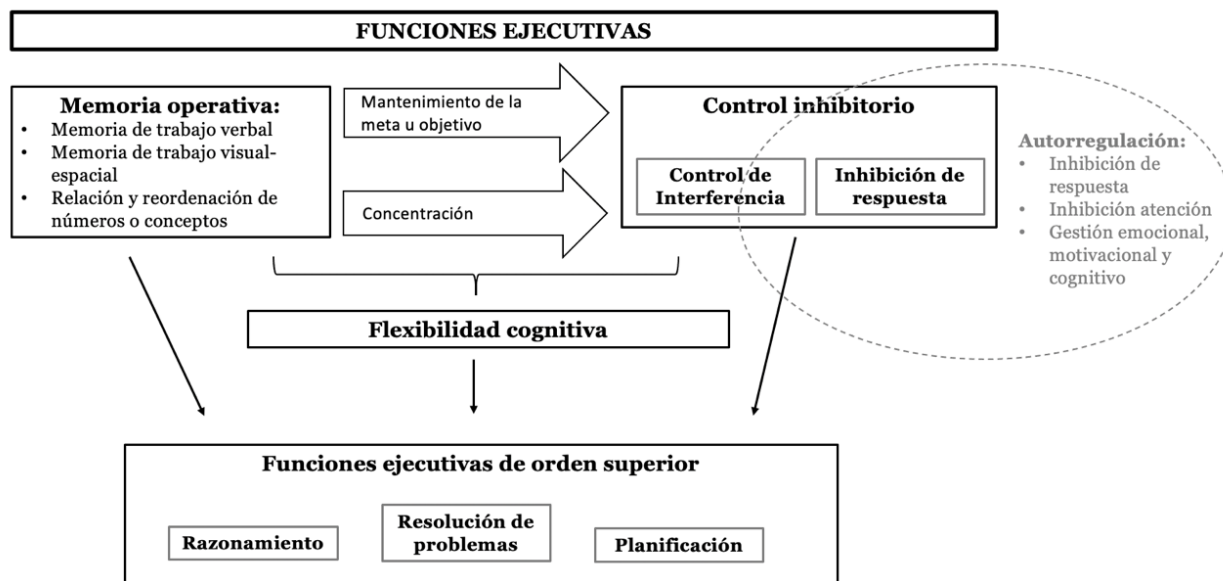


Figura 1. Relaciones entre las funciones ejecutivas. Figura adaptada de Diamond, 2013 (Figura 4; p.152).

3.2. Instrumentos de evaluación de las funciones ejecutivas

La evaluación de las funciones ejecutivas se puede realizar en un entorno clínico o en contextos reales. Los entornos clínicos o condiciones de laboratorio para el análisis de las funciones ejecutivas pueden ser críticas por no estar en contextos reales que pueden interferir en los resultados del sujeto. Los contextos del día a día que pueden estudiarse tienen el efecto de muchas variables que también dificulta el estudio, pero pueden aportar datos más completos del comportamiento y aprendizaje de los estudiantes (García et al., 2014; Karbach y Unger, 2014). Para el entrenamiento de las tareas e interpretación en el área educativa es conveniente encontrar tareas o procesos específicos que capaciten a los alumnos para adquirir mejoras en sus habilidades cognitivas (Bavelier et al., 2012; Jaeggi et al., 2011). La carencia de validez ecológica de las medidas utilizadas para la evaluación de funciones ejecutivas en el entorno clínico es una limitación a la hora de generalizar los resultados (García et al., 2014; García et al., 2016).

Las dificultades y limitaciones para evaluar las funciones ejecutivas es un tema recurrente por los investigadores del área (c.f. Anderson, 2001, Best et al., 2009; García et al., 2014; García et al., 2016; Howieson, 2019). Muchas de las tareas que se utilizan para evaluar las funciones ejecutivas se basan en tareas que pueden implicar varios procesos cognitivos o habilidades. Es decir, algunas de estas pruebas pueden no ser específicas. Esto dificulta que en muchas ocasiones sea complejo definir que una mejora o cambio del estudiante puede deberse al uso de una de las funciones ejecutivas específica (Anderson, 2001). También dificultan concretar la variedad de procesos y cómo estos intervienen en la mejora, esto puede suponer un análisis que evalúe diferentes patrones de desempeño ejecutivo en las tareas (Best et al., 2009; Miyake et al., 2000).

Por otra parte, la evaluación en niños es compleja, muchos de los instrumentos elaborados se han diseñado para poblaciones adultas (Anderson, 2001, García et al., 2014). Se ha aumentado la elaboración de este tipo de pruebas a raíz de estudios del desarrollo de las

funciones ejecutivas de la infancia hasta la etapa adulta (Best et al, 2009; Brocki y Bohlin, 2004). Otra novedad en este tipo de herramientas es que se están digitalizando, las tareas digitalizadas podrían ayudar a detectar mejoras y procesos de forma más específica que las pruebas actuales (Bavelier et al., 2017; Diamond, 2013; Diamond y Lee, 2011).

Ambos tipos de evaluación (clínica y educativa) generalmente utilizan instrumentos estandarizados (Anderson, 2001; Best et al., 2009; García et al., 2014). En el contexto español, se encuentran test estandarizados y validados a través de la editorial TEA¹⁴. Así, se encuentran el BRIEF¹⁵ o el ENFEN¹⁶. destacados dentro de esta editorial. También se pueden encontrar más ejemplos de instrumentos que se usan para evaluar las funciones ejecutivas en la revisión de Anderson (2001), en los estudios de Best et al. (2009), Brocki y Bohlin (2004) o García et al. (2014), por ejemplo. Los análisis muestran puntuaciones concretas según el desempeño en la tarea, estas puntuaciones de rendimiento son interpretadas según las funciones ejecutivas que se trabajen con la prueba o se muestren en el manual (Anderson, 2001).

Estos instrumentos son pruebas neuropsicológicas o pruebas de rendimiento. Generalmente siguen criterios para la evaluación a través de la observación del comportamiento o indicadores como el tiempo de respuesta, número de errores y omisiones (García et al., 2014). Las pruebas neuropsicológicas se han empleado para una gran diversidad de objetivos (Howieson, 2019). Sin embargo, en este estudio solo se abordarán aquellas que puedan emplearse en la evaluación del rendimiento en el contexto escolar. Igualmente, todas las pruebas neuropsicológicas presentan algunas limitaciones y posibilidades de mejora en un futuro. Estas pruebas han sido criticadas por su baja especificidad al no ser representativas en muchos casos de tareas académicas o del día a día en la que tendrán que emplearse las funciones ejecutivas (García et al., 2014; Howieson, 2019). Muchas de estas tareas o pruebas neuropsicológicas intentan aislar los componentes para su análisis pudiendo considerarse estas como “tareas simples”. Sin embargo, las tareas académicas de áreas como las matemáticas o la literatura requieren también la actuación de funciones ejecutivas de orden superior. Son actividades más complejas que pueden requerir la interacción de múltiples componentes para su resolución (Best et al., 2011).

Las investigaciones del desarrollo de las funciones ejecutivas se caracterizan por inconvenientes metodológicos: baja validez de constructo de muchas tareas que se utilizan, no hay tareas desarrolladas para evaluar cada dominio ejecutivo de forma específica. Esto supone una evaluación dependiente de la tarea que se utilice para el análisis, por ello se recomienda el uso de varias tareas para analizar cada una de las funciones ejecutivas (Brocki y Bohlin, 2004). Howieson (2019) destaca que podrían mejorar principalmente en la validez ecológica, incorporar nuevas técnicas digitales para el análisis de la información que puede recopilarse. Otros factores de estas pruebas son el tiempo de aplicación, las normas complejas o la cantidad de instrucciones a seguir, así como la falta de otras alternativas para evaluar las diferentes funciones ejecutivas.

¹⁴ <http://web.teaediciones.com/Catalogo.aspx>

¹⁵ <http://web.teaediciones.com/BRIEF-2-Evaluacion-Conductual-de-la-Funcion-Ejecutiva.aspx>

¹⁶ <http://web.teaediciones.com/ENFEN--EVALUACION-NEUROPSICOLOGICA-DE-LAS-FUNCIONES-EJECUTIVAS-EN-NINOS.aspx>

3.3. Funciones ejecutivas y material digital

Se parte de la base de estudios como el de Diamond y Lee (2011) o Lopez-Rosenfeld et al. (2013) en los que se observa que el entrenamiento de las funciones ejecutivas es beneficioso para niños en la etapa de primaria. Así, a diferencia de las relaciones establecidas de los elementos de juego con la motivación o con la metacognición, no hay definidos elementos específicos para trabajar las funciones ejecutivas; sino que es el conjunto de los mismos y el flujo en el juego lo que ayudará al aprendizaje del estudiante (Bavelier et al., 2012; De Freitas, 2006; Oei y Patterson, 2013). La mejora con el entrenamiento puede darse a través de programas de ordenador o juegos y actividades interactivas, entre otras actividades (Blumberg e Ismail, 2009; Gathercole et al., 2004; Jaeggi et al., 2011; Martins y Gotuzo, 2017). Para ello, en muchas ocasiones se desarrollan juegos específicos o actividades de entrenamiento que también pueden servir como instrumento de evaluación de las funciones ejecutivas (e.g. Goldin et al., 2014; Lehto et al., 2003; Titz y Karbach, 2014). Esta especificidad de los juegos o actividades hace que muchas veces estos juegos no compartan semejanzas con tareas del aula o juegos educativos (Rueda et al., 2017). Por ello, se necesitaría desarrollar más instrumentos para la evaluación entre las funciones ejecutivas y el rendimiento académico (Best et al., 2009). Los materiales digitales que se están desarrollando podrían ser una oportunidad para este punto.

En la literatura se encuentran diversos estudios que han elaborado o empleado recursos como el material digital para entrenar las funciones ejecutivas o medir el progreso y el desarrollo cognitivo con su uso (Blumberg y Fisch, 2013; Boendermaker et al., 2017). Estudios como el de Cameron y Dwyer (2005) analizan el efecto del uso de juegos con diferentes características en los objetivos educativos, ya que no todos los tipos de juego son igual de efectivos para programas de instrucción cognitiva en el aprendizaje de los estudiantes. Homer et al. (2018) analizan desde un diseño emocional el cambio que puede producirse en las funciones ejecutivas a través del uso de un juego digital enfocado en trabajar la flexibilidad de cambio. Estos diseños emocionales que pueden realizarse a través del flujo del juego complementado con elementos como el storytelling. Así, se puede mantener la atención de los jugadores y ayudar en su entrenamiento del comportamiento o de regulación emocional ante diversas situaciones (Huffaker y Calvert, 2003; Ritterfeld y Weber, 2005).

Por otra parte, la transferencia de dichas mejoras de rendimiento es en muchos casos limitada según las tareas (Ke, 2008; Klingberg, 2010). Bavelier et al. (2012) sin embargo, exponen que la formación mediante videojuegos de acción puede favorecer la transferencia del aprendizaje entre diferentes entornos y tareas. Además, defienden que se pueden trabajar habilidades como la memoria visual, la multitarea o las habilidades visoespaciales, la memoria de trabajo y la atención. El uso de videojuegos podría ayudar así a la competencia de “aprender a aprender” (Bavelier et al., 2012). Por otra parte, Oei y Patterson (2013) indagan en si otros géneros también podrían mejorar las habilidades cognitivas o la percepción y si hay efecto de transferencia. En su estudio concluyen que se pueden entrenar habilidades que involucren habilidades cognitivas específicas y estas pueden ser transferible en el caso que las tareas compartan los mismos requerimientos. Es decir, la mejora cognitiva puede deberse al entrenamiento específico de procesos durante el desempeño en el juego. Otros estudios que evalúan el efecto de los juegos sobre las capacidades cognitivas son los de Castellar et al. (2015) o Mackey et al. (2011). Estos se enfocan en la comparación de medios en los que se realizan las tareas obteniendo resultados en la mejora de algunos procesos en los que actuarían las funciones ejecutivas. Además, hay que considerar que el entrenamiento beneficia más aquellos

niños que tienen alguna necesidad educativa o necesitan más apoyo para desarrollar alguna de las funciones ejecutivas (Anderson, 2001; Diamond, 2013, Titz y Karbach, 2014).

Otras relaciones que podrían establecerse son, por ejemplo, el progreso a través de niveles en los que aumentarán las demandas cognitivas a los estudiantes podría ayudar a su desarrollo de las funciones ejecutivas. Se potencia así el interés hacia la tarea al continuar siendo un reto y necesitan seguir manteniendo un esfuerzo para el rendimiento, en relación a los aspectos motivacionales (Blumberg e Ismailier, 2009; Huffaker y Calvert, 2003). También ayudaría en el entrenamiento la capacidad de práctica constante y posibilidad de repetir las actividades hasta lograr el objetivo deseado (Diamond, 2013). Y se vincularía con también con lo comentado en el apartado 2.4. de este capítulo, en relación a la metacognición.

Los argumentos que apoyan los beneficios cognitivos de los juegos se centran en habilidades o procesos como la atención, la resolución de problemas, la creatividad, las habilidades viso espaciales, la fluidez o la velocidad de procesamiento (Bavelier et al., 2012; Blumberg e Ismailier, 2009; Diamond, 2013; Latham et al., 2013; Ritterfeld y Weber, 2005). De este modo, la resolución de los retos o problemas de muchos juegos, así como la capacidad de repetición de acciones para ensayar o practicar, entre otras características, puede hacer de los juegos una herramienta para evaluar y mejorar la cognición de los estudiantes y apoyarlos en su aprendizaje. También hay que considerar que las limitaciones cognitivas de los estudiantes pueden limitar la comprensión de las actividades digitales y su uso (Blumberg y Fisch, 2013; Boendermaker et al., 2017). Ampliar estos estudios de entrenamiento a través de los juegos y elementos que pueden incluirse podría adecuar mejor el contenido a las etapas de desarrollo cognitivo de los estudiantes (Boendermaker et al., 2017).

Aunque las funciones ejecutivas se puedan mejorar con el entrenamiento, todavía hay que indagar en cómo se produce esta transferencia o en qué tipos de tareas podría ser útil este tipo de entrenamientos (Karbach y Kray, 2009). Igualmente, el género de juego puede definir las funciones ejecutivas o procesos que se trabajaran (Ritterfeld y Weber, 2005). Así, juegos educativos que implican socialización, colaboraciones, es decir, son multijugadores online permite un mayor aprendizaje a través de los iguales y el profesor ejerce un papel de guía o mentor del alumno en esa tarea de aprendizaje (Mayer, 2019).

4. Relación entre las Variables: El Aprendizaje Autorregulado

En este apartado se comentan las relaciones que se han encontrado entre la motivación, la metacognición y las funciones ejecutivas. Así, se recogen diversos modelos de aprendizaje autorregulado que exponen los nexos teóricos entre estas variables. Para finalizar este apartado, se debaten estudios empíricos sobre estas relaciones en el contexto educativo y el material digital.

Diversos modelos del aprendizaje autorregulado establecen nexos entre la motivación, la metacognición y las funciones ejecutivas. Entre los trabajos teóricos de estas relaciones se encuentran los modelos establecidos por Boekaerts (1996, 1999), Efklides (2009, 2011), McCombs (1988), Pintrich (2000, 2004), Winee (2001) o Zimmerman (2002), entre otros. Los puntos en común entre estos modelos se desarrollan en el capítulo 9 (C9). Las diferencias entre los modelos del aprendizaje autorregulado se encuentran principalmente en las perspectivas de sus enfoques al ser estudios de constructos multivariantes.

Los estudios del aprendizaje autorregulado tienen por objetivo esclarecer cómo los estudiantes encadenan las acciones o procesos de aprendizaje, entendiendo por estas el

monitoreo, la reflexión, la autoevaluación, la modificación de las estrategias o su aplicación (e.g. Gaeta, 2006; Karlen, 2016; Landine y Stewart, 1998; Rutherford et al., 2018). Así, los estudiantes podrán ir mejorando sus capacidades, desarrollando las destrezas y habilidades (procedimentales y actitudinales) que permitan el éxito académico. También es importante, ayudar al estudiante a comprender sus fracasos, diferentes estrategias de regulación y adaptación a las tareas, así como la transferencia de conocimientos (Efklides, 2011; García et al., 2016). Para estos procesos la figura del docente juega un papel esencial en el apoyo como guía del estudiante (Boekaerts, 1996; Borkowski et al., 1992; Casado Goti, 1998).

Por medio de estos modelos o teorías, puede analizarse las posibles vinculaciones que se establecen entre la motivación, la metacognición y las funciones ejecutivas; así como los diferentes elementos o factores que pueden formar parte de estos constructos (García et al., 2016; Schraw et al., 2006). Se encuentran así en la literatura referencias de estudios que incluyen las relaciones entre diversas variables como los de Bahri y Corebima (2015); Efklides (2011), Konrad (2015) o Park y Bae (2014), por ejemplo. Muchos de estos planteamientos metodológicos combinan los procesos cognitivos y las habilidades metacognitivas con factores motivacionales (e.g. Papinczak et al., 2008; Rovers et al. 2019; Sungur, 2007a; Zulma, 2006). Por otra parte, se encuentran estudios que analizan algunos aspectos específicos de las relaciones entre ellas. Por ejemplo, Corno (1986) o Cornoldi (1997) estudian el aprendizaje autorregulado desde la perspectiva de la metacognición. Duffy y Azevedo (2015) o McCombs, 1988 estudian el aprendizaje autorregulado desde los factores o aspectos motivacionales. Boekaerts (1996, 1997) señala como componentes principales en el estudio del aprendizaje autorregulado los aspectos cognitivos y motivacionales en los que se incluiría la metacognición.

En estos estudios los resultados obtenidos son diversos, al igual que sucede en la literatura de los materiales digitales o juegos educativos. Por ejemplo, se encuentran efectos de la motivación sobre el rendimiento académico (Pintrich y De Groot, 1990) y, sin embargo, otros que señalan una mayor aportación a la mejora del rendimiento por medio de la metacognición (Bahri y Corebima, 2015; Landine y Stewart, 1998). Este último punto se contradice en el estudio de Coutinho y Neuman (2008), donde destaca la autoeficacia en la mejora de los estudiantes, siendo la metacognición una variable relacionada débilmente el logro de las metas. Todavía es necesario seguir indagando en esta área para mejorar la evaluación de las variables y poder definir relaciones específicas entre ellas (Boekaerts, 1996).

Desde el punto de vista de la motivación, por medio de las intervenciones y las retroalimentaciones los alumnos pueden conocer mejor sus posibilidades y mejorar su toma de decisiones ante las tareas (Duffy y Azevedo, 2015; González-Pienda, 2003; Núñez Pérez et al., 1998). Esto influirá en variables motivacionales como las creencias, la autoeficacia, las atribuciones, la autorregulación o sus expectativas de éxito. Para ello, los maestros tienen que comprender los procesos del aprendizaje autorregulado y así, poder aplicarlo en las tareas del aula (Boekaerts, 1996, 1997; Pintrich y De Groot, 1990). Otro nexo desde la perspectiva motivacional con el aprendizaje autorregulado se encuentra en la participación activa de los estudiantes, es decir, que en su compromiso y responsabilidad con el proceso de aprendizaje (Borkowski et al., 2000; Casado Goti, 1998; Schraw y Dennison, 1994). Esto podría conseguirse a través de los materiales digitales que promueven el aprendizaje activo de los estudiantes (Gaeta, 2006; Huffaker y Calvert, 2003). Igualmente, en el aprendizaje autorregulado tienen relevancia las experiencias previas del estudiante que le dispongan a establecer unas atribuciones o creencias que determinarán sus actuaciones o procesos para la resolución de las tareas (Azevedo, 2009; Barca-Lozano et al., 2012).

La motivación es importante para regular los procesos de aprendizaje (McCombs, 1988; Sungur, 2007a). En este punto de la regulación de procesos y uso de las estrategias motivacionales según el estado afectivo podría ubicarse su relación con la metacognición y las funciones ejecutivas (Gaeta, 2006; Karlen, 2016; Sungur, 2007a). Por ejemplo, el autoconcepto (Karlen, 2016; Núñez Pérez et al., 1998) y la autoeficacia (Landine y Stewart, 1998; Magno, 2009; Pintrich y De Groot, 1990) se han destacado como predictores del uso de estrategias y habilidades metacognitivas, así como del rendimiento del estudiante. Asimismo, la motivación, y en concreto la motivación intrínseca, favorece el uso de estrategias metacognitivas y motivacionales; cuando se trabaja con estudiantes que quieren progresar en su aprendizaje (Landine y Stewart, 1998; Sungur, 2007a). Por esta razón, se debería potenciar la motivación intrínseca de los estudiantes, ya que se ha comprobado que juega un papel importante en la mejora del rendimiento y del uso de estrategias metacognitivas (Baleghizadeh y Rahimi, 2011; Biggs, 1988; Cázares, 2009; Ellis et al., 2012). Cabe destacar que la autorregulación de los procesos es compleja, en ella influyen también factores ambientales y personales (Vermunt, 1996), al igual que se ha expuesto en el apartado 1.1 y 1.3 de este capítulo.

Desde la variable metacognitiva, también se ha comprobado que, si se trabaja la metacognición en el aula, esta podría ayudar al compromiso y motivación en las tareas (Karaali, 2015; Landine y Stewart, 1998; Mayer, 2019). Del mismo modo, los diversos dispositivos y materiales digitales, herramientas de aprendizaje (como juegos o softwares) pueden emplearse para el desarrollo cognitivo, mejora de las habilidades para la resolución de tareas y motivación para el aprendizaje (Chauhan, 2017; Lieberman et al., 2009; Roebbers, 2017). Aunque se requiere que los materiales digitales tengan base didáctico-pedagógica, y esta base se encuentre organizada para favorecer el desarrollo de las estrategias y habilidades de los estudiantes. Es necesario también, conocer cómo interactúan los usuarios con estos recursos para considerar las diversas variables que puedan existir (Expósito y Manzano, 2010; Huffaker y Calvert, 2003; Veenman et al., 2006). Se persigue así, mejorar la autorregulación metacognitiva, autoeficacia y la motivación de los estudiantes, como es el caso del aprendizaje en cursos online (Huffaker y Calvert, 2003; Pellas, 2014). En relación al uso de estas metodologías, se requiere construir los caminos de aprendizaje adecuados o concienciar a los alumnos sobre la necesidad de regular su aprendizaje con las diversas estrategias metacognitivas y motivacionales para generar un aprendizaje regulado por los propios alumnos. Se persigue este objetivo, por la importancia de la mejora del aprendizaje tanto dentro como fuera del aula, siendo los alumnos los que toman el control sobre sus experiencias de aprendizaje (Boekaerts, 1996; Mayer, 2019). Esto les permite adecuar su ritmo de estudio, ser conscientes del dominio de la materia, planificación de sus tareas, etc. al disponer de un espacio personalizado para su aprendizaje. Este planteamiento, se recoge en múltiples proyectos en desarrollo vinculados a este enfoque de aprendizaje, que se apoya en las nuevas tecnologías (Azevedo, 2009; Huffaker y Calvert, 2003; Schraw et al., 2006).

Otro caso en los avances tecnológicos, es la implementación la metacognición en agentes de softwares o tutores inteligentes (Duffy y Azevedo, 2015; Veenman et al., 2014; Zhang et al., 1998). Esto puede ayudar a seguir mejorando el material a través de la inteligencia artificial para mejorar el aprendizaje guiado. El software del estudio de Zhang et al. (1998), se dotó de un metasisistema, que puede autorregularse, elegir estrategias y superar retos o disputas internas. Así, por medio de la comprensión de las diversas estrategias planteadas en las investigaciones sobre el aprendizaje autorregulado, se pueden diseñar entornos de aprendizaje que apoyen la evolución de los estudiantes. Sin embargo, todavía se necesitarían desarrollar

más estudios de las habilidades metacognitivas y de la autorregulación de los procesos de aprendizaje, para la comprensión de los procesos y conseguir mejorar los logros académicos. (Azevedo, 2009). Estudios más recientes como los de Duffy y Azevedo (2015) o Veenman et al. (2014) también apoyan tanto la instrucción y evaluación de las habilidades metacognitivas de los estudiantes por medio de los juegos o de materiales digitalizados.

Las funciones ejecutivas se han estudiado principalmente como procesos que pueden regularse según los estados afectivos de los alumnos (motivación) para iniciar, mantener y completar una tarea y objetivo de aprendizaje, al igual que para su conducta (Brocki y Bohlin, 2004; Diamond, 2013). Las funciones ejecutivas también están incluidas en las habilidades metacognitivas para ejecutar las fases de realización de una tarea (Follmer y Sperling, 2016). Se podrían definir o concretar así, dentro de algunos marcos del aprendizaje autorregulado como un subcomponente de la metacognición. Así, para que aplicaran a las tareas, influirían en su regulación factores motivacionales (Bahri y Corebima, 2015; Garcia y Pintrich, 1994). De este modo, el nexo establecido aquí se centra en las funciones ejecutivas con la metacognición en los procesos cognitivos de orden superior (Diamond, 2013; Roebbers, 2017). Las funciones ejecutivas se relacionarían con la metacognición en función de la consciencia que tenga el estudiante sobre sus procesos mentales para poder entrenarlos y modificarlos (Rueda et al., 2017). Un estudio desde la perspectiva de las funciones ejecutivas y su relación con la metacognición y motivación es el de Roebbers (2017). De este modo, estudios como el de Follmer y Sperling (2016) o García et al. (2016) relacionan las funciones ejecutivas y la metacognición en el aprendizaje autorregulado de los estudiantes.

Por otra parte, las funciones ejecutivas pueden relacionarse con el material digital y la autorregulación a través de características de comportamiento orientado a objetivos o a metas y rendimiento en las mismas (Best et al., 2009; Brocki y Bohlin, 2004). Así, en los estudiantes se han relacionado deficiencias o limitaciones en las funciones ejecutivas con problemas de autorregulación (Boendermaker et al., 2017). Otros estudios también que indagan en cómo las funciones ejecutivas o aspectos cognitivos pueden ayudar a implementar estrategias o monitorear actividades (Anderson, 2001; Boekaerts, 1996). Por otra parte, hay investigadores que apuntan también a que las funciones ejecutivas se activan ante retos novedosos o desafiantes (Best et al., 2009). Muchas de las pruebas neuropsicológicas se están digitalizando en los últimos años y están siguiendo estructuras semejantes a algunos tipos de actividades digitales (e.g. DIVISA, Santacreu et al., 2011). Todavía hay que seguir investigando en cómo se establece esta relación o interacción entre los diferentes elementos del juego, así como los componentes de las funciones ejecutivas para lograr los objetivos (Best et al., 2009; Lopez-Rosendeld, 2013; Oei y Patterson, 2013). A pesar de las relaciones encontradas entre estas variables, no se puede asumir que aquellos estudiantes que tengan estrategias cognitivas o de aprendizaje también tendrán habilidades metacognitivas (Boekaerts, 1999; Ke, 2008).

Otro aspecto del aprendizaje autorregulado es poder personalizar la educación para el estudiante (Borkowski et al., 1992), en este aspecto también podría contribuir el material digital que tenga estas características de adaptarse al ritmo de aprendizaje del estudiante o a sus necesidades educativas (Schraw et al., 2006). Al igual que en los juegos pueden encontrarse diferentes perfiles de jugadores (ver apartado 3, C1), en el aprendizaje autorregulado también podrían encontrarse diferentes tipos de estudiantes (Heirweg et al., 2019; Karlen, 2016). La importancia del aprendizaje autorregulado está en mejorar la eficacia de los estudiantes. Igualmente, los estudiantes no solo tienen que conocer los mecanismos o las estrategias de aprendizaje que pueden emplear. Para lograr un buen rendimiento o eficacia en las tareas hay que saber poner en práctica las habilidades (Coutinho y Neuman, 2008;

García et al., 2016; Karlen, 2016; Pintrich y De Groot, 1990). Así se podrá conseguir el objetivo que promueve el aprendizaje autorregulado para convertir a los alumnos en estudiantes autónomos a través de la competencia de aprender a aprender (Boekaerts, 1996; Sungur, 2007a). En resumen, podría extraerse que el proceso en común entre todas las variables sería la regulación de los procesos tanto metacognitivos como cognitivos, así como la gestión motivacional que permita progresar a los estudiantes en el contexto académico. Igualmente, cabe destacar que el aprendizaje autorregulado puede ir modificándose según el desarrollo del alumno, al ir mejorando sus procesos cognitivos y estrategias de aprendizaje (Karlen, 2016; Landine y Stewart, 1998).

La evaluación del aprendizaje autorregulado también es compleja y se utilizan instrumentos compartidos con la motivación, metacognición como el MSLQ (Pintrich, 1991) o el LASSI (Weinstein et al., 1988). Principalmente son autoinformes que se han desarrollado para educación secundaria o superior (Rovers et al., 2019). Ante la perspectiva de la necesidad de evaluar el aprendizaje autorregulado en educación primaria han surgido otros como el Self-Reg (Rizzo et al., 2010). En esta área también se destaca la necesidad de que mejorar los procesos de evaluación (Rovers et al., 2019). Los instrumentos para evaluar el aprendizaje autorregulado comparten características con los que se han comentado en los apartados anteriores. Actualmente, la evaluación del aprendizaje autorregulado comparte características con la evaluación de las variables de este capítulo, sin embargo, sería necesario profundizar en su dimensión multidominio y relaciones entre las mismas.

3 | Proyecto: Objetivos y Metodología de Investigación

CAPÍTULO 3

Proyecto: Objetivos y Metodología de Investigación

Como se puede comprobar en la literatura hay un gran recorrido en intentar explicar a nivel teórico cómo podrían combinarse los elementos de juego con los procesos de aprendizaje (e.g. Arnab et al., 2015; Hunicke et al., 2004; Lim et al., 2015; entre otros). Sin embargo, muchas de las empresas que desarrollan contenidos educativos no suelen usarlos de referencia. Estos modelos se utilizan principalmente en los contextos académicos de desarrollo de juegos (e.g. Hickmott et al., 2016; Patino et al., 2016), lo que genera una brecha a la hora de interpretar o conectar los resultados de las investigaciones en el área.

Este trabajo emplea algunos modelos como el de Arnab et al. (2015) y Lim et al. (2015) que aportan el nexo con metodologías pedagógicas que pueden utilizarse en el análisis de los juegos a nivel empresarial. Los modelos de juego planteados se centran en la consecución de un objetivo o un logro para el cual el jugador tiene que reflexionar sobre las acciones a realizar (Arnab et al., 2015; Hall et al., 2014; Lim et al., 2015). El modelo de Hall et al. (2014) está pensado para juegos serios de mayor complejidad que los desarrollados actualmente para educación primaria. En base a establecer un contexto pedagógico del diseño el modelo que mejor se ajusta a las interacciones entre los elementos de juego y el aprendizaje es el LM-GM de Arnab et al. (2015) y Lim et al. (2015). Este modelo se apoya en la taxonomía de Bloom para el proceso de aprendizaje de los estudiantes (Anderson y Krathwohl, 2001; Krathwohl, 2002). Así, en este trabajo se evalúan los componentes principales de juego en las actividades digitales diseñadas por Smile and Learn que podrían resumirse en metas u objetivos de aprendizaje y desempeño en el juego, feedbacks o retroalimentación y recompensas. Partiendo de las metas de los juegos o actividades digitales se pueden establecer las decisiones que tendrá que tomar el jugador, las acciones a realizar, las reglas y la retroalimentación o tutoriales necesarios para su progreso (Hall et al., 2014). Igualmente, para la clasificación de los juegos en los géneros se sigue el marco general de Baptista et al. (2015).

Establecer un marco teórico para definir o evaluar los juegos no determina un aprendizaje por parte de los estudiantes. Sin embargo, es de utilidad para comprender los procesos que se pueden trabajar en ellos y sus características educativas. Los juegos serios se diseñan con un propósito concreto, en este caso educativo, este propósito necesita cumplirse en relación a su diseño. También debería verificarse su impacto mediante la investigación educativa (Mitgutsch y Alvarado, 2012). Así, para evaluar el proceso de aprendizaje y transferencia son necesarios estudios empíricos (Hall et al., 2014).

En este trabajo la medida para evaluar el efecto del uso del material digital en los estudiantes está focalizada en el tiempo de uso de los juegos (que puede determinar la inmersión en el juego, así como la atracción hacia a los mismos), los objetivos o metas y las recompensas incluidas en el diseño del juego (base del diseño pedagógico de los juegos utilizados en el estudio). El material de Smile and Learn incluye recompensas que fomentan principalmente la motivación extrínseca de los alumnos. Igualmente, el sistema de gamificación de la plataforma se basa en estas recompensas (Smilies) y progreso de niveles según el número y recompensas conseguidas, por los que se obtiene otro token o recompensa (gemas). Por otra parte, elementos como los niveles o los feedbacks, así como el flujo del juego pueden promover las habilidades metacognitivas y las funciones ejecutivas respectivamente.

La variable motivacional se aborda desde la teoría de orientación a metas (Dweck, 1986; Elliott y Dweck, 1988). Este enfoque se define por ser una teoría ampliamente estudiada en el contexto educativo español (e.g. Barca-Lozano et al., 2012; Gaeta, 2006; González Cabanach et al., 1996; Tapia, 1992). Esta teoría también se relaciona con los elementos de juego en las tareas o materiales digitales educativos desarrollados por Smile and Learn y su metodología de implementación en el aula como material de apoyo docente (Erhel y Jamet, 2013; Mateos et al., 2016). Además, de la importancia de la motivación a metas en el aprendizaje, la orientación a metas tiene relación con la metacognición y con los procesos cognitivo como las funciones ejecutivas para su regulación (Diamond, 2013; Rueda et al., 2017). Se descartan así otras teorías de referencia en el área de juegos (Mayer, 2019), como puede ser la teoría de la autodeterminación porque al ser actividades implementadas en el aula el alumno no cuenta con la autonomía de seleccionar los juegos y por otra parte por el tipo de diseño de las aplicaciones o juegos educativos.

En relación al diseño y variables como la metacognición o las funciones ejecutivas hay que considerar que los materiales desarrollados son juegos sencillos. Esto quiere decir que trabajan principalmente procesos de orden inferior según los principios pedagógicos (Anderson y Krathwohl, 2001; Krathwohl, 2002). Igualmente, en este trabajo se quiere evaluar si los elementos añadidos a estas tareas o el flujo del diseño pueden ayudar a trabajar otros procesos de orden superior como la metacognición o las funciones ejecutivas.

El estudio de la metacognición se centra en el conocimiento y la regulación metacognitiva. Estos son los dos elementos principales definidos por Flavell (1979) y Brown (1980). Así, se quiere indagar en cuál de estos procesos podría tener efecto con el uso de material digital educativo en el aula. Por otra parte, los instrumentos o evaluaciones para estudiantes de educación primaria se centran también en estos dos elementos (e.g. Rizzo et al., 2010; Sperling et al., 2002; 2004). Es importante considerar esta variable en el estudio por su importancia en el contexto educativo (e.g. Azevedo, 2009; González et al., 2014; Winne y Azevedo, 2014). Desarrollar la metacognición podría ayudar a los estudiantes al desarrollo de las competencias educativas, así como a la adquisición de habilidades que les permitan disponer de autonomía para el aprendizaje en un futuro (Burón, 1993; Klimenko y Alvares, 2009; Muria, 1994).

La perspectiva del análisis de las funciones ejecutivas parte de la base de que pueden trabajarse con los materiales para su mejora (Karbach y Unger, 2014; Titz y Karbach, 2014). Se utiliza así, como variable de rendimiento académico por las relaciones que podrían establecerse entre el desarrollo de las funciones ejecutivas y las competencias de los estudiantes (desarrollado en el punto 3 del C2). Asimismo, se contextualiza su estudio en el modelo de Miyake et al. (2000), por el que se distinguen tres componentes principales: inhibición, flexibilidad de cambio y memoria operativa (Best et al., 2009; Diamond, 2013). El foco del desarrollo de las competencias de los estudiantes se considera relevante ya que va a ser el aprendizaje que los alumnos van a poder utilizar a lo largo de toda su vida.

Igualmente, es importante abordar los nexos encontrados en la literatura entre estas variables. Este estudio de su vinculación se puede realizar a través de modelos del aprendizaje autorregulado como se ha expuesto en el apartado 4 del capítulo 2. De este modo podrían comenzar a aplicarse estrategias para trabajar el aprendizaje autorregulado en las aulas de educación primaria a través del material digital educativo (Rutherford et al., 2018). Se mejoraría así las habilidades de los estudiantes que los ayudaría en la adquisición de competencias del siglo XIX (Bekker et al., 2015; Gros, 2007).

Para poder analizar el efecto del material digital educativo en estas variables se ha seleccionado una muestra en los cursos de 3º, 4º y 5º de primaria. En estos cursos la edad de los estudiantes oscila entre los 7 y los 11 años. Así, al igual que se recoge en el capítulo 2 (C2), son las edades en las que más cambios pueden producirse en la metacognición y en las funciones ejecutivas (Anderson, 2001; Azevedo, 2009; Best et al., 2009; Chatzipanteli et al., 2014). Como se ha expuesto tanto la metacognición como las funciones ejecutivas pueden entrenarse en el contexto escolar (Diamond y Lee, 2011; Georghiades, 2004). Partiendo de esta base, se quiere indagar en el efecto que puede tener el material digital sobre esta formación de los estudiantes, así como aspectos a mejorar que podrían ayudar en su entrenamiento.

A la hora de implementar los recursos digitales en los centros educativos la actitud de los docentes, su conocimiento y habilidades, son factores a considerar (Kreijns et al., 2013). De este modo, se seleccionó la muestra de este proyecto en función a centros escolares que hubieran mostrado su interés en participar en el proyecto de colegios piloto de la Comunidad de Madrid. Otra característica a tener en cuenta son los tipos de dispositivos del centro escolar. Así, se seleccionaron de centros educativos con dispositivos que tuvieran pantallas táctiles ya que facilitan el uso por parte de los niños y la interacción con el material desarrollado (Revelle, 2013). Entre los colegios seleccionados, se envió el planteamiento de la investigación para concertar una reunión con los equipos directivos de los centros escolares. En esta reunión se expuso el planteamiento y requerimientos de la investigación, así como el plan de formación del profesorado y apoyo por parte del equipo de Smile and Learn Digital Creations para colaborar en el uso de la plataforma. Una vez concretado el interés de uno de los centros escolares, se comenzó el procedimiento de información a las familias. También se elaboró una guía del profesor según el currículo escolar de la Comunidad de Madrid de educación primaria, los juegos que podían utilizar y cómo los podían emplear en el aula (extrayendo o sintetizando por cursos el catálogo de contenidos y las guías didácticas). Además de formaciones específicas y los materiales generales disponibles para el uso y gestión de la plataforma Smile and Learn. Los juegos pueden utilizarse en educación primaria, pero para una buena implementación también se requiere formación docente (Marín-Díaz et al., 2019).

Así, la relevancia de este trabajo está en la evaluación del material de la plataforma de Smile and Learn en dos áreas diferentes. En primer lugar, este trabajo se enfoca a la evaluación del diseño de las actividades, entendiendo por actividades los juegos, los cuentos y los cuestionarios. La implementación de los vídeos en la plataforma ha tenido lugar en la tercera anualidad de este proyecto, lo que no ha permitido su estudio como parte del material de la plataforma. Se define el proceso de evaluación en función de su implementación y uso en los centros escolares, así como en las características positivas o a mejorar en los materiales. En segundo lugar, se plantea el objetivo de evaluar el impacto en el aprendizaje de los estudiantes de estos materiales. Se define el aprendizaje en base a la competencia de aprender a aprender considerando las habilidades cognitivas o el conocimiento sobre las mismas, que los estudiantes pueden haber adquirido. Esto proporciona una evaluación general del producto basada en el sector EdTech según la fuente de Educapital (2020).

1. Objetivos de investigación

Esta investigación tiene por objetivo general *la evaluación del material digital educativo para promover la metacognición, el funcionamiento ejecutivo y el aprendizaje autorregulado de los estudiantes en educación primaria*. Con el fin de unificar los objetivos académicos e industriales que abarca la presente disertación, se plantean diferentes sub-

objetivos de investigación. Así, se definen tres sub-objetivos previos necesarios antes de estudiar los objetivos específicos:

- *Objetivo 1 (O1)*: Indagar en o revisar el diseño de los juegos para la creación de contenido de la plataforma: Smile and Learn.
- *Objetivo 2 (O2)*: Explorar el uso de la plataforma Smile and Learn en los colegios.
- *Objetivo 3 (O3)*: Estudiar el efecto de la motivación en la metacognición y las funciones ejecutivas de los estudiantes.

Los sub-objetivos específicos para cumplir con el objetivo general son:

- *Objetivo 4 (O4)*: Analizar el impacto del uso del material digital en la metacognición de los estudiantes.
- *Objetivo 5 (O5)*: Analizar el efecto del uso del material digital en las funciones ejecutivas de los estudiantes.
- *Objetivo 6 (O6)*: Indagar en el impacto del uso de material digital en el aprendizaje autorregulado.

2. Metodología de la investigación

En relación a los objetivos previos centrados en la evaluación del diseño de las actividades y el uso de la plataforma de Smile and Learn (O1, O2) se emplea una metodología cuantitativa para analizar los datos recogidos por la plataforma y realizar los estudios descriptivos (C4, sección 4.2.; C5). El estudio del capítulo C4 (sección 4.1.) es un estudio teórico descriptivo como ejemplo de análisis de los juegos diseñados.

Con el primer objetivo (C4) se plantea establecer una base teórica que relacione los elementos del juego con los objetivos pedagógicos, para ello se siguen los modelos teóricos introducidos en el capítulo 1 (C1). Igualmente, puede permitir una descripción de los diferentes elementos de juego que pueden encontrarse en los contenidos digitales o la evaluación del material. Esto podría ayudar a los docentes en la implementación de los juegos o materiales digitales en el aula. Desde la perspectiva empresarial, este objetivo proporciona una base teórica sobre la que realizar futuras investigaciones en relación al material digital diseñado. De este modo, se podrá mejorar el proceso de producción, así como del diseño de los juegos y guías didácticas docentes. Con el segundo objetivo (C5) se pueden conocer las preferencias de uso en relación a los tipos de actividades, contenidos más utilizados y en qué cursos hay mayor uso del material digital. En el contexto empresarial, este análisis puede definir futuras directrices a seguir para el diseño del material digital, así como en qué áreas o con qué materiales habría que reforzar la formación docente. Siguiendo los parámetros de evaluación de productos de EdTech, estos objetivos estarían en el nivel 4 de la pirámide (Figura 1, C1; Educapital, 2020).

El tercer objetivo (C6) indaga en los vínculos que pueden establecerse entre la motivación, la metacognición y las funciones ejecutivas, estableciendo un punto de partida sobre las relaciones entre estos conceptos en la muestra. Para esta evaluación se han utilizado instrumentos ya elaborados, por el ritmo de metodologías ágiles de producción marcado por el sector empresarial. Por ello, entre la revisión de instrumentos de la literatura que podrían aplicarse, se han seleccionado aquellos acotados a los objetivos del estudio y que fueran de fácil aplicación o adaptación a la muestra de este estudio. Así, se han utilizado el MAPE- I (Tapia y Ferrer, 1992), Jr. MAI (Sperling et al., 2002), ENFEN (Portellano et al., 2011). Estos

instrumentos se han adquirido de la literatura o en la editorial TEA¹⁷. La adaptación del cuestionario MAPE-I puede encontrarse en el C6. Así, el C6 plantea un estudio exploratorio cuasi-experimental cuantitativo con diseño *post hoc* para estudiar los nexos entre la motivación de los estudiantes según la motivación orientada a metas en las variables de metacognición y las funciones ejecutivas de los estudiantes. De este modo, se puede analizar la vinculación que hay entre la motivación de los estudiantes hacia las metas de las tareas y su relación con la metacognición o con las funciones ejecutivas. Las relaciones de estas variables pueden influir en el diseño de los juegos que puedan plantearse en el sector empresarial. También ayudará a dilucidar qué estrategias o elementos de juego pueden incorporarse en el diseño según su nexo con la motivación, la metacognición o en las funciones ejecutivas. De este modo, este estudio inicial vislumbra el estado del que se parte en relación a los estudiantes y su motivación hacia las tareas académicas. Así, según los resultados obtenidos puede ser que a los alumnos les ayude la implementación de juegos en el aula.

En los objetivos específicos se estudia el efecto del uso del material digital en el aprendizaje (O4, O5 y O6). De este modo, se ha planteado en general una metodología cuasi-experimental cualitativa con diseño *post hoc*. Así, se han utilizado los instrumentos Jr. MAI (Sperling et al., 2002), ENFEN (Portellano et al., 2011) y el Self-Reg (Rizzo et al., 2010). Las adaptaciones que se han realizado de los cuestionarios, así como su validación se encuentran en los capítulos correspondientes (C7, C8, C9). A continuación, se plantea un desarrollo de estos objetivos en relación a los capítulos del trabajo.

El estudio empírico recogido en el capítulo 7 (C7) tiene por objetivo evaluar el efecto del uso del material digital en la variable de metacognición (O4). Este objetivo plantea un estudio cuasi-experimental cualitativo *post hoc* con el instrumento Jr. MAI (Sperling et al., 2002) para evaluar dos componentes metacognitivos: regulación metacognitiva y conocimiento metacognitivo. El quinto objetivo (O5) se desarrolla en el C 8, este analiza el efecto del uso del material digital en las funciones ejecutivas. Se plantea así un estudio con un análisis inicial cuasi-experimental cuantitativo y un segundo análisis *post hoc*, con el uso la batería de pruebas neuropsicológicas ENFEN (Portellano et al., 2011). Esta batería de pruebas En relación al entorno empresarial y evaluación de producto EdTech siguiendo el esquema, estos estudios recogidos en los capítulos C7 y C8 podrían situarse en el nivel 2 (Figura 1, C1; Educapital, 2020). El sexto objetivo (O6) planteado es indagar en el impacto del uso de material digital en el aprendizaje autorregulado con el cuestionario Self-Reg (Rizzo et al., 2010). Este objetivo se recoge en el C9. Igualmente, a través de este diseño cuasi-experimental en el que se realiza un estudio correlacional se indaga en el efecto del uso de los juegos digitales en el aprendizaje autorregulado de los estudiantes. Este estudio también plantea la posibilidad de utilizar la perspectiva del aprendizaje autorregulado, como base teórica en el diseño de juegos, para entrenar las habilidades y competencias de los estudiantes. Así, este estudio empírico se podría incluir en el nivel 3 de la evaluación de productos EdTech (Figura 1, C1; Educapital, 2020).

Así, el esquema general de la disertación, se estructura en diez capítulos que se recogen en la Figura 1.

¹⁷ <http://web.teaediciones.com/Catalogo.aspx>

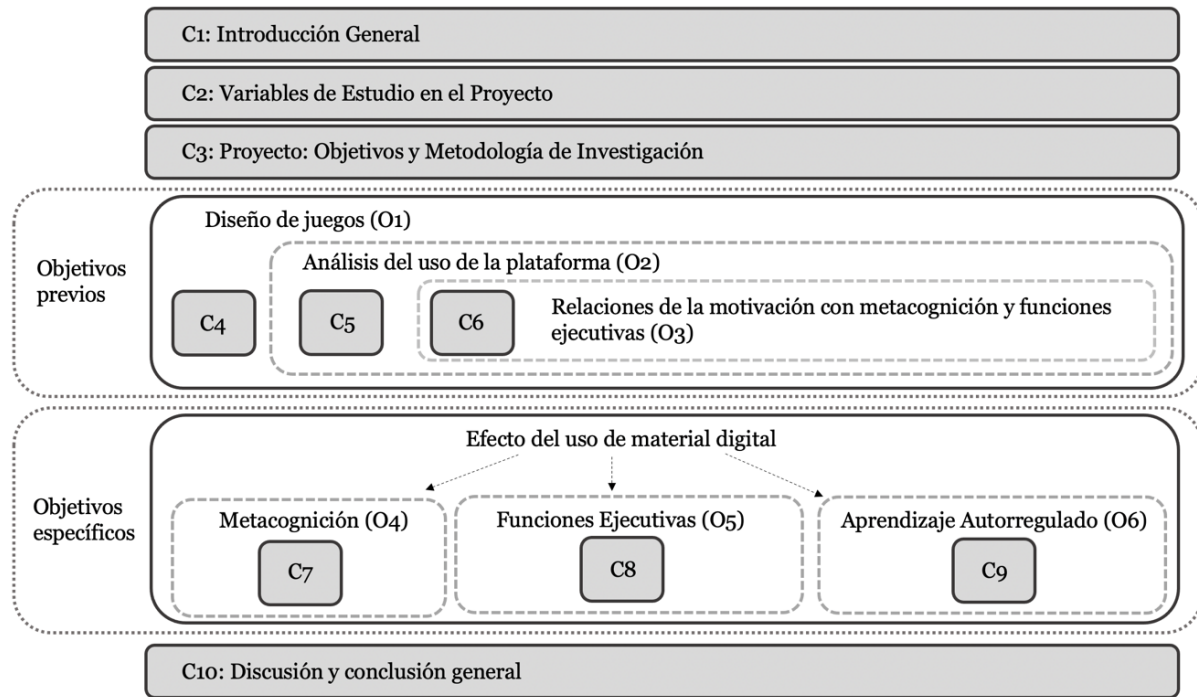


Figura 1. Organización de los capítulos en relación a los objetivos de la disertación.

3. Estudios

La consecución de los objetivos queda recogida en los siguientes estudios que dan como resultado esta tesis. Cuatro de estos capítulos se basan en estudios empíricos que han sido publicados o están aceptados para su publicación en revistas internacionales revisadas por pares. Por otra parte, los estudios incluidos de publicaciones en congresos unifican teóricamente la estructura de la presente disertación e igualmente, han sido revisados por pares.

Capítulo 4: Lara Nieto-Márquez, N. (2019). ¿Cómo diseñar juegos educativos digitales para el aprendizaje de ciencias? Ejemplo de juego serio: “Estados de la materia”. En Arufe, V.; Abilleira, M.; Nieto, E. (Coordinadores), *Actas del 3º Congreso Mundial de Educación EDUCA 2020* (pp. 729- 739). <http://www.mundoeduca.org>

Publicado en: Actas del 3º Congreso Mundial de Educación EDUCA 2020. ISBN:978-84-948288-7-4.

Capítulo 4: Lara Nieto-Márquez, N. (2020). The 20 most played educational games analyzed in an intelligent learning platform for children. In *5th Gamification & Serious Games Symposium 2020* (pp. 11-14). <https://gsgs.ch/wp-content/uploads/2020/09/gsgs20-web.pdf>

Publicado en: Proceedings of 5th Gamification & Serious Games Symposium 2020.

Capítulo 5: Lara Nieto-Márquez, N.; Baldominos, A.; Cardeña Martínez, A. y Pérez Nieto, M.Á. (2020). An Exploratory Analysis of the Implementation and Use of an Intelligent Platform for Learning in Primary Education. *Applied Sciences*, 10, 983. <https://doi.org/10.3390/app10030983>

Publicado en: Applied Science, el 3 de febrero de 2020. JCR, Q2, Impact Factor: 2.474

Capítulo 6: Lara Nieto-Márquez, N.; García, S. y Pérez Nieto, M.A. (2021). Links Between Motivation and Metacognition and Achievement in Cognitive Performance Among Primary School Pupils. *Anales de Psicología*, 37(1), 51-60. <https://doi.org/10.6018/analesps.383941>

Pendiente de publicación (enero 2021) en: Anales de Psicología. JCR, Q3, Impact Factor: 0.903

Capítulo 7: Lara Nieto-Márquez, N.; Baldominos, A. y Pérez-Nieto, M.Á. (2020). Digital Teaching Materials and Their Relationship with the Metacognitive Skills of Students in Primary Education. *Educational Sciences*, 10, 113. <https://doi.org/10.3390/educsci10040113>

Publicado en: Educational Sciences, el 17 de abril 2020. SJR: 0.8

Capítulo 8: Lara Nieto-Márquez, N.; Cardeña Martínez, A.; Baldominos, A.; González Petronila, A.; Pérez Nieto, M.Á. (2020). Assessment of the Effects of Digital Educational Material on Executive Functions Performance. *Frontiers in Education*, 5, 545709. <https://doi.org/10.3389/feduc.2020.545709>

Publicado en: Frontiers in Education-Digital Education, el 23 de noviembre de 2020. SJR: 0.7

Capítulo 9: Lara Nieto-Márquez, N.; Sillaots, M.; Cardeña Martínez, A.; Pérez Nieto, M.Á. (2020). Assessing Impact of Self-Regulated Learning Using Educational Games on Intelligent Platform. In Fotaris, P. (Ed.), *14th International Conference on Game Based Learning ECGBL 2020*. (pp. 408 - 416). Academic Conferences International Limited. doi: 10.34190/GBL.20.120

Publicado en: Proceedings of the 14th International Conference on Game Based Learning ECGBL 2020. E-Book ISBN: 978-1-912764-70-9. Published by Academic Conferences International Limited (ACIL).

4. Relevancia de la tesis

La relevancia de esta tesis es de naturaleza teórica, empírica y práctica. La relevancia teórica parte de la perspectiva de ofrecer un marco para el análisis de los docentes del material digital. El marco teórico, también ofrece posibilidades de mejora en los procesos de diseño que podrían implementarse en el sector empresarial. Por otra parte, contribuye a una justificación teórica de los materiales digitales desarrollados en la empresa. Esto es importante a la hora de comunicar el valor educativo a los docentes que quieran utilizar estos recursos.

La relevancia empírica se recoge en los tres objetivos específicos. Así, se contribuye a especificar el efecto que los materiales digitales pueden tener en el aprendizaje de los alumnos, concretamente en las variables de metacognición, funciones ejecutivas y aprendizaje autorregulado. Comprender qué materiales tienen efecto en el aprendizaje ayudará en el área de diseño de juegos y del aprendizaje basado en juegos a continuar consolidando sus resultados. La relevancia práctica puede encontrarse tanto en el contexto académico a la hora de ayudar a comprender los materiales y poder implementarlos en el aula como en el contexto empresarial. En este último, cabe destacar que este trabajo plantea futuras investigaciones que se pueden realizar para mejorar el material. Estas mejoras pueden resumirse en: tipos de contenidos a seguir desarrollando, características que deberían incorporarse, nuevos retos de creación e implementación a partir de los resultados obtenidos.

4 | Diseño de juegos digitales

Este capítulo se compone de dos artículos:

Apartado 4.1. Diseño de un juego: relaciones entre las mecánicas de juego y los objetivos de aprendizaje.

Lara Nieto-Márquez, N. (2019). ¿Cómo diseñar juegos educativos digitales para el aprendizaje de ciencias? Ejemplo de juego serio: “Estados de la materia”. En Arufe, V.; Abilleira, M.; Nieto, E. (Coordinadores), *Actas del 3º Congreso Mundial de Educación EDUCA 2020* (pp. 729- 739). <http://www.mundoeduca.org>

Apartado 4.2. Juegos más usados y sus características.

Lara Nieto-Márquez, N. (2020). The 20 most played educational games analyzed in an intelligent learning platform for children. In *5th Gamification & Serious Games Symposium 2020* (pp. 11-14). <https://gsgs.ch/wp-content/uploads/2020/09/gsgs20-web.pdf>

CAPÍTULO 4

Diseño de juegos digitales

Apartado 4.1. Diseño de un juego: relaciones entre las mecánicas de juego y los objetivos de aprendizaje

Resumen

El número de dispositivos electrónicos y material digital en las aulas ha ido en aumento en las últimas décadas (Cardenal y López, 2015; Hickmott et al., 2016). Esto ha supuesto que cada vez se encuentren más empresas que diseñan y desarrollan material educativo para las aulas. El diseño y desarrollo de material digital educativo es un área interdisciplinar en la que hay que combinar tanto las bases de la pedagogía, teorías psicológicas, diseño de juegos, programación, etc. (Arnab y Clarke, 2017; Slussareff et al., 2016;). En este artículo se quiere hacer énfasis en el diseño un juego serio digital para el aprendizaje de ciencias en el aula, teniendo como enfoque principal los objetivos del aprendizaje del alumno y la utilidad para el docente. De este modo se plantea la metodología y esquema del diseño seguida para el juego “Estados de la materia”. Se describen los resultados del producto elaborado y relación con los elementos de juego y objetivos del aprendizaje. También se discuten las implicaciones educativas del material generado en el uso en las aulas.

Palabras clave: Juego serio, aprendizaje, ciencias, niños, material digital, diseño de juegos.

Abstract

The implementation of electronic devices and digital material in schools have been rising in last decades (Cardenal & López, 2015; Hickmott et al., 2016). This fact also has increased the number of companies that have begun to design and develop digital material for education. The design and development of educational digital material is an interdisciplinary field where concepts from pedagogy, psychology, game design, programming, ... are combined (Arnab & Clarke, 2017; Slussareff et al., 2016). In this article we want to emphasize how design a serious game for learning science in the classroom. Our focus are the objectives and goals for students' learning as well as the usefulness for teachers at classroom. Following this way, the methodology and the schedule of game design 'States of matter' is raised. The results of the final product and the relationship between game elements and learning objectives are described. The educational implications of the material developed for use at classrooms are also discussed.

Keywords: Serious game, learning, science, children, digital material, game design.

1. Introducción

En las últimas décadas se ha producido un aumento de la producción de material digital para el aprendizaje entre los que se encuentran múltiples modelos como vídeos, actividades interactivas o juegos (Blumberg y Fish, 2013; Cardenal y López, 2015; Hickmott et al., 2016). La inclusión en las aulas de dicho material digital se sustenta en la revisión bibliográfica porque son materiales que pueden motivar al alumnado (Arnab et al., 2015; Mateos et al., 2016; Richter et al., 2015), mejorar o desarrollar habilidades cognitivas (Blumberg y Fish, 2013; Boendermaker et al., 2017; Diamond, 2012), proporcionan feedback e instrucciones para conocer el progreso y ayudar al aprendizaje autorregulado (Arnab y Clarke, 2017; Bellotti et al., 2011), entre otras características. Así, los juegos serios permiten incorporar elementos motivadores y trabajar diferentes habilidades de los estudiantes desde el enfoque educativo, que se podrán extrapolar al mundo real (Rankin et al., 2008). De este modo, el material intenta apoyar el desarrollo de competencias y habilidades de los estudiantes para enfrentarse a los retos que puedan tener en un futuro (Gros, 2007).

Un juego serio educativo puede definirse como “actividades basadas en juego con capacidad de motivar y diseñadas para promover una acción determinada, como pueden ser aprender o demostrar habilidades, conocimientos o comportamientos” (Hall et al., 2014, p. 122). Cabe destacar que esta definición difiere de la gamificación “uso de elementos de juego en entornos que no son lúdicos” (Richter et al., 2015, p.21) y de la definición de aprendizaje basado en juegos “metodología que hace uso de juegos para que los alumnos aprendan” (Pérez et al., 2018, p. 32). Partiendo de esta base, encontramos diversas guías o manuales para el diseño de los juegos serios en base a la relación de los elementos de juego con las bases pedagógicas y psicológicas para el aprendizaje (e.g. Arnab et al., 2015; Arnab y Clarke, 2017; Bellotti et al., 2011; Lim et al., 2015; Lopez-Rosenfeld et al., 2013). Sin embargo, el diseño y la evaluación de estos materiales sigue siendo un área en investigación para conocer cómo desarrollar este contenido y fomentar el aprendizaje de los alumnos. Para ayudar a la mejora de este material, en los últimos años se han incorporado las métricas de aprendizaje, que recogen los datos del rendimiento y tiempo empleado en la tarea para continuar con la mejora de este material (Hauge et al., 2014). La recogida de estas métricas puede esclarecer la comprensión actual de las interacciones asociadas con las acciones de las tareas en el juego y el impacto que tienen en el jugador (Rankin et al., 2008).

Del mismo modo, las teorías pedagógicas y psicológicas sobre las que se sustentan las bases del aprendizaje son tan diversas, que los materiales diseñados suelen combinarlas para relacionarlas con los elementos de juego (Lim et al., 2015; Slussareff et al., 2016). Así, nos encontramos algunos materiales que aplican las inteligencias múltiples (Pérez et al., 2018; Sajjadi et al., 2016), teorías cognitivas como la del aprendizaje multimedia (Mayer, 2005) o teorías conductistas, constructivistas, cognitivistas, etc. (Arnab y Clarke, 2017; Gros, 2007; Hall et al., 2014; Lim et al. 2015; Mateos et al., 2016; Patino et al., 2016), como ejemplos. En el área del aprendizaje del estudiante, se destaca que este material fomenta el aprendizaje activo al ser interactivo y poder transmitir la información por más de un canal de comunicación (Mayer, 2005; Rankin et al., 2008). Al igual que destaca la flexibilidad de este material digital para repetir la actividad hasta asimilar el conocimiento o concepto planteado y mejorar en los logros de la tarea (Blumberg y Fish, 2013; Diamond, 2012).

El enfoque que se le ha dado a este juego serio (‘Estados de la materia’) se centra en cómo diseñar un juego para el aprendizaje de ciencias que ayude al alumno y sea de utilidad

para el docente con la base teórica de las guías de diseño y evaluación consultadas en la literatura (Arnab et al., 2015; Arnab y Clarke, 2017; Lim et al., 2015; Patino et al., 2016).

2. Material y metodología para el diseño del juego serio

El desarrollo de la aplicación o juego serio se ha desarrollado en la plataforma de Smile and Learn. Esta plataforma se compone por materiales educativos digitales para niños de 3 a 12 años, cubriendo las áreas de infantil y primaria. El contenido se organiza en diferentes mundos o islas según la estructura de las Inteligencias Múltiples y se clasifica dentro de esos mundos por temáticas. La aplicación desarrollada en este caso pertenece al área de ciencias. En ella han trabajado perfiles de los departamentos de Smile and Learn de arte, programación, educación y profesores externos, para conseguir el producto final.

El reto de este juego serio era mostrar un concepto abstracto como los cambios de estado de la materia a través de material interactivo, consiguiendo un balance entre la motivación por la actividad y el aprendizaje (Hall et al., 2014). Había que conseguir que los alumnos comprendan qué es lo que sucede cuando se produce un cambio de estado a nivel molecular, para asentar las bases que se ampliarán en la etapa de secundaria. Aunque hay 5 estados de la materia, decidimos centrarnos en los 3 (sólido, líquido y gaseoso) que aparecen a nivel global en los diferentes *currículos* (comunidades de España e internacionales), para poder ser material educativo que de soporte en las aulas de primaria. Esto supuso evitar frases como “... los tres estados de la materia son...” para no generar preconceptos científicos en los alumnos. Así, decidimos seleccionar los siguientes cambios de estado: fusión, evaporación, condensación, solidificación, sublimación, sublimación inversa. De este modo, ‘Estados de la materia’ se plantea como un juego serio de los cambios de estado por efecto del calor para el segundo ciclo de primaria. Con los siguientes objetivos didácticos:

- Aprendizaje de los cambios de estado de la materia producidos por el calor.
- Trabajar el método científico a través de experimentos prácticos.
- Estimular el pensamiento lógico, la planificación y autoevaluación.
- Apoyar la comprensión de algunos fenómenos naturales y la relación entre ellos.

Esclarecer el propósito educativo del juego es muy importante para estructurar el juego y poder continuar con la implementación de otros elementos (Mitgutsch y Alvarado, 2013). Una vez que los objetivos y el contenido del tema están definidos, el siguiente paso es la elaboración del documento de funcionalidad para redactar cómo se mostrará. Para fomentar la curiosidad en el alumnado a través de la actividad y trabajar al mismo tiempo el método científico, se concluyó que la mejor forma de desarrollar la aplicación era a través de experimentos interactivos (Diamond, 2012; Rankin et al., 2008). Este modo de mostrar los cambios de estado nos permitía usar ejemplos que en muchos de los casos los niños podrían hacer en casa o en la escuela, en compañía de un adulto. Se logra así un material que facilite una metodología activa y transmita la información por diferentes canales (visual y auditivo) para lograr un aprendizaje más significativo (Mayer, 2005). El esquema del juego planteado sería el siguiente (Figura 1):

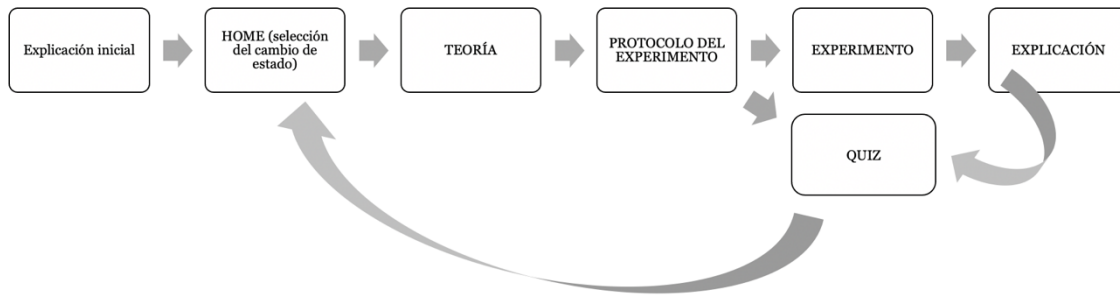


Figura 1. Flujo de las pantallas del juego.

De esta forma, el material elaborado puede adaptarse también la metodología que aplique el docente a su aula con la parte teórica para una clase magistral, tras la explicación del profesor de la materia como ejercicio complementario o de refuerzo, como material para una práctica de laboratorio en clase, en una flipped classroom, etc. (Sauvé et al., 2011) Igualmente, para que los recursos del centro no supongan una limitación de uso, el juego se desarrolla para que pueda usarse en múltiples dispositivos y en diferentes formatos, abarcando así ordenadores, tabletas, móviles, iPads y pizarras digitales.

Consecutivamente a la realización del documento de funcionalidad, se redacta la teoría que se revisa en conjunto por el equipo de educación y profesores externos. Estos puntos se debaten en conjunto con arte y programación para ver qué mecánicas y elementos son necesarios para la realización del juego y el flujo que tendrán las dinámicas (Suttie et al., 2012). Los juegos forman parte del entretenimiento de los estudiantes, eligiendo los modelos pedagógicos que se adapten a nuestro juego podríamos reforzar el aprendizaje de ciencias (Sauvé et al., 2011). Para ello utilizar como base las guías o modelos que relacionan las mecánicas de juego con el aprendizaje puede ser de utilidad a la hora de definir los elementos de juego que se incluirán, como se refleja en la Tabla 1 (Hickmott et al., 2016). Una vez que los elementos necesarios están diseñados y dibujados, se comienza el desarrollo del juego.

Al acabar la teoría o el quiz el alumno recibirá “Smilies” como recompensa por la realización de la actividad. Esta recompensa está integrada en un sistema más amplio en la plataforma, basado en la gamificación de las actividades para subir de niveles, que les otorgarán gemas. Los “Smilies” y las gemas pueden emplearse en el mundo del niño. Esto les permite trabajar la gestión de recursos para construir su ciudad y personalizar a su avatar o mascota. Dicho sistema de gamificación se puede adaptar al docente al ser un sistema abierto. Es decir, permite decidir sí valorar o cómo valorar los “Smilies”, gemas o niveles del alumno a lo largo del curso escolar.

Tabla 1. Relación de los elementos o mecánicas del juego (GM) con las mecánicas de aprendizaje (LM). Tabla de elaboración propia según el diseño de los elementos usados en ‘Estados de la materia’, siguiendo el modelo LM-GM (Arnab et al., 2015; Arnab y Clarke, 2017; Lim et al., 2015).

Mecánicas de aprendizaje	Mecánicas en el juego	Objetivo
Guía, instrucciones	Comportamiento y rol del jugador	Recordar
Observación, feedback	Objetos e información	Analizar
Pregunta/respuesta	Información	Comprender
Identificar, explorar o descubrir	Pregunta/respuesta	Recordar/analizar
Experimentación	Pasos	Analizar
Tareas	Progreso/respuesta	Aplicar
Repetición	Puntos (smilies)	Recordar
Reflexión/análisis	Interacciones/Feedback	Evaluar
Tutorial/Evaluación	Tutorial/Evaluación	Comprender

Por otra parte, en el proceso de diseño también hay que definir las métricas de aprendizaje o learning analytics. Es importante recoger los datos en este punto para poder hacer una evaluación interna del funcionamiento del juego (Hickmott et al., 2016) En este juego se recoge el progreso o rendimiento del estudiante a través del tiempo, número de errores y aciertos, veces que se ha repetido la actividad y nombre del experimento al que ha jugado. Esto también proporciona otra posibilidad de evaluación del alumno para el docente. Aportando flexibilidad a su actividad y que se apoye en la tecnología para desempeñar sus funciones.

Una vez hecho todo el diseño y desarrollado por el departamento de programación comienza la fase de testing de la apk. La apk se prueba para ver que los flujos son correctos y evaluar si es necesaria alguna modificación. Igualmente, se testa con niños para ver si comprenden el juego y las fases de este. Todo este proceso de diseño y desarrollo del juego se encuentra resumido en la Figura 2.

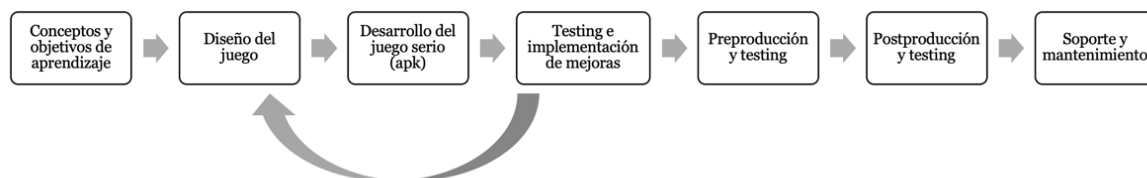


Figura 2. Resumen de las fases de trabajo del diseño y desarrollo de un juego. Adaptación de Pereira (2014).

3. Resultados del diseño del juego

Los resultados finales del diseño del juego se muestran mediante las diversas pantallas por la que transcurrirá el jugador. El flujo de las pantallas sigue el esquema de la Figura 1.

La imagen de la izquierda (Figura 3) es la primera pantalla del juego en la que se explica el concepto que vamos a trabajar. En la imagen de la derecha, se encuentra la pantalla de selección del cambio de estado que se quiera trabajar.



Figura 3. Resumen de las fases de trabajo del diseño y desarrollo de un juego. Adaptación de Pereira (2014).

En la pantalla de conceptos teóricos se encuentra la teoría que se puede consultar y trabajar antes de ir a los experimentos (Figura 4). Al pinchar en los iconos encendidos, aparecen las definiciones de los estados de la materia que vamos a trabajar y el cambio de estado implicado. En el ejemplo de la imagen, se estudiará la evaporación, que es el cambio de estado de líquido a gas. Así, se trabajarán los conocimientos que el jugador debería tener para el juego, como se propone en el estudio de Yessad et al. (2010), para ir desarrollando el pensamiento científico y el resto de los conceptos más abstractos sobre esa base de conocimiento.



Figura 4. Pantalla de conceptos teóricos.



Figura 5. Pantalla del protocolo del experimento.

A través de la pantalla del protocolo del experimento se aborda trabajar el método científico y los protocolos de trabajo que usan los investigadores (Figura 5). Antes de comenzar el experimento, se muestra esta pantalla con los pasos generales y el material que vamos a necesitar para realizar el experimento. En esta pantalla también existe la opción de evaluar lo que conocemos antes de comenzar el tema (quiz en el botón de la interrogación) y poder compararlo con otro quiz al final del experimento. Esto se ha incluido como forma de autoevaluación para los alumnos o que los docentes puedan ver el progreso de sus estudiantes.



Figura 6. Pantalla de reflexión sobre lo que tendríamos que hacer.

Antes de comenzar el experimento, se plantea una pregunta para fomentar la curiosidad y poder trabajar la metacognición de los alumnos (Figura 6). En este punto del juego, habrá que reflexionar sobre qué sucede con el calor en este cambio de estado. De este modo, hay que detenerse a pensar en el proceso que llevaremos a cabo y no solo actuar según las indicaciones. Al responder, al alumno se le proporciona un feedback adecuado a la respuesta que ha seleccionado.

A partir de esta pantalla comienza la inmersión en el juego. El niño se convierte en un científico que tiene que realizar un experimento en un laboratorio. Las acciones y planificación del trabajo se organizan en la práctica del experimento (Figura 7).



Figura 7. Pantalla del laboratorio.

Durante el experimento se trabaja la planificación y secuenciación de las instrucciones que nos va dando el juego.



Figura 8. Explicación final. ¿Qué ha pasado durante el experimento?

Al acabar el experimento se explica qué ha sucedido con las moléculas de la materia para cambiar de estado (Figura 8). Volviendo a hacer hincapié en el concepto de cambio de estado y la base teórica que del experimento que se ha realizado. Los diferentes ritmos del juego e interacciones trabajan la espera y acciones del estudiante, para hacer hincapié en que lograr el objetivo del aprendizaje requiere reflexión.

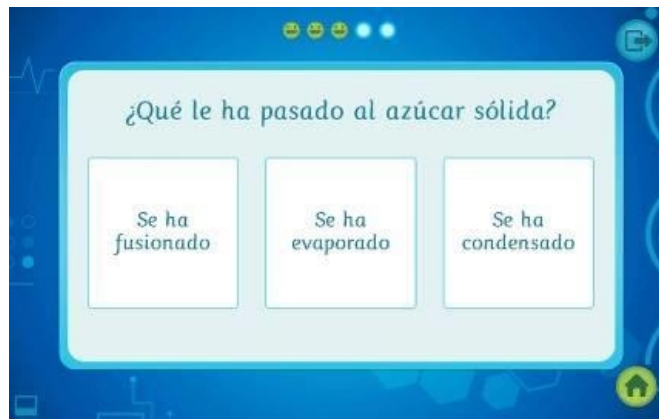


Figura 9. Pantalla del quiz.

El alumno o el profesor pueden evaluar lo que se ha aprendido tanto al inicio del experimento como al final realizando un quiz (Figura 9). Los aciertos en las respuestas envían un feedback que se corresponde con una cara verde en el marcador y sonido de acierto. Los errores se señalan con una cara roja y sonido de error. Al finalizar el quiz, se muestran los resultados obtenidos. También se da la opción de volver a trabajar sobre las preguntas erróneas o repetir el quiz completo, para ver lo que el alumno necesita seguir trabajando.

4. Discusión y conclusiones

Con este diseño se juego se ha querido acercar a los niños desde otra perspectiva el método científico a través de la explicación de los cambios de estado de la materia. Sin embargo, todavía hay que seguir investigando qué formas de desarrollar material digital son las más adecuadas o qué patrones de juego pueden ser más útiles para el aprendizaje. En este juego se han elegido aquellos elementos más representativos y acordados por el equipo para los objetivos de aprendizaje planteados, como se refleja en la *Tabla n° 1*. Posiblemente la evolución de estos juegos se encamine hacia materiales que fomenten la cooperatividad en el aula (Marne et al., 2012).

Para comprobar que el diseño del juego es el adecuado, habría que evaluar el uso en las aulas, así como el aprendizaje los alumnos con el material. Esto podría aportar más datos a los estudios de calidad del diseño de juegos serios y el impacto que tiene su uso en el aprendizaje (Mitgutsch y Alvarado, 2012). Se espera que estos resultados de motivación y aprendizaje sean coincidentes con estudios anteriores consultados en la literatura (e.g. Blumberg y Fisch, 2013; Boendermaker et al., 2017; Diamond, 2012; Pérez et al., 2018). También sería una cuestión para evaluar, qué habilidades han adquirido los estudiantes mediante el uso del juego, así como su capacidad de transferirlas a otras tareas (Hickmott et al. 2016; Lopez-Rosenfeld et al. 2013). Aunque se ha mejorado mucho en la elaboración de este material, todavía hay debate sobre cómo se transfieren las habilidades adquiridas por los juegos al mundo real. Esto se podría realizar evaluando la experiencia del usuario de forma cuantitativa y cualitativa (Rankin et al., 2008).

Del mismo modo, al ser un área interdisciplinar habría que seguir trabajando en el reto que supone la comunicación entre los diferentes equipos o personas implicadas en la elaboración de los juegos (Bellotti et al., 2011; Hickmott et al., 2016; Yessad et al., 2010). Si se trabaja en conjunto entre docentes, investigadores y empresas, se podrá lograr antes el

objetivo educativo del material que se genera para las aulas se adecúe a las necesidades de nuestros estudiantes (Marne et al., 2012).

Igualmente, este material digital podría ayudar a los docentes con las tareas más mecánicas de corrección dejando tiempo para abordar necesidades educativas individuales de los alumnos y poder acompañarlos en el aprendizaje. Esto permitiría mejorar las relaciones que puedan establecerse entre alumnos y profesores. Habría que conseguir una sinergia entre lo que el material digital puede aportar a la educación y el rol que tendrían los profesores. De ahí la importancia de considerar a los profesores en el proceso de diseño y elaboración de estos juegos (Sauvé et al., 2011). Con el soporte de los nuevos sistemas de métricas de aprendizaje se pueden ir haciendo aproximaciones para mejorar la calidad de los juegos y comprender la experiencia de usuario, así como el rendimiento (Hauge et al., 2014). De este modo, se podría lograr el objetivo de desarrollar juegos serios divertidos y pedagógicamente efectivos (Suttie et al., 2012).

Este diseño de juegos centrado en el alumno y el profesor abre la vía a otras perspectivas para continuar con la evaluación de este material desde diversos enfoques como: qué habilidades que ayudan a desarrollar, cómo mejorar los sistemas de métricas de aprendizaje, cuál es la mejor forma de incorporar este material a las aulas o qué elementos del juego favorecen más el aprendizaje.

Referencias

- Arnab, S., y Clarke, S. (2017). Towards a trans-disciplinary methodology for a game-based intervention development process. *British journal of educational technology* 48(2), 279-312. <https://doi.org/10.1111/bjet.12377>
- Arnab, S., Lim, T., Carvalho, M. B., Bellotti, F., De Freitas, S., Louchart, S., Suttie, N., Berta, R., y De Gloria, A. (2015). Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. *British Journal of Educational Technology* 46(2), 391-411. <https://doi.org/10.1111/bjet.12113>
- Bellotti, F., Ott, M., Arbab, S., Berta, R., De Freitas, S., Kiili, K. y De Gloria, A. (2011). Designing serious games for education: from pedagogical principles to game mechanism. En Gouscos, D., Meimaris, M. (Eds.), *Proceedings of the 5th European Conference on Games Based Learning* (pp. 26-34). Academic Publishing Limited. https://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/98/58/00/PDF/BELLOTTI_ET_AL.pdf
- Blumberg, F. C., y Fisch, S. M. (2013). Introduction: Digital games as a context for cognitive development, learning, and developmental research. En F. C. Blumberg y S. M. Fisch (Eds.). *Digital Games: A Context for Cognitive Development. New Directions for Child and Adolescent Development*, 139, (pp. 1-9). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/cad.20026>
- Boendermaker, W. J., Peeters, M., Prins, P. J., y Wiers, R. W. (2017). Using serious games to (re) train cognition in adolescents. En *Serious Games and Edutainment Applications* (pp. 307-321). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51645-5_14
- Cardenal, F. J. y López, V.F. (2015). Education Apps. One Step Beyond: It's Time for Something More in the Education Apps World. En Herrero Á., Baruque B., Sedano

- J., Quintián H., Corchado E. (Eds.), *International Joint Conference. Advances in Intelligent Systems and Computing* (pp. 571-581). Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-19713-5_50
- Diamond, A. (2012). Activities and programs that improve children's executive functions. *Current directions in psychological science*, 21(5), 335-341. <https://doi.org/10.1177/0963721412453722>
- Gros, B. (2007). Digital games in education: The design of games-based learning environments. *Journal of research on technology in education*, 40(1), 23-38. <https://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782494>
- Hall, J. V., Wyeth, P. A., y Johnson, D. (2014). Instructional objectives to core-gameplay: a serious game design technique. En Nacke, L.E., y Graham, N. (Eds.), *Proceedings of the first ACM SIGCHI annual symposium on Computer-human interaction in play* (pp. 121-130). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2658537.2658696>
- Hauge, J. B., Berta, R., Fiucci, G., Manjón, B. F., Padrón-Nápoles, C., Westra, W., y Nadolski, R. (2014). Implications of learning analytics for serious game design. In *14th international conference on advanced learning technologies* (pp. 230-232). IEEE. doi: 10.1109/ICALT.2014.73
- Hickmott, D., Smith, S. P., Bille, R., Burd, E., Stephens, L., y Southgate, E. (2016). Building apostrophe power: lessons learnt for serious games development. En 16th *Proceedings of the Australasian Computer Science Week Multiconference* (pp. 1-10). Association for Computing Machinery. <http://dx.doi.org/10.1145/2843043.2843475>
- Lim, T., Carvalho, M.B., Bellotti, F., Arnab, S., De Freitas, S., Louchart, S., Suttie, N., Berta, R., y De Gloria, A. (2015). The lm-gm framework for serious games analysis. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.678.6172&rep=rep1&type=pdf>
- Lopez-Rosenfeld, M., Goldin, A. P., Lipina, S., Sigman, M., y Slezak, D. F. (2013). Mate Marote: A flexible automated framework for large-scale educational interventions. *Computers and Education*, 68, 307-313. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.05.018>
- Marne, B., Wisdom, J., Huynh-Kim-Bang, B., y Labat, J. M. (2012). The six facets of serious game design: a methodology enhanced by our design pattern library. En Ravenscroft A., Lindstaedt S., Kloos C.D., Hernández-Leo D. (Eds.) *21st Century Learning for 21st Century Skills, European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 208-221). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33263-0_17
- Mateos, M. J., Muñoz-Merino, P. J., Kloos, C. D., Hernández-Leo, D., y Redondo-Martínez, D. (2016). Design and evaluation of a computer based game for education. In *2016 IEEE Frontiers in Education Conference* (pp. 1-8). IEEE. doi: 10.1109/FIE.2016.7757356

- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, (pp. 31-48). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.004>
- Mitgutsch, K., y Alvarado, N. (2012). Purposeful by design?: a serious game design assessment framework. En Seif El-Nasr, M., Consalvo, M., y Feiner, S. (Eds.), *12th Proceedings of the International Conference on the Foundations of Digital Games* (pp. 121-128). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2282338.2282364>
- Patino, A., Romero, M., y Proulx, J. N. (2016). Analysis of Game and Learning Mechanics according to the Learning Theories. En *8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)* (pp. 1-4). IEEE. doi: 10.1109/VS-GAMES.2016.7590337
- Pereira, A. M. M. (2014). El proceso productivo del videojuego: fases de producción. *Historia y Comunicación Social*, 19, 791-805. <http://revistas.ucm.es/index.php/HICS/article/view/45178>
- Pérez, M. D. M., Duque, A. G., y Garcia, L. F. (2018). Game-based learning: Increasing the logical-mathematical, naturalistic, and linguistic learning levels of primary school students. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 7(1), 31-39. doi: 10.7821/ear.2018.1.248
- Rankin, Y. A., McNeal, M., Shute, M. W., y Gooch, B. (2008). User centered game design: evaluating massive multiplayer online role playing games for second language acquisition. En Schwartz, D., Schrier, K., Swain, C. y Wagner, M. (Eds.), *8th Proceedings of the 2008 ACM SIGGRAPH symposium on Video games* (pp. 43-49). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/1401843.1401851>
- Richter, G., Raban, D. R., y Rafaeli, S. (2015). Studying gamification: the effect of rewards and incentives on motivation. En Reiners T., Wood L. (eds) *Gamification in Education and Business*, (pp. 21-46). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10208-5_2
- Sajjadi, P., Vlieghe, J., y De Troyer, O. (2016). Evidence-based mapping between the theory of multiple intelligences and game mechanics for the purpose of player-centered serious game design. En *8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)* (pp. 1-8). IEEE. doi: 10.1109/VS-GAMES.2016.7590348
- Sauvé, L., Sénécal, S., Kaufman, D., Renaud, L. y Leclerc, J. (2011). The design of generic serious game shell. En *International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training* (pp. 1-5). IEEE. doi: 10.1109/ITHET.2011.6018675
- Slussareff M., Braad E., Wilkinson P. y Strååt B. (2016) Games for Learning. En Dörner R., Göbel S., Kickmeier-Rust M., Masuch M., Zweig K. (Eds.) *Entertainment Computing and Serious Games. Lecture Notes in Computer Science*, 9970. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46152-6_9

- Suttie, N., Louchart, S., Lim, T., Macvean, A., Westera, W., Brown, D. y Djaouti, D. (2012). Introducing the “serious games mechanics” a theoretical framework to analyse relationships between “game” and “pedagogical aspects” of serious games. *Procedia Computer Science*, 15, 314-315. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2012.10.091>
- Yessad, A., Labat, JM. y Kermorvant, F. (2010). Segae: A serious game authoring environment. En *10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 538-540). IEEE. doi: 10.1109 / ICALT.2010.153

Apartado 4.2. Juegos más usados y sus características

Abstract

The use of serious games keeps growing as well as the number of companies that develop this kind of content. Because of the amount of created serious games, education experts needed to question how this material can help students to learn. In addition, it would be helpful to know in what way serious games are more useful to motivate students to learn and help them to develop their skills. The present study introduces an analysis from the pedagogical approach, regarding 20 popular games in an educational learning platform (Smile and Learn). First, we use frameworks to analyze if pedagogical objectives are followed. Secondly, we evaluate whether or games are useful in developing student skills. These objectives are pursued to establish a connection between learning and game mechanics as indicated in the LM-GM (learning mechanics-game mechanics) framework.

Thanks to this study new directions and ways to develop games learning for children can be established. In the top 20 most played games in the platform, it is to be pointed out that interactive and social parts are the main common features. In order to provide future instructions in game development in accordance with our results, it is recommended to develop more management simulation games to support learning, even though difficulties are bound to arise while developing them.

Keywords: Serious games, game-based learning, educational technology, game design, children, human computer interaction, user experience research.

1. Context

Smile and Learn is an intelligent platform in the field of educational technology that develops digital material such as videos, games, quizzes and tales (Figure 1), for children aged 3-12 years. These activities are arranged into “Worlds” following the principles of Gardner’s theory of multiple intelligences: Science, Spatial, Logic, Emotions, Arts, Literary, Multiplayer and an additional world, named after the user and where he can build virtual cities. This user’s world is linked to the platform’s reward system where children can spend the tokens they earned (“Smilies” or “gems”) while performing tasks in the platform activities. Other characteristics are, that it is multi-device and available for different operating systems (Windows, Android and iOS). Also, activity contents have been translated in five languages (Spanish, English, French, Italian and Portuguese). As a result, these games can be used by teachers in their lessons under several teaching methods (Choppin y Borys, 2017). Moreover, most of the activities were drawn from international curricular contents based on global elementary education standards or cognitive skills acquisition, that can help students perform better in their grades (Baptista et al., 2015; Bellotti et al., 2011).

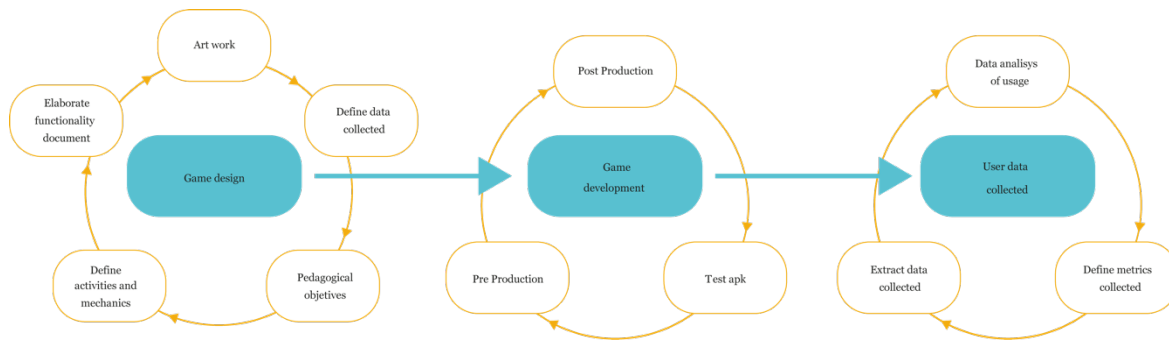


Figure 1. Game design outline and development process as well as a collection of user data analysis.

2. Targeted issue

At first, some of the implementation limitations of digital material in schools can be the lack of funds or devices as well as challenges that teachers need to face to use this material to support their lessons (Choppin y Borys, 2017). In some cases, these issues arise because teachers need more training, but sometimes issues are due to the lack of information or because games do not follow a structure or pedagogical goals to help teachers evaluate their students (Bellotti et al., 2011). In order to give an answer to the second issue, we proposed this study to provide information on the most engaging games for children at school. This analysis also aims to connect learning and pedagogical objectives with the use of games in class as a support teaching material.

Secondly, no concrete framework has been defined in the designing and development of games with educational purposes. The literature review shows some examples of frameworks about how to define and do game evaluation (e.g. Baptista et al., 2015; Arnab et al., 2015; Bellotti et al., 2011). Most of these frameworks come close to giving practical answers to the game designing problematics. However, it is not always taken into account how these frameworks would apply to the day-to-day company operations, given the large number of professional profiles involved.

3. Proposed solution

This study main goal is to say which activities are the most played and give their main characteristics. This study assesses the top 20 educational games most used from children aged 3-12 years. The data collection on most used games consists of the number of activities done and time of use in minutes. The period of use goes from July, 1, 2019 to January, 1, 2020.

This base could help in the field of game design and frameworks to know more about games and learning mechanics (GM-LM) specialized in educational activities of several areas of knowledge (Arnab et al., 2015; Bellotti et al., 2011). By analyzing the Smile and Learn platform and the use of these frameworks, we have established a basis to start using the latter in game design company models. Thereby, we can look into game design to see whether the most played games follow a structure or belong to a concrete game category or genre. Thanks to this analysis of the most used games in the Smile and Learn platform, it is expected to provide guidelines to make those games more engaging for children. Also, the game evaluation and description could help teachers to implement them in their lessons and guide them to include the pedagogical objectives to evaluate student progress (Baptista et al., 2015; Bellotti et al., 2011).

4. Relevant innovation

Based on this study new directions and ways to develop games for children learning can be established. Meanwhile, rewards featured in the platform, that work as a link between different Worlds activities, can be used by teachers to assess students. Another way to use games is to promote intrinsic motivation by goal-achieving tasks in the platform, as digital material as games are used within the scope of other teaching methods. This will give teachers the chance to implement games freely in their lessons.

Another point, is how to link framework theory or guidelines designing with company practices. Also, this area combines multidisciplinary areas with different ways of communication and skills that need to be joined. To put into practice and evaluate whether pedagogical objectives are followed or games are useful in developing student skills, a connection has been established between learning and game mechanics as indicated in the LM-GM framework.

5. Project outcomes & results

The average duration per activity in minutes (Figure 2) is: Experiments, 6.15; Chess, 9.12; Urban City, 6.12; Fantasy Village, 7.26; Smoothie, 6.04; Mandala, 7.06; Sweets, 7.11; Memory, 7.15; Fashion, 6.29; Colours, 7.05; Italian Cuisine, 7.37; Connect, 9.28; Art Gallery, 7.49; Tangram, 8.20; Trivial, 10.06; Mazes, 8.36; Reflexes, 8.21; US Cuisine, 7.06; Checkers, 10.14; Green City, 7.40.

What stands out is the use of games in the Science, Spatial, Logic, Emotions, Artistic, Literary, Multiplayer and the user's world where they can build cities (e.g. Urban City or Fantasy Village). Following genre categorizing according to Baptista et al. (2015) these 20 games can be classified as:

- puzzles, where we can find traditional games like chess, trivial, connect, checkers, ...
- mix of puzzles and quizzes, games as experiments, all cooking games and Arts games.
- management simulation, where we can find games as Green City, Fantasy Village, Urban City.

If we use the LM-GM framework (Arnab et al., 2015) for all 20 games we can observe that Game Mechanics (GM) more used are: guidance, tokens, resource management, action points, movement, assessment and rewards. If we related GM to Learning Mechanics (LM) we found that the most used are: feedback, plan, experimentation, repetition, simulation, assessment, motivation. Pedagogical goals featured in thinking skills are: retention, understanding, applying, analyzing and evaluating.

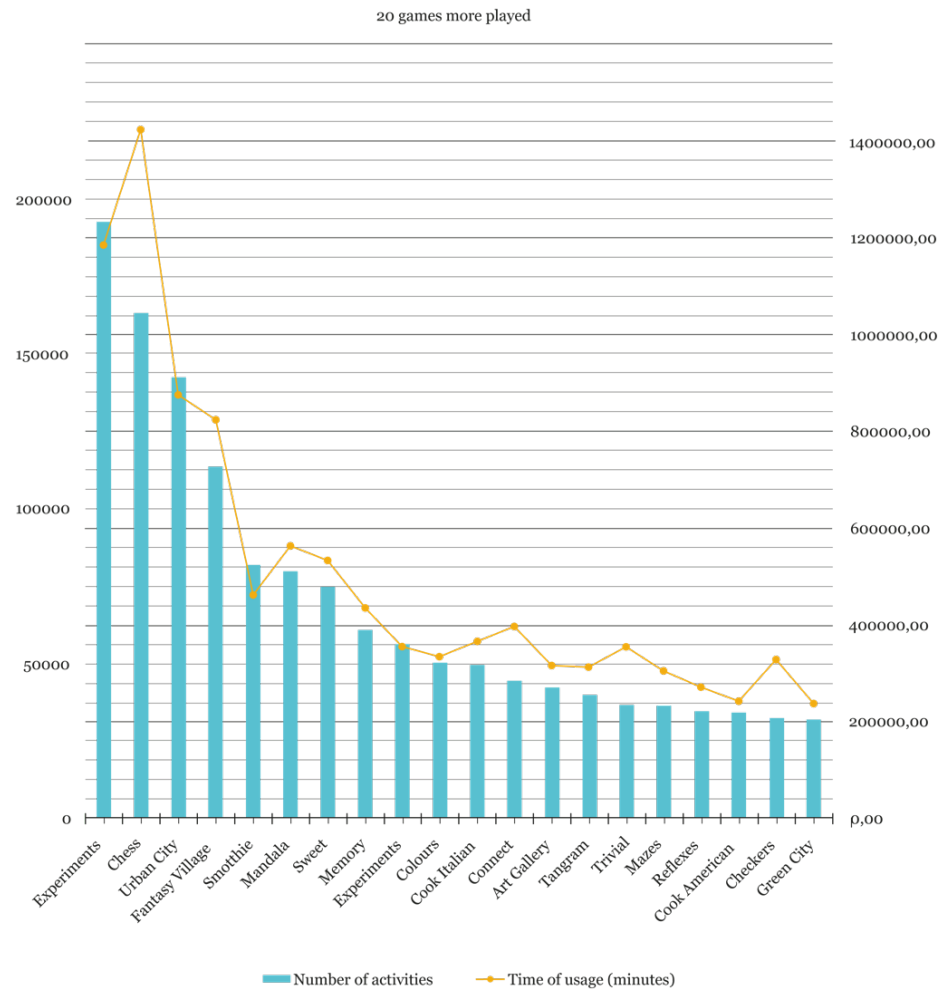


Figure 2. Number of activities and usage time regarding the 20 most played games.

6. Conclusion

In the top 20 most played games in the platform, we must point out that interactive and social parts are the main common features. Most of these games can be played against the machine, in pairs or groups. According to Baptista et al. (2015), these 20 games may help to boost performance operating skills, decision making, problem solving, technical skills, organization, among others.

7. Perspectives & Needs

- Combination of different genres, mechanics and social interactions may have a high impact in learning and skills acquisition.
- It is necessary to define how game evaluation can be done and keep doing research related to the assessment of the learning process through games in order to help teachers.
- Training and guides for teachers are needed.
- Figure out and implement more ways of evaluating different games. For example, “escape rooms” that just can be played once.

References

- Arnab, S., Lim, T., Carvalho, M. B., Bellotti, F., De Freitas, S., Louchart, S., Suttie, N., Berta, R., & De Gloria, A. (2015). Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. *British Journal of Educational Technology* 46(2), 391-411. <https://doi.org/10.1111/bjet.12113>
- Baptista, R., Coelho, A., & de Carvalho, C. V. (2015). Relationship between game categories and skills development: Contributions for serious game design. In Munkvold, R., & Kolas, L. (Eds.), *Proceedings of the 9th European Conference on Game Based Learning 1*, (pp. 34-42). Academic Conferences International Limited. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=XQloCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA34&dq=Baptista,+R.%3B+Coelho,+A.%3B+de+Carvalho,+C.+V.+Relationship+between+game+categories+and+skills+development:+Contributions+for+serious+game+design.+In+ECGBL+9th,+2015&ots=GZm4XkQrio&sig=u_WiyEKj9PfmHsZaI5GPowmUsZI#v=onepage&q&f=false
- Bellotti, F., Ott, M., Arbab, S., Berta, R., De Freitas, S., Kiili, K. y De Gloria, A. (2011). Designing serious games for education: from pedagogical principles to game mechanism. En Gouscos, D., Meimaris, M. (Eds.), *Proceedings of the 5th European Conference on Games Based Learning* (pp. 26-34). Academic Publishing Limited. https://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/98/58/00/PDF/BELLOTTI_ET_AL.pdf
- Choppin, J. & Borys, Z. (2017). Trends in the design, development, and use of digital curriculum materials. *ZDM Mathematics Education*, 49(5), 663-674. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0860-x>

5 | An Exploratory Analysis of the Implementation and Use of an Intelligent Platform for Learning in Primary Education

Este capítulo se basa en el artículo III:

Lara Nieto-Márquez, N.; Baldominos, A.; Cardeña Martínez, A. y Pérez Nieto, M.Á. (2020).
An Exploratory Analysis of the Implementation and Use of an Intelligent Platform for
Learning in Primary Education.
<https://doi.org/10.3390/app10030983>

CAPÍTULO 5

An Exploratory Analysis of the Implementation and Use of an Intelligent Platform for Learning in Primary Education

Abstract

Smile and Learn is an intelligent platform with more than 4500 educational activities for children aged 3–12. The digital material developed covers all courses of primary education and most of the subjects with the different topic-related worlds with activities in the field of logics and mathematics, science, linguistics and tales, visual-spatial and cognitive skills, emotional intelligence, arts, and multiplayer games. This kind of material supports active learning and new pedagogical models for teachers to use in their lessons. The purpose of this paper is to explore the usage of the platform in three pilot groups schools from different regions of Spain, outlining future directions in the design of such digital materials. Usage is assessed via descriptive analysis and variance analysis, with data collected from users interacting with the intelligent platform. The results show a high use of STEM (Science, Technology, Engineering and Maths) activities among all the activities that could be chosen. Cross-curricular activities are also used. Continuation in the development of such materials is concluded necessary, focusing integration of different fields, accentuating games over quizzes, and the value of teacher training for improving their use in schools.

Keywords: educational data, digital material, intelligent platform, primary education, educational technologies, User Experience Research (UXR)

1. Introduction and Background

The use of digital materials and electronic devices has boomed since their emergence, and has influenced how humans interact with the world (Chaw y Tang, 2018). Implementation of digital material in schools has increased due to the large number of devices available: digital whiteboards, tablets, mobile phones, computers (Liu et al., 2014.; Luo & Yang, 2016; McKnight et al., 2016). This led some schools to allocate funds to replace textbooks with electronic devices implementing a “one to one” model. In this model, each student is provided with an electronic device to work with in class (Chou et al., 2012; Imbraile et al., 2017). In many centers there is some sort of technology to support student learning, nonetheless there are still limitations in many of them that do not have the required resources for a full digitalization. Another model followed by certain schools is called “Bring your own device” (BYOD), in which families are responsible for providing the device to the student and taking it to the school to be able to use it in the classroom (Hopkins et al., 2017; McLean, 2016). These models are similar in that each student has their individual device. Conversely, there are models involving shared devices. Many schools or families cannot afford the models discussed above and have a computer or tablet room for one or two classes that rotate through the school. Another example is the case of digital whiteboards. These shows that, being wide interactive elements, they allow teamwork and generalized use in the classroom when individual devices are not available (Luo & Yang, 2016). This may introduce a limitation for measuring time of use or digital resources implementation in the classroom, even when teacher training and motivation are favorable. Other factors that constrain their implementation and use in the

classroom include overloaded curricula, lack of training, tight class schedules and lack of time, need for qualified technical support, and limited budgets (Baek, 2008; Choppin & Borys, 2017).

In a similar fashion, particularly a few years ago, a limitation in this type of educational models was the lack of material to use in the classroom (Baek, 2008). Improvement at this point has led to an increase of educational companies developing digital material for learning (Chaw & Tang, 2018). Thus, various types of materials and platforms can be found nowadays, such as Learning Management Systems (LMS) platforms, apps, online activities, digital serious games, educational videos, etc. (Chaw & Tang, 2018; Goldin et al., 2014; Lin et al., 2017; Zhang et al., 2006.). In this way, it is intended to generate active learning environments for students by making such environments interactive (Chauhan, 2017).

Thus, different digital materials supporting teachers' work can be found. In a broad sense, these materials can be divided into two categories. First, we could find platforms without educational content structured for uploading said material, selected by the teacher, and managing the class. This category includes management platforms or systems, such as Learning Management Systems (LMS) (Chaw & Tang, 2018; Lin et al., 2017). In the second category, digital activities developed for educational purposes can be gathered. In some cases, this content can form a learning platform itself. Here we could find games, videos, and online activities (Goldin et al., 2014; Zhang et al., 2006; Zhao et al., 2018). These new materials seek to increase long-term retention skills to achieve meaningful learning and the development of the skills that can be transferred to further tasks (Erhel & Jamet, 2013; Martin, 2018).

The present study introduces an exploratory analysis on the usage of Smile and Learn's educational platform after the first year of implementation within primary schools in three pilot groups. Smile and Learn is an intelligent platform in the field of educational technology that develops material for children aged 3–12. Under certain agreements among Smile and Learn and some regions in Spain, this material is being implemented at several public schools that collaborate with the research project. The general motivation of this study is, on the one hand, to analyze and describe the usage of the platform's activities after the implementation of the material in the classrooms. On the other hand, other motivation is to contrast whether there are differences in use among the schools of the different regions studied and at their different moments of implementation.

This analysis pursues to answer the following research questions: Which 'worlds' (topic-related ambiances in the app) and 'activities' (main element of the platform) are the most used items by teachers? Are 'games' more used than 'quizzes' (two main types of activity) in the classroom? Is there any difference in use between 'courses' and 'pilots' (two manners of launching activities)? Is there a relation between the amount of material developed for each cycle and the usage of students in such cycle? Finally, has the implementation of digital material been adequate in the classroom?

In this way, the study intends to analyze altogether which kind of activities can be more useful for teachers as all their subjects are incorporated in a single platform which offers digital materials in different formats. So far, there are studies evaluating materials in the classroom for specific areas or topics (Bogusevski et al., 2019; Goldin et al., 2014; Pepin et al., 2017; Zhao et al., 2018). With this educational platform, the possibility of using different types of materials that cover the entire primary school curriculum to test which ones are most useful is incorporated. In this sense, those most widely used activities can guide future design lines

for these materials. Likewise, this allows to focus attention on which areas of knowledge rely more on technology, when there is homogeneity between the different locations and temporality of implementation.

The remainder of this document is structured as follows: A contextualization of previous research in the area of digital materials usage at schools is located in Section 1. Section 2 offers the description of the platform and the digital material used in the study. Materials and methods are described in Section 3 and are immediately followed by the exposition of results in Section 4, where the two primary school educational cycles and special needs groups of children are analyzed in order to better answer the previous research questions. Statistical analyses are then discussed in Section 5 with limitations found during the analysis. Concluding remarks are provided in Section 6, along with potential future lines of work.

1.1. Related Work

The digital contents developed tend to afford higher interaction with the user as they are based on games or online activities that allow their constant repetition (Bellotti et al., 2011; Ke, 2008). Thus, activities can be repeated until the learning objectives are achieved (Blumberg & Fisch, 2013). On the other hand, the use of technological resources in classrooms also favors student engagement towards the tasks to be performed (Bogusevschi et al., 2019; Diamond, 2012; Martin, 2018). This combination supports an important factor in learning and motivation. This factor is important for the achievement of academic goals by promoting the predisposition to learning and studying (González-Pienda, 2003; Lin et al., 2017). It also influences the performance of certain types of tasks, persistence and acquisition of knowledge that can be transferred to other activities (Bahri & Corebima, 2015). Some studies suggest that using digital materials at class can help students in developing their motivation and attention while they connected with learning goals and achievements (Hirsh-Pasek et al., 2015; Martin, 2018; Mateos et al., 2016). It can also help in building and practicing new knowledge, supporting cooperation in the classroom, further on developing more solid cognitive skills (Huffaker & Calvert, 2003; Luo & Yang, 2016; Uluyol & Şahin, 2016). These contents help to enhance active learning by working with interactive practices (Bikowski & Casal, 2018; Luo y Yang, 2016), along with additional features, such as customization possibilities, that adapt the platform's usability to the needs of the students (Bikowski & Casal, 2018; Choppin & Borys, 2017). Digital materials aim to help learning self-regulation as well via delivering continuous feedback and offering the possibility of repeating activities as many times as required by the student to improve performance (Huffaker & Calvert, 2003; Ke, 2008).

Thus, by using these resources students can improve their visuospatial skills, problem solving, organization, reasoning, planning, processing speed, etc., while acquiring knowledge of the subjects (Baptista et al., 2015; Blumberg & Fisch, 2013; Diamond, 2012; Mateos et al., 2016). These skills need to be worked in the classroom to achieve competence development, necessary for academic and work life (Sligte, 2019). Similarly, digital materials can help teachers to incorporate active learning in the classroom, provoking interest in their students and motivating them towards a better learning. This type of digital materials would support various teaching methodologies such as Flipped Classroom (Sohrabi & Iraj, 2016), CLIL (Content and Language Integrated Learning) (Szabó & Lipóczi, 2015) and project learning (Martin, 2018; Sligte, 2019). In this last point, they can provide support as complementary material for classroom work or information consultation. Other forms of classroom implementation would come with activities to practice acquired knowledge, reinforcement

activities, review or homework and teaching assistance for explanations in the classroom (Lin et al., 2017; Martin, 2018).

On another note, the actual use of digital material by teachers mostly depends on their perception of personal comfortability and skillfulness with technology. Other factors include their knowledge about the devices and their different contents, as well as their professional abilities when integrating these into teaching programmes (Kreijns et al., 2013). In addition to training, another factor constraining implementation is the attitude that teachers express towards these materials (Kreijns et al., 2013; Luo & Yang, 2016). Bigger skills in handling them relate to more positive attitudes towards the use of digital material. This conclusion underscores the importance of teacher training in the curricular adaptation of these resources (Arnab & Clarke, 2017; Kreijns et al., 2013). Teachers also play an essential role in making the usage effective through their commitment to integrate technology into the teaching process (Arnab & Clarke, 2017). Therefore, the use of digital material increases in teachers that feel motivated to learn about it and use it (Uluyol & Şahin, 2016). Although students are digital natives, it is critical for achieving educational goals that teachers emphasize the point of using such devices is to serve as tools for work, not recreation (Bekker et al., 2015; Bikowski & Casal, 2018). In that sense, knowing how to properly use digital resources can lead to support meaningful learning in the classroom (Chaw & Tang, 2018), not leaving apart the central fact that learning consists of many more variables, such as social interaction and cooperation, needed to be trained along too (McKnight et al., 2016).

Another factor to highlight is the design of the material. A better design, accessible to diversity and consistent, will increase the amount of teachers and students using it (Luo & Yang, 2016). Designing digital educational material is a multidisciplinary field in which pedagogical, computer engineering and psychological profiles get involved with game designers in a common task (Arnab & Clarke, 2017; Choppin & Borys, 2017). Although certain frameworks have been developed, attempting to cover both pedagogical and software bases for the design of digital educational material, there are still discrepancies and variables to incorporate in order to achieve the goals of empowering students' learning and skills development (Arnab & Clarke, 2017; Bellotti et al., 2011; Lim et al., 2015).

Pedagogical models or frameworks for content development are diverse. They range from those that seek to relate game mechanics, incorporated in many of these activities, with learning (Bellotti et al., 2011; Lim et al., 2015). Others show materials that focus design from pedagogical theories for learning, as the cognitive theory of multimedia learning (Mayer, 2005), other cognitive or constructivist theories (Arnab & Clarke, 2017; Lim et al., 2015; Mateos et al., 2016), and models for materials based on multiple intelligences (Pérez et al., 2018; Sajjadi et al., 2016). Interactions made via electronic devices can improve and support better learning, should an effective and consistent design be developed among the various disciplines involved (Arnab & Clarke, 2017). There is still no guide that defines unitary designs or how to evaluate these materials. This is perhaps due to the diversity of variables involved in these processes: educational areas, age ranges, amount of teachers, types of interaction.

This entire scenario has led to a booming growth of scientific studies in the area of educational technology (Liu et al., 2014). Researchers detach different studies on the use of technology in scientific areas (Chen et al., 2019; Selwyn & Cooper, 2015), mathematics (Fokides, 2018; Pepin et al., 2017), literature (Bekker et al., 2015; Bikowski & Casal, 2018), and language learning (Dooly & Masats, 2015) among others. In this sense, contemporary

investigation has served to clarify that technology can actually help learning in elementary students (Chauhan, 2017). In relation to the studies according to the types of materials implemented in the classroom we can find examples of various investigations on the use of videos (Zhang et al., 2006), online activities thus requiring Internet connection (Šimandl & Novotný, 2017), and other computer activities (Goldin et al., 2014; Mateos et al., 2016; Santiago et al., 2009). Current studies reach Learning Management Systems (LMS) (Chaw y Tang, 2018; Sligte, 2019) or digital materials and learning platforms with more complex development mechanics (Bogusevski et al., 2019; Herder et al., 2018).

As a final point, it is worth noting the improvement of these materials in recent years with the help of Artificial Intelligence (AI), and by the incorporation of learning analytics systems (Chassignol et al., 2018; Herder et al., 2018; Wang et al., 2018). This helps to specify the most relevant variables for designing digital educational material, as well as for its curricular evaluation, and its functional assessment. Their presence in platforms can help in the progress and orientation of the contents developed by monitoring activities and performance (Martin et al., 2016). However, the limitations and controversies of generalizing and standardizing the variables required for the evaluation of learning are high and must be considered carefully, as well as the interpretations extracted from the results, rooted within the data collected by such intelligent platforms (Wilson et al., 2017).

Data gathered by digital materials when incorporating these systems are useful for both the personalization of student learning, and the guidance and evaluation (Imbraile et al., 2017). Such evaluation of the students' performance serves as advice and support for the teacher, while facilitating the work of monitoring the students in their accomplishment of tasks (Choppin & Borys, 2017). In such a manner, educators can regulate students' learning individually and according to specific needs. Likewise, a last benefit of using intelligent platforms comes with these undertaking many automatic tasks that rest teachers time of actual dedication to the student (Herder et al., 2018; Uluyol & Şahin, 2016).

2. Description of Smile and Learn Platform

Smile and Learn is a multidevice platform: the products created can be used in digital blackboards, computers, tablets or mobile phones, available for the most common operating systems (Windows, Android, iOS, Linux). As a result, new educational material can be used by educators under different teaching methods in their lessons, helping implementation of technology at schools (information for accessing the platform is provided in Supplementary materials).

Inside the platform, as of December 2019, there are more than 4500 activities to be selected, classified among 'games', 'quizzes', 'tales', 'videos' and 'theory'. Activities are grouped according to Gardner's theory of multiple intelligences (Gardner, 1983). Following this structure on the main menu, eight topic-related worlds can be found, named as (Figure 1):



Figure 1. Screenshot of the main screen of the Smile and Learn app, showing the different worlds that can be selected, the amount of tokens ‘smileys’ and ‘gems’ earned, as well as recommendations, most played games, favorites, and homework notebook. This panel includes a language selector, an avatar picture and the level achieved.

- Science: includes activities in the field of science, to work scientific methods and concepts.
- Spatial: includes activities working visual–spatial skills and cognitive–spatial skills.
- Logic: activities work logico-mathematical skills and others related with said field of knowledge.
- Literacy: contains activities as interactive tales, vocabulary, word games, etc., that work verbal-linguistic skills.
- Emotions: involves activities to develop emotional and intrapersonal skills.
- Arts: artistic activities such as painting, music, playing instruments.
- Multiplayer: includes games against the machine or classmates.
- An additional world named after the user, where the student can build two virtual villages and manage the resources earned by the activities done.

The platform includes some game elements that teachers can use in class if they want to introduce gamification patterns for their lessons. Each time users complete an activity, they earn the completion-token ‘smileys’, which are going to help them to progress and increase their level leading to getting a resource-token called ‘gems’, which can be used to buy clothes, buildings, personalize the user’s house at the virtual village, etc.

In addition, activity contents have been translated into five languages (Spanish, English, French, Italian and Portuguese). Translations are done by bilingual profiles of each language to adapt the content for learning in each language. Moreover, most of the activities draw from international curricular contents based on global elementary education standards or cognitive skills acquisition, that can help students perform better in their grades.

One of the aims of Smile and Learn is to support teachers in their work (Herder et al., 2018). Following that purpose, the team includes new activities each month through the platform increasing the provision of materials. Moreover, the educational department elaborates didactic guides for each activity to show teachers significative pedagogical goals and how those can be fulfilled in the class. Catalogues of educational contents are also made by the

educational department in order to facilitate the selection of contents (catalogues are provided as supplementary materials), where we can find 117 apps with activities that include in-class topics, 92 video activities offered for children aged 3–6; 132 apps and 105 videos for 7–8; 100 apps and 81 videos for 9–10; and 76 apps and 61 videos for 11–12.

Every time an activity is accessed by a student, duration and specific additional feedback about their performance is recorded at the learning analytics system. Those data allow the company to analyze the interaction of a particular child over time, study general behavior patterns and design a more personalized experience (legal terms are included in the Ethical statements). The learning analytics system shows these data to teachers to be used as evaluation factors, should it be required. In addition, the content, personal profile, passwords, group customization... can be managed by teachers on the website (Figure 2).



Figure 2. Screenshot of the platform showing management resources for a group of children. Multiple options are given, as seeing the progress and usage time per activity, personalizing profiles, organizing the activities that must be done, adding passwords, and so forth.

Likewise, the platform has an activity recommendation system based on artificial intelligence. By the activities recommender, on the initial screen the child is shown exercises that can improve their progress, and activities that other children, similar to their profile, have played. Information about the model of Smile and Learn’s platform recommender can be found in Baldominos and Quintana (2019).

2. Materials and Methods

3.1. Participants and Cohorts

To analyze the platform’s implementation at schools, data were collected from three pilot groups in regard to their first year of use. Groups belong to different regions from the Spanish territory. Smile and Learn has signed agreements with various regions of Spain to implement digital material in schools with electronic devices. These schools are selected by said regions, or through registration processes regulated by the educational delegations in charge. A common characteristic of these schools is that they are public schools. With the bilingual model (Spanish and English) this material helps to have bilingual content to use. With the same idea, the implementation of the digital material agreement established that this material provided to schools is free and complemented with teachers training by the education

team. In so doing, these schools have free access to all the content and functionalities of the educational intelligent platform.

In the case of this study, the pilots analyzed in their first year of implementation in public schools have Spanish as their official language, without a second official language in these regions. Therefore, the use of the implemented digital material has been carried out mainly in Spanish, with the exceptions of classes in the bilingual plans (which also used English), and the subject English.

The two following criteria were established in order to build the working database for admissions into groups, in the aim of avoiding noise for further analyses. (1) The first criterion attunes inclusion parameters, assigning the platform to be used in schools for primary education and excluding those with children aged 3–6—this criterion was set to facilitate the comparison between curricular contents and the catalogue of educational contents elaborated for the platform. (2) The second criterion helps database systematization, disposing all the groups to include the name of the class (e.g., ‘1C’) and the age of its students, excluding random names or nicknames for the classes. The selection of these groups is related as follows: first grade (aged 6–7), second grade (7–8), third grade (8–9), fourth grade (9–10), fifth grade (10–11), and sixth grade (11–12). Those groups can be organized as 1st Cycle (groups 1st, 2nd, and 3rd) or 2nd Cycle (groups 4th, 5th, and 6th) of primary education. Groups working with children with special needs were classified as Special Needs group properly.

Regarding cohorts, this study analyzes the use of the platform in three pilot groups composed by public schools from different locations where the implementation was done in different moments of the academic course 2018–2019. (1) The first group covers 49 schools, with 238 classes (18 with special needs; 134 of 1st Cycle; 86 of 2nd Cycle). The training period for this group was from January to February of 2018, and the timeframe selected for assessing implementation and usage was between March of 2018 and June of 2019. (2) The second group is composed by 29 schools with 251 classes (16 classified with special needs; 117 of 1st Cycle; 118 of 2nd Cycle). The training period in this region was from May to June 2018, and the timeframe of usage spans from September of 2018 to June of 2019. (3) The third pilot group has 26 schools with 122 classes (9 with special needs; 60 of 1st Cycle; 53 of 2nd Cycle). The training was scheduled in October of 2018, with a timeframe of usage from November of 2018 to June of 2019.

Smile and Learn’s platform was used to collect this information from users via a learning analytics system. In order to examine user data, the following variables were set: ‘time of usage’ (in seconds) addressing each type of intelligence, ‘number of activities’ for each type of intelligence, and the ‘score’ obtained (average shown as a percentage) from the activities listed as game and quiz during the platform’s usage period.

3.2. Pilots Training and in-Classroom Experience

Before implementation, a two-step preliminary plan was developed for training teachers and the executive board of each school. This training consists in introducing the methodology and usage know-how of the Smile and Learn’s platform.

The first step addressed a general training period, coordinated by the government of the involved Spanish regions, together with the educational team. This training consists in explaining the implementation and technical characteristics, how to download the platform,

or how to work with the school's free user. Additionally, they were exposed the platform's management and the methodologies they were able to apply should they wanted to continue with the project further on. The use format in these schools came through a 'superuser' for the school, that managed the different classes and users, and that was able to create unlimited profiles. Each teacher also had a free access account to all the content in order to manage their students and see their progress.

The second step addressed a more specific training for each collaborating school, allocated in the different provinces within the participating regions of the country. These partnered with the team in the agreement for explaining all the resources needed and detailing how to manage the platform's activities. For that training, members from Smile and Learn's educational team were prepared for explaining and resolving any questions that may appear, creating the lists of users for each school, and for sharing the material content, the catalogues of contents and tutorial videos supplementing the training process. During the entire academic year technical support was provided to any teachers that required so. Likewise, didactic guides offered examples of methodologies to apply in class, explaining several ways for accommodating content and complementary activities through the platform.

As a result, these games can be used by teachers in their lessons under several teaching methods. For example, as the platform is developed in five languages by natives, it can be used for CLIL methodology (Szabó & Lipóczy, 2015). Activities like 'Experiments' can be worked at classroom to learn expressions and verbal tenses used for researching goals within thought experiments. Meanwhile, students will also be learning scientific concepts. As an example of a Flipped Classroom (Sohrabi & Iraj, 2016), teachers can schedule home readings of the tales incorporated in the 'Literacy' world of activities, to be worked at class the next day by a discussion, a topic presentation, some group activities, etc. As a different example, if teachers want to develop an environmental project by groups, they can use activities like 'Green City' (a game in which children need to save a polluted city) and 'Recycle' (to learn how to separate waste). The possibility of having more than 4500 activities, with combined methodologies, gives a wide range of opportunities to adapt and support teachers' lessons with active learning.

3.3. Data Acquisition

Smile and Learn records data resulting from the interaction of the children with the platform. The regulation of the data and the Smile and Learn's agreement allows the usage of information anonymously for research projects. Third-party distribution for commercialization or other purposes is not allowed. This regulation is included in the legal terms accepted when entering the platform according to Article 13 of the EU 2016/679 Law (this information is expanded in the Ethical statements section). These data comprise two different dimensions: app usage and feedback from the activities. In the case of app usage, every time that a child opens an app, a session is started. This session finishes when the child closes the app, then the total usage time and closing timestamp are recorded in the database. In the case of feedback recording, ad-hoc data are gathered for each different app, describing the child's performance per activity. A common framework is shared among most of them: common information includes the type of activity (theory, quiz, game, etc.) and performance scores (which consists on hits/mistakes in the case of quizzes or some games, but may appear different in other apps).

Such data are recorded in real time while children are using the platform. The mobile app calls API endpoints, where the information to be recorded is bundled inside the request. In the case that the device appears disconnected from the Internet (which can happen as a security mechanism to prevent children from accessing undesired contents), the request is cached and sent when the device gets connected again. All such data are stored in a relational database, and all records are timestamped.

3.4. Data Analysis

Following the study goals, pilot groups were analyzed individually, due to the difference in implementation time variable among them. Pilot groups from the different regions were compared too, in order to see whether use is homogeneous or varies according to the location of the school at the time of implementation. In the first place, for examining usage in the three pilot groups, descriptive statistics were applied for each group analyzing individual use of the platform. Moreover, specific intergroup comparisons were made via a one-way ANOVA analysis, with each pilot group divided into Special Needs (aged 6–12), 1st Cycle (1st, 2nd and 3rd grades, aged 7–9), and 2nd Cycle (4th, 5th and 6th grades, aged 10–12). The factor in that case is the division of these groups (coded: 0, 1, 2). This analysis was performed to answer the questions on the use of different worlds and the kind of activities played by each pilot group, as well as a description of such usage.

Dependent variables were ‘time of usage’, ‘number of activities’, and ‘score’. Data were analyzed by a Factorial ANOVA in order to explore whether there were different uses among the three groups of pilots as first factor, and groups of classes, as second factor. To deepen in the analysis of the platform’s usage, the study targeted each topic-related world available in the platform under the variables of ‘time of usage’ and ‘number of activities’. For the variable ‘score’, an overall percentage of activities (specifically designed to measure hits/mistakes) were collected when showing correct in the games and quizzes played by the user. This analysis attempts to clarify if usage is homogeneous among the different regions and moments of implementation. In addition, those data provided information to describe their motivation using the platform.

4. Results

4.1. Pilot Group 1

Results obtained from Pilot Group 1 via descriptive statistic analysis show the most used word was Science (mean: 19,869.85), followed by the world Logic (mean: 15,596.81). Should all activities done in all the worlds at the platform Smile and Learn be contrasted, the featured worlds were: Science (mean: 77.51), Logic (mean: 69.32) and Arts activities (mean: 64.26). It could be inferred that the students’ use of Arts activities was large, nonetheless the time spent with this activities was smaller than that of other worlds, which suggests that such activities can be done more quickly in comparison with Science or Logic activities (Figure 3).

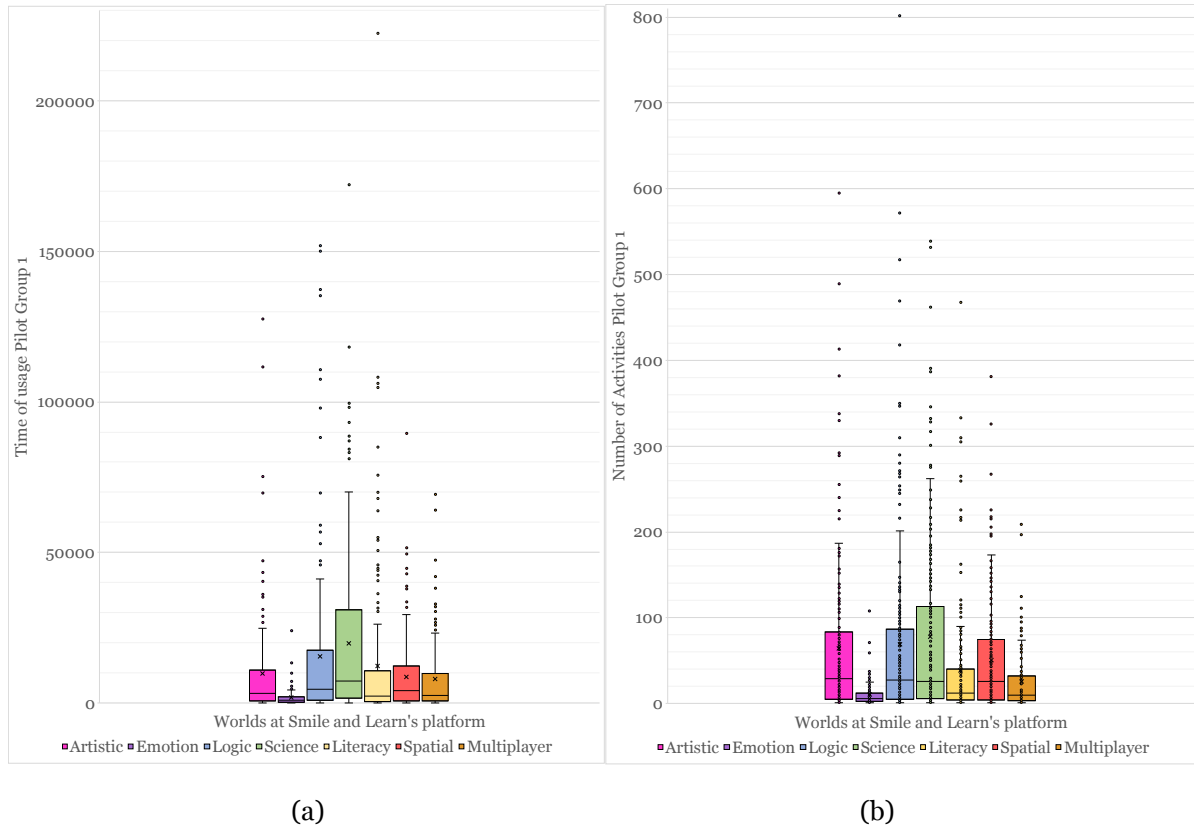


Figure 3. Pilot Group 1's use of worlds (Arts, Emotion, Logic, Science, Literacy, Spatial, Multiplayer) at Smile and Learn's platform. (a) General time of usage (seconds) with the platform for Pilot Group 1; (b) General number of activities played by Pilot Group 1 with the platform.

4.1.1. Pilot Group 1 Usage of the Different Worlds

To analyze use ('time of usage' and 'number of activities') among the classes' groups in Pilot Group 1, all descriptive statistics were calculated by aggrupation into Special Needs classes, 1st Cycle and 2nd Cycle classes (Table A1). It was detected how primary education 1st Cycle learners were more engaged users, with more time spent working with the different materials of the platform. It is important to mention that, in the Pilot Group 1, classes grouped in 1st Cycle were more numerous than groups of 2nd Cycle or Special Needs. No significant differences were found when comparing between averages of activities done in worlds by 1st and 2nd Cycles. A possible explanation is that 1st Cycle students would need more time to complete the suggested activities. One exception to this is that 1st Cycle learners showed to be the most dedicated group at the Multiplayer world, while the highest use in both factors, 'time of usage' and 'number of activities', was achieved by 2nd Cycle classes. If we focus on 'number of activities', Science world activities were in first position (mean: 77.51), however the world with the maximum of activities played was Logic (number: 802). The less used world at Pilot 1 was Emotions, with its highest average reaching 11.39 'number of activities' and 2063.91 seconds as 'time of usage'—results from 1st Cycle population.

In order to compare whether there were any major differences among groups in Pilot 1, a one-way ANOVA analysis was run. At first place, results obtained from 'time of usage' of worlds in the platform were significant in those of Logic, $F(2) = 3.167, p = 0.044 (< 0.05)$ and Science $F(2) = 3.248, p = 0.041 (< 0.05)$, as represented in Figure 4. This can be explained by

the huge usage of such worlds in the 1st Cycle of elementary education. Nonetheless, no significance was found among all other worlds.

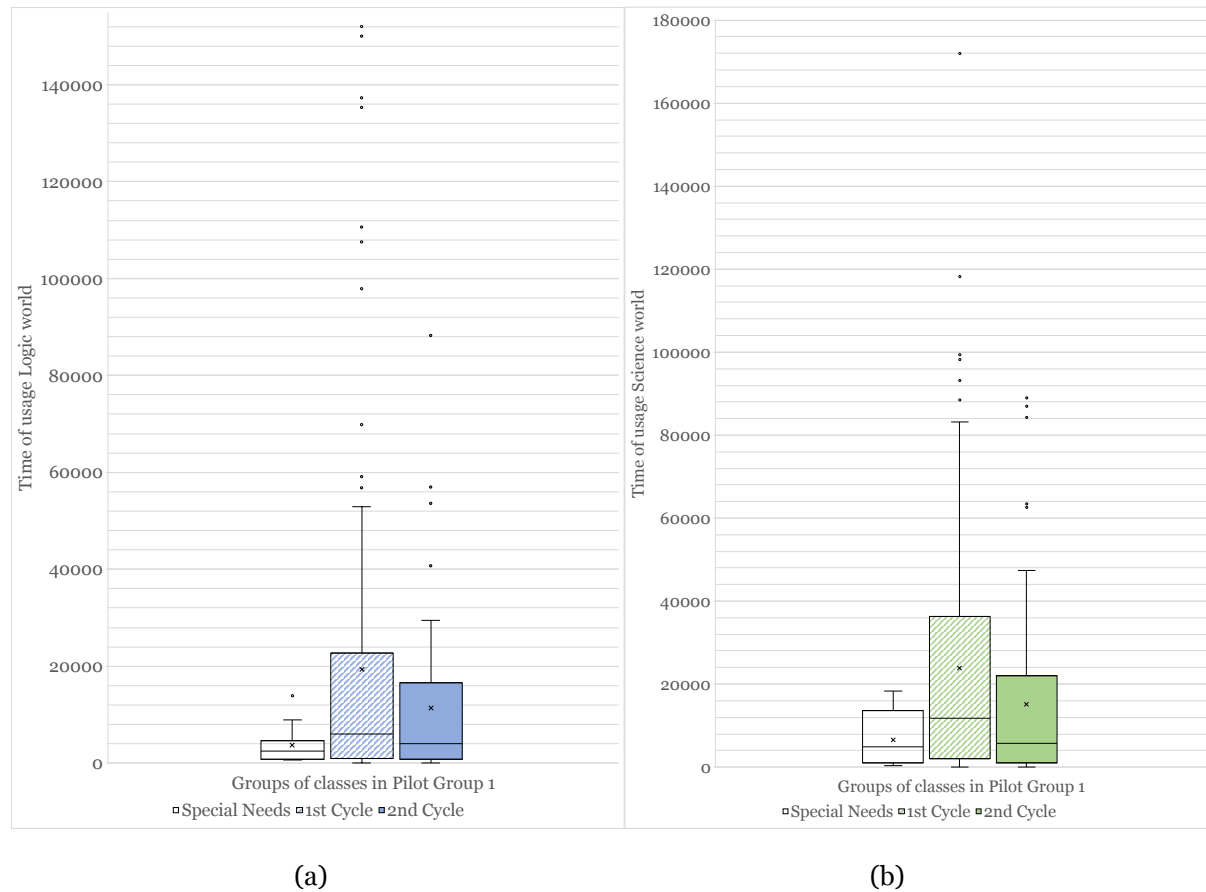


Figure 4. Descriptive statistic representation of significant results with one-way ANOVA. **(a)** Figure showing major results for ‘time of usage’ among class groups in the world Logic. **(b)** Figure showing major results for ‘time of usage’ among class groups in the world Science.

In relation to the Multiplayer world, comparing the ‘number of activities’ done by class groups via one-way ANOVA, a significant effect is observed in this world world: $F(2) = 3.329$, $p = 0.039$ (< 0.05) (Figure 5). Results associate with the explanation followed through descriptive statistics, outlining 2nd Cycle in Pilot 1 as the one most involved with the Multiplayer world. No significance between other groups and worlds in ‘number of activities’ was found.

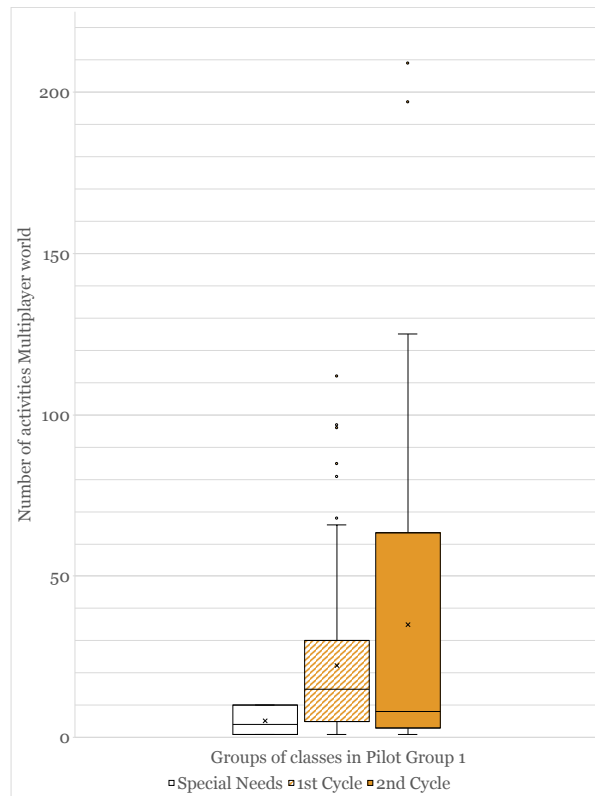


Figure 5. Descriptive statistic representation of significant results via one-way ANOVA analysis, showing the relationships between the number of activities played in the Multiplayer world per class groups.

4.1.2. Pilot Group 1 Games and Quizzes Scores

In order to clarify whether activities were used with learning purposes, motivating students to rank higher scores, instead of just for obtaining rewards, scores obtained were analyzed. The average score on games by students among the different groups in Pilot 1 was 79.86 out of 100 right answers, which represents a high score of right answers during the games played. For the quiz, the average score obtained was 71.76, decreasing some points with the percentage of right answers obtained at games, although means were equally homogeneous among all groups. It should be mentioned that students with special needs got higher average scores than the 1st and 2nd Grades of primary school, however the average number of activities played was much lower. On the other hand, there was a higher use of interactive activities, listed as games, than that of quizzes (Table A2).

No significance was observed in the scores obtained between games and quizzes after performing the one-way ANOVA analysis, due to the similarity of the means obtained in the three class groups. That shows a constant progress in both kinds of activity, which can mean that such activities are useful for teachers and for students to learn.

4.2. Pilot Group 2

Analyzing usage with descriptive statistics in Pilot Group 2, a higher 'time of usage' stood out in the world of Science (mean: 65,525.20), followed by the world of Logic (mean: 48,472.53). When analyzing the 'number of activities' done for each world, results also showed

that there was a bigger number of activities in the world of Science (mean: 232.3), followed by the world of Logic (mean: 196.5), and Arts (mean: 164.26) (Figure 6).

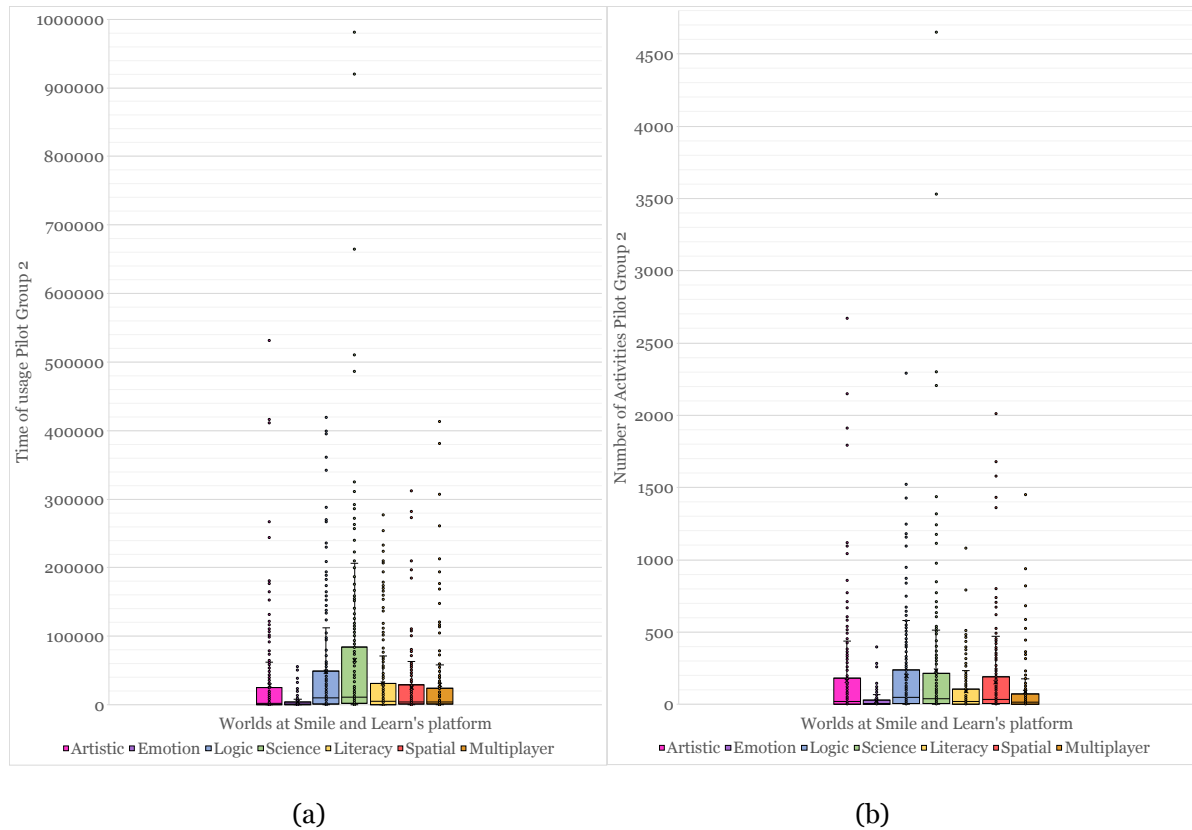


Figure 6. Pilot Group 2’s use of worlds (Arts, Emotion, Logic, Science, Literacy, Spatial, Multiplayer) at Smile and Learn’s platform. (a) General time of usage (seconds) with the platform for Pilot Group 2; (b) General number of activities played by Pilot Group 2 with the platform.

4.2.1. Pilot Group 2 Usage of the Different Worlds

When performing descriptive statistics among Pilot 2 class groups, higher ‘time of usage’ and ‘number of activities’ was detected increased in comparison to the 1st Cycle in primary. The maximum number of activities carried out was reached in the world of Science (number: 4649). After this, the maximum number of activities played shows in the world of Arts (number of activities: 2673), being their average below Logic activities. The fact that the world of Arts has a smaller ‘time of usage’ result when compared with a similar average of activities per class can be interpreted regarding the time dedicated to fulfil artistic activities, which was designed to be shorter and therefore much less than in activities carried out within Science and Logic worlds (Table A3).

The one-way ANOVA analysis showed significance between groups with the ‘time of usage’ on the world Logic, $F(2) = 3.986, p = 0.020 (<0.05)$. The average of ‘time of usage’ in 1st Cycle of primary education doubled the ‘time of usage’ in the 2nd Cycle, much higher than ‘time of usage’ present in classes with special needs. No significance was found with other worlds at the platform Smile and Learn, thus, general usage must be interpreted similar among such groups. Significance was also found along groups in their use of Logic activities, $F(2) =$

3.083, $p = 0.048$ (<0.05). This is also related to ‘time of usage’: in this case, the 1st Cycle of primary education in the Pilot 2 group has been much more active in this world than in the others. Further similarities can be observed in the rest of the worlds regarding ‘number of activities’ and ‘time of usage’ (Figure 7).

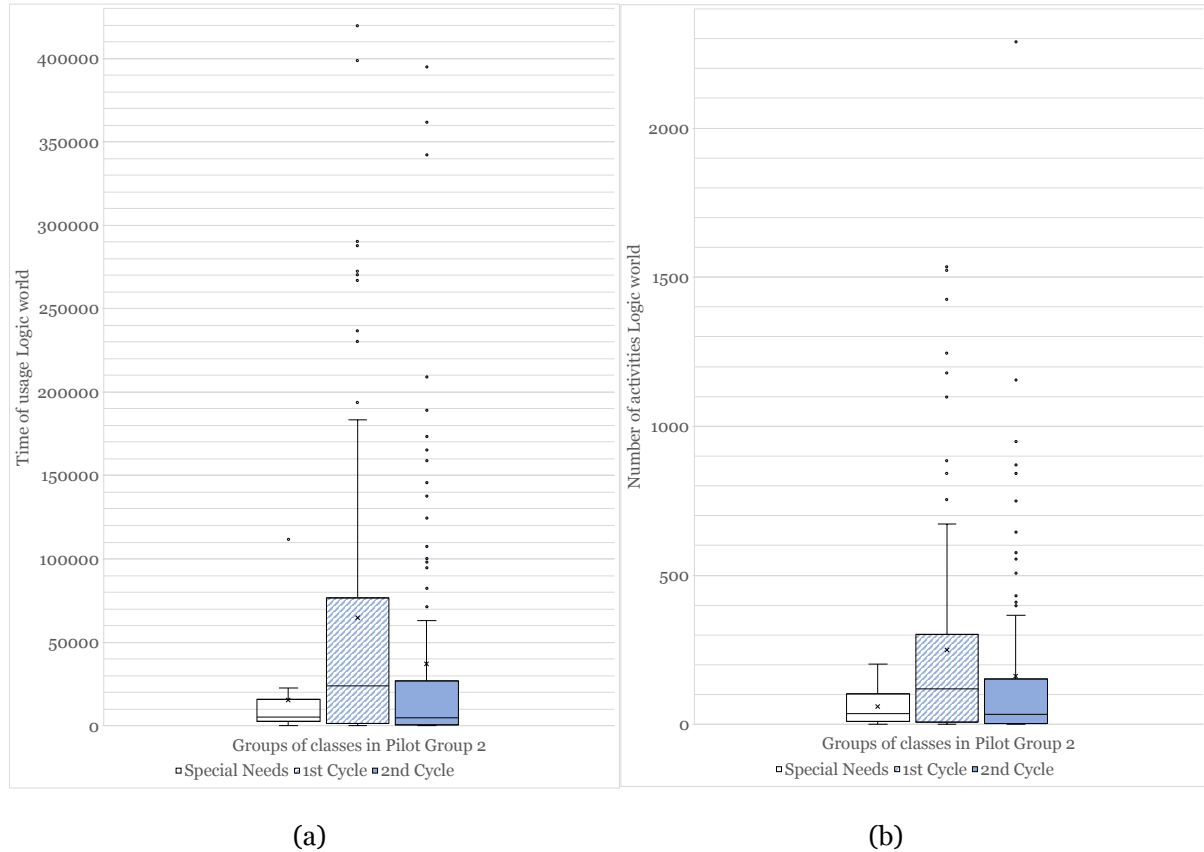


Figure 7. Descriptive statistic representation of significant results with one-way ANOVA. **(a)** Figure showing major results for ‘time of usage’ among class groups in the world Logic. **(b)** Figure showing major results for ‘time of usage’ among class groups in the world Science.

4.2.2. Pilot Group 2 Games and Quizzes Scores

In order to clarify whether activities were used with learning purposes, motivating students to rank higher scores, instead of just for obtaining rewards, scores obtained were analyzed. The average scores obtained by these students came with games activities, reaching around an 80% of hits (mean: 81.37%). For the quizzes, the average scores of right answers obtained corresponded with a 71.11% of the hits. On the other hand, the highest results in the games (mean: 83.33) were obtained by the 2nd Cycle students of primary education, while the highest scores in the quizzes (mean: 71.63) are obtained by the students of the 1st Cycle, from elementary school. The number of games achieved by the 1st and 2nd Cycle groups was less than the number of quizzes. However, in the Special Needs group, the usage of games stands out over the rest of the groups (mean: 127.92), opposed to the number of activities, listed much lower than the rest of the groups (mean: 11.18) (Table A4).

No significance was found via a one-way ANOVA for the factor ‘score’ in the platform Smile and Learn between games and quizzes. That could be relevant to show that this kind of

activities are considered useful by schools, and both support students' learning. Furthermore, it shows there was no major difference in their performance.

4.3. Pilot Group 3

It was observed through the general results obtained via descriptive statistics that the Pilot Group 3 devoted more usage time to the world of Logic (mean: 94,201.08), followed by the worlds Multiplayer (mean: 80,237.00) and Spatial (mean: 56,694.08). Similarly, when analyzing the number of applications played, a higher activity was observed in the worlds of Logic (mean: 117.42), followed by Spatial (mean: 88.15) and Science (mean: 85.77). This indicates that the time dedicated to Multiplayer activities was much higher when compared with the number of activities done (mean: 23.55). It is worth to mention that this pilot group used two worlds transverse to their curricular content (Multiplayer and Spatial), both of which develop social and cognitive skills for learning (Figure 8).

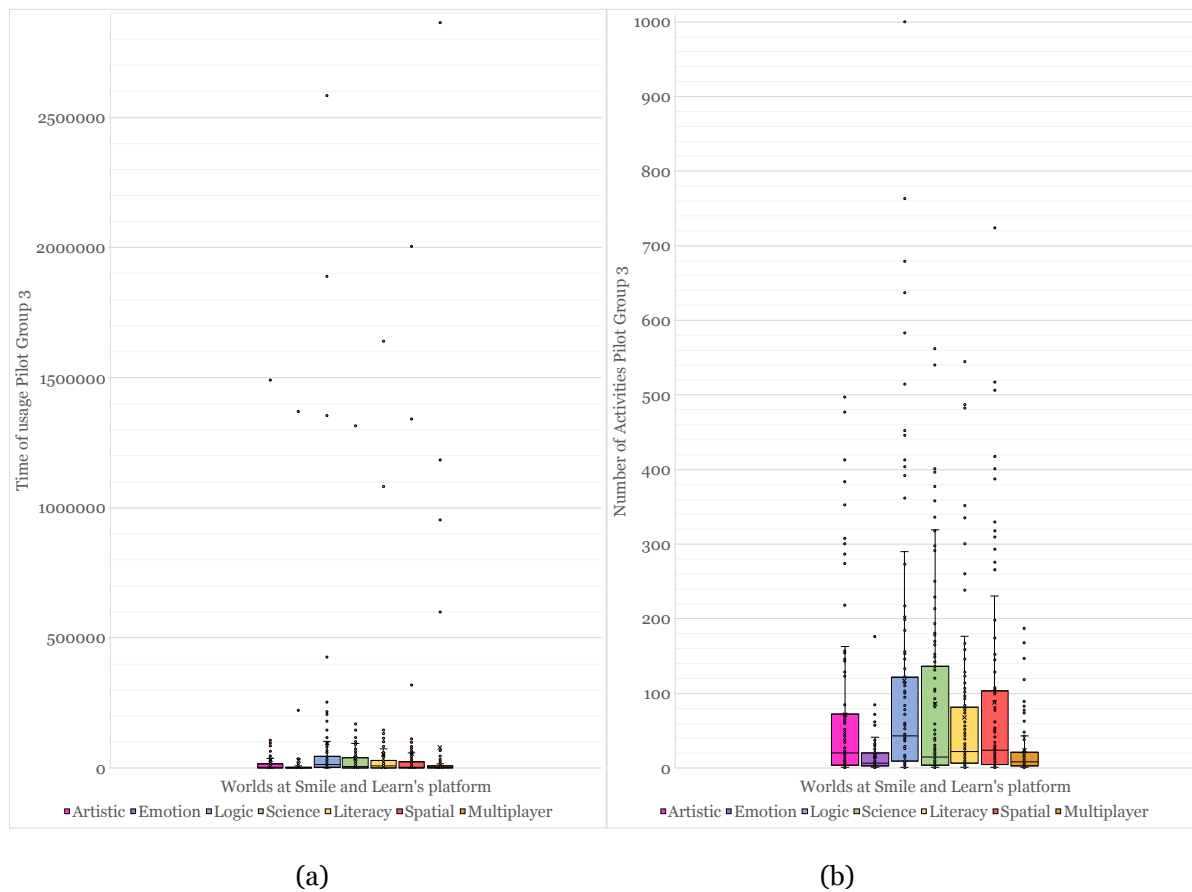


Figure 8. Pilot Group 3's use of worlds (Arts, Emotion, Logic, Science, Literacy, Spatial, Multiplayer) at Smile and Learn's platform. (a) General time of usage (seconds) with the platform for Pilot Group 3; (b) General number of activities played by Pilot Group 3 with the platform.

4.3.1. Pilot Group 3 Usage of the Different Worlds

The results of the descriptive statistics among Pilot 3 groups show a greater 'time of usage' and 'number of activities' in the primary 1st Cycle group. The fact that the number of classes in the 1st Cycle group was bigger than in the 2nd Cycle classes explains this event. In

relation to the ‘number of activities’, the maximum was obtained by the primary cycle classes in the world of Logic (N = 1000) (Table A5).

In order to verify differences between the groups in Pilot 3, a one-way ANOVA was performed comparing the usage time per groups and activities carried out. Significance is obtained in ‘time of usage’ with the Literacy world along the groups, $F(2) = 3.565$, $p = 0.032$ (<0.05) (Figure 9). Pilot 3 shows a high use of the Literacy world by the 1st Cycle of primary school, above average (mean: 56,068.24), and very high in the Special Needs group (mean: 217,563.95). This usage may have been increased in some class groups by their preference for such material, however, no significant differences in use were found in the other worlds of the platform, with a fairly homogeneous use.

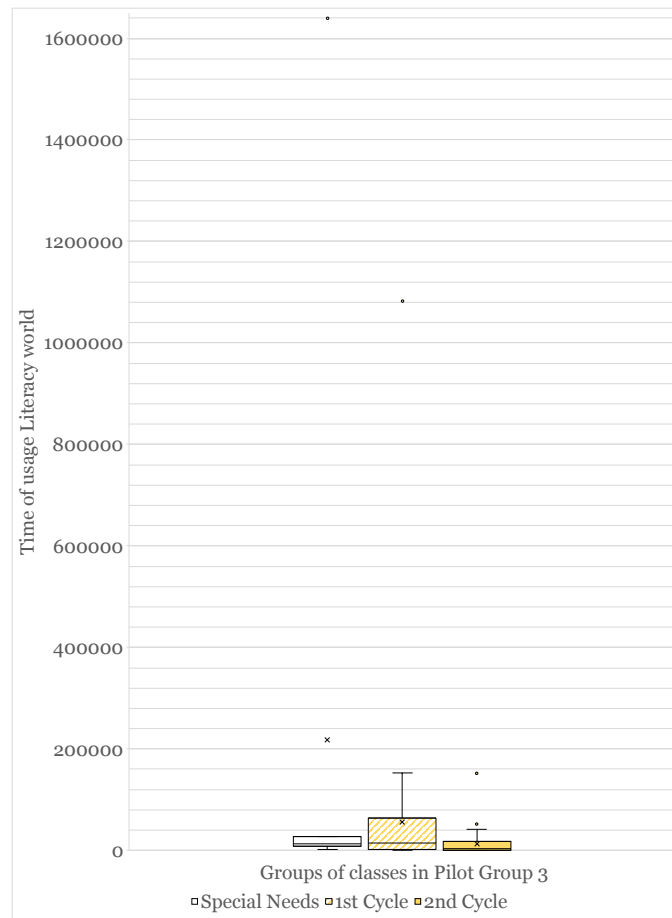
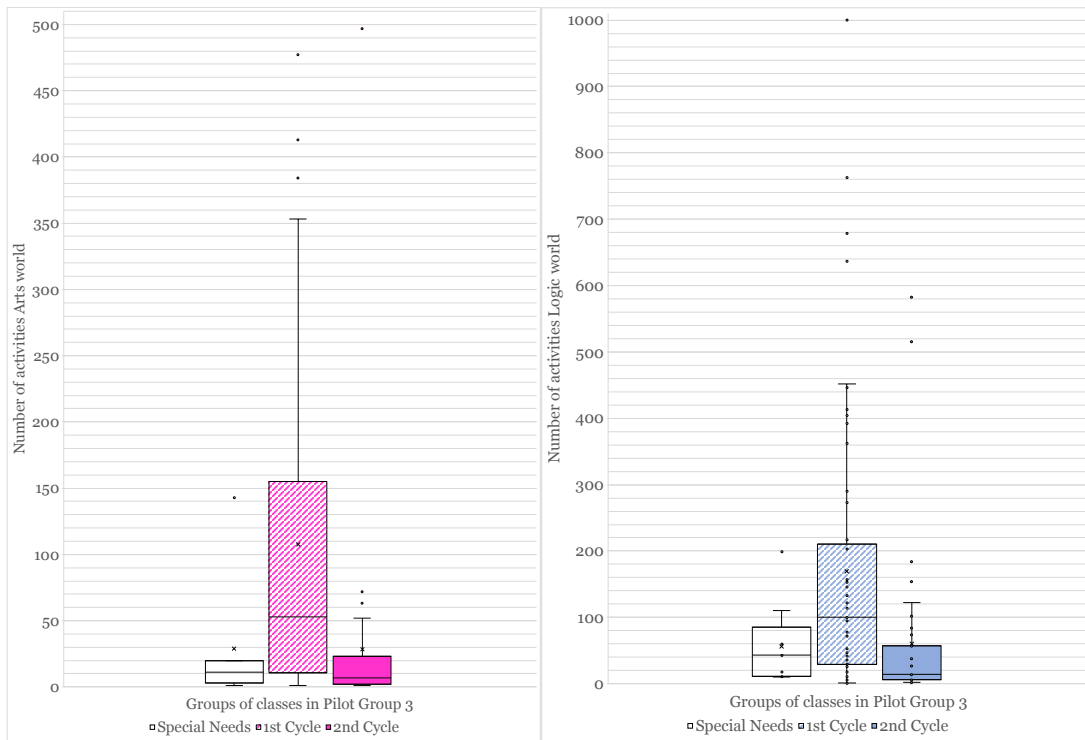


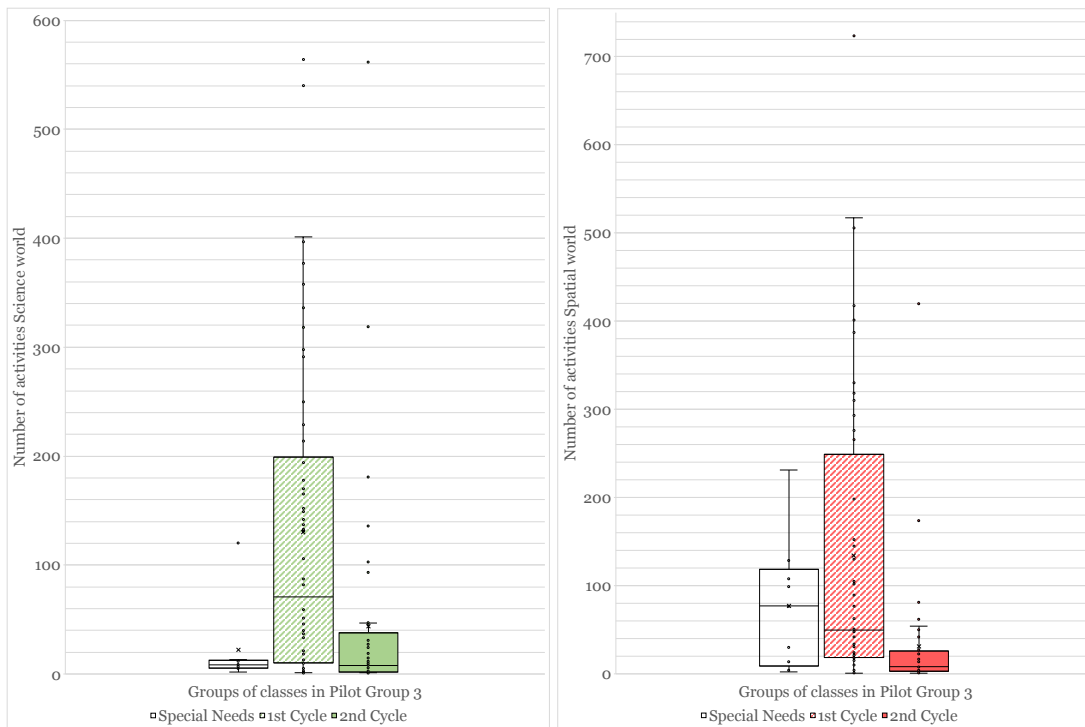
Figure 9. Descriptive statistic representation of significant results via one-way ANOVA analysis, showing the relationships between the number of activities played in the Literacy world per class groups.

When performing the one-way ANOVA analysis to compare the ‘number of activities’ carried out by the groups, significant differences were observed in the Arts world, $F(2) = 6.208$, $p = 0.003$ (<0.05); Logic $F(2) = 4.844$, $p = 0.010$ (<0.05); Science $F(2) = 7.214$, $p = 0.001$ (<0.05); Spatial $F(2) = 7.065$, $p = 0.001$ (<0.05) (Figure 10). This points out the value of fulfilling activities in the 1st Cycle of primary school, in all of these worlds, contrasted to the use and implementation with the rest of classes, which include Special Needs and 2nd Cycle of primary education groups.



(a)

(b)



(c)

(d)

Figure 10. Descriptive statistic representation of significant results of activities played with one-way ANOVA analysis. **(a)** Figure of significant results with activities played among class groups in the Arts world. **(b)** Figure of significant results with activities played between class groups in the Logic world. **(c)** Figure of significant results with activities played between class groups in the Science world. **(d)** Figure of significant results with activities played between class groups in the Spatial world.

4.3.2. Pilot Group 3 Games and Quizzes Scores

In Pilot 3, games scored an average of 80% (mean: 82.15%). That average of right answers shows students were involved in their performance instead of getting the rewards given for the activities. Quizzes, however, while remaining at a remarkable level, decreased their overall score in comparison with the percentage of right answers obtained in games (mean: 74.33). The highest scores obtained, both in games (mean: 84.26) and quizzes (mean: 76.86), were achieved by groups with educational needs. Likewise, the use of games prevailed over quizzes in all class groups (Table A6).

No significance was found via one-way ANOVA analysis in the 'scores' at the platform Smile and Learn in activities classified as games and quizzes. That shows a constant progress in both kinds of activity, which can mean that both activities are useful for teachers and for students to learn. Performance results are similar among the groups (1st cycle, 2nd cycle, Special Needs).

4.4. Analysis and Description of Usage among the Pilot Groups

Once the individual usage by pilot group was analyzed, specific analyses were applied in order to compare if there were differences in usage among regions in Spain. This comparison takes place among Pilots Groups (1, 2, and 3) and Classes Groups (1st cycle and 2nd cycle) depending on their use of the activities by area (Science, Logic, Spatial, Literacy, Art, Multiplayer, Emotions).

In order to verify data consistency, a reliability analysis was carried out. For the variable 'time of use' the in Pilot Group 1 was 0.695, and 0.817 in Pilot Group 2. For 'number of activities' the α -Cronbach obtained was 0.825 in Pilot Group 1, and 0.901 in Pilot Group 2. It should be noted that in Pilot Group 1 the variances were larger than in Pilot Group 2. Equally, there were greater differences in 'time of use' among the different worlds in Pilot Group 1. This variability in the variance may reflect the teachers' predisposition towards certain activities. Usage can also be influenced by the very school. Groups with special educational needs did not have enough sample for this analysis, so they could not be considered for comparison in the factorial analysis.

In a first place, a Factorial ANOVA was introduced along with the following factors: the first factor was the pilot group (1, 2 and 3), the second factor was class classification: by Special Needs, 1st Cycle or 2nd Cycle classes. The interaction effect that these two factors establish shows significance with the 'time of use' for the world Emotion, $F(2) = 6.104, p = 0.003 (<0.05), \eta^2 = 0.050, p = 0.885$. This indicates the time of use dedicated to Emotion's world was different in each of the groups and the pilots—in other words, these activities are presenting with a higher variety in the ways users implemented their resources for the world of Emotion. Another explanation is that some schools dedicate more time to emotional intelligence for skills development. It was the case of schools in Pilot Group 3, as results point out in Table A1, Table A3 and Table A5. Moreover, the three pilot groups of the different regions showed significance in the worlds of Logic $F(2) = 10.699, p = <0.005, \eta^2 = 0.084, p = 0.989$; Science, $F(2) = 10.121, p = <0.005, \eta^2 = 0.080, p = 0.985$ and Literacy $F(2) = 5.203, p = 0.006 (<0.05), \eta^2 = .043, p = 0.826$. These differences in 'time of use' among the pilots are due to the higher use of these worlds by schools in Pilot Group 2 and Pilot Group 3. This fact could indicate that implementation time was not decisive for an increased use of

activities. Pilot Group 1 was the first to carry out the training and implementation, however showing a significantly lower usage.

On the other hand, between the 1st and 2nd cycle groups there was significance in the world of Literacy $F(1) = 6.168, p = 0.014 (<0.05), \eta^2 = 0.026, p = 0.696$. Nonetheless, the strength of the effect found in this difference in use was lower than the use when comparing pilot groups. A higher use of the world of Literacy stood out by 1st cycle students of primary education (Table A1, Table A3 and Table A5).

Tendency of usage was high in all the pilot groups analyzed. No significance was found in the use of the Artistic, Spatial, or Multiplayer worlds, nor among the pilot groups schools, nor between 1st and 2nd cycle. It can be read that usage was homogeneous. This can mean a consensus of use by teachers to develop the skills of these areas via using technology. The differences in use detected may have also been due to the use of devices in the centers, or the teachers' motivation for a certain type of activities.

In a second place, by measuring the usage through the factor 'number of activities', results showed significance at pilot groups in all the worlds: Artistic, $F(2) = 52.550, p = 0.001 (<0.05), \eta^2 = 0.053, p = 0.921$; Emotion, $F(2) = 5.304, p = 0.006 (<0.05), \eta^2 = 0.042, p = 0.834$; Logic, $F(2) = 10.525, p = <0.005, \eta^2 = 0.079, p = 0.988$; Science, $F(2) = 7.452, p = 0.001 (<0.05), \eta^2 = 0.058, p = 0.940$; Literacy, $F(2) = 4.055, p = 0.019 (<0.05), \eta^2 = 0.032, p = .718$; Spatial, $F(2) = 8.828, p = <0.005, \eta^2 = 0.067, p = 0.970$; Multiplayer, $F(2) = 9.557, p = <0.005, \eta^2 = 0.073, p = 0.980$. In this sense, significance can be observed in the groups of classes with the Logic world, $F(2) = 3.103, p = 0.047 (<0.05), \eta^2 = 0.023, p = 0.594$. These results show differences in the activities performed along the worlds between different regions. This could be explained by the differences in usage time according to the activities done. Similarly, another explanation for this result could be the preference (or form of use) of the different activities by teachers in the classroom.

To conclude this point, there appeared to be neither significance for the factor 'scores' among games and the number of games played by pilot groups, nor by 1st and 2nd cycles. That is to say: there were no differences in student performance based on the percentages of successes achieved in the activities. In general, a high percentage of successes was observed, which affected the motivation for the correct performance, both in games and in quizzes. This homogeneity showed a constant use between different schools and regions. However, there was a significant difference for the factor 'scores', $F(2) = 4,429, p = 0.013 (<0.05), \eta^2 = 0.027, p = 0.760$; and number of quizzes performed, $F(2) = 3,359, p = 0.036 (<0.05), \eta^2 = 0.020, p = 0.632$; among the three pilot groups. This may indicate that those teachers with more traditional teaching methods preferred to analyze the progress of their students by quizzes of specific questions.

5. Discussion

From the analysis of the three pilot groups, in relation to the factor 'time of usage' the most used worlds extracted were Science and Logic, being this higher usage independent from the moment of implementation. Some teacher may prefer traditional methods for these subjects, if we consider the differences among pilot groups of different regions. This high use of Science and Logic worlds coincides with the results obtained in a different analysis for mobile applications (Liu et al., 2014), which highlighted the use of scientific activities. Apart from this study, there are no studies of platforms that contain all kinds of curricular activities

for the different elementary subjects in the literature. There are, however, studies of specific areas in which science projects (Bogusevschi et al., 2019; Chen et al., 2019; Hirsh-Pasek et al., 2015; Selwyn & Cooper, 2015; Zhao et al., 2018) and logic (Choppin & Borys, 2017; Fokides, 2018; Goldin et al., 2014; Pepin et al., 2017) stand out. These studies coincide with the worlds and types of activities most used in the analyzed platform, in which all the subjects could be worked. Following these worlds, also for the variable 'time of usage' come the worlds of Arts, Multiplayer, and Spatial for the schools composing each pilot group. This points out the interest in these areas and activities supplementing school curricula, working cognitive skills necessary for the development and learning process of the students. The high usage of cross-curricular activities can also indicate that teachers are aware of their usefulness and have found ways to implement it in their classes properly. Opposite to this, the world of Emotions is the least used, however being of much import how emotional management and development of affective skills are addressed in the educational environment. As for the Literacy world, usage time was expected to show higher rates than obtained, for they are longer activities, very much parallel to those in the worlds of Science and Logic. Projects for language learning through digital resources (Dooly & Masats, 2015) and literacy (Bekker et al., 2015; Bikowski & Casal, 2018; Goldin et al., 2014) are also notable in the literature reviewed. A possible explanation for this event could be the reluctance to use digital materials for encouraging reading. However, there are in the literature cases of success in digital materials implementation compared to more traditional methods for this area of learning (Bikowski & Casal, 2018). The differences observed among the groups, Special Needs, 1st Cycle and 2nd Cycle groups, correspond to a greater dedication in 1st Cycle at Science, Logic and Literacy worlds. This is favored by the variety of material within the platform focusing these ages if compared to the other groups.

Regarding the factor 'number of activities', usage of Science, Logic, Arts and Spatial activities predominates. However, it is worth mentioning that, although the number of activities in the world Multiplayer is small, it implies a great dedication in time per activity. As in the previous case, the world with the least use of activities in general is Emotions. This fact could be explained by this world showing a smaller number of activities as opposed to the material developed for other worlds. On the other hand, the differences observed among 1st Cycle or 2nd Cycle groups show great variability in all the worlds. This will depend on the pilot group analyzed, and the activities performed in each world. As a general feature, a higher use in 1st Cycle was found compared with the rest of groups, excepting activities in the Multiplayer world for Pilot Group 1, which underlines the use of such activities by 2nd Cycle students. According to Baptista (Baptista et al., 2015), this kind of activities (games genre puzzle and quizzes) may help students to enhance their operating skills performance, decision making, problem solving, technical skills and planification, among others. A more specific analysis in schools would be necessary to isolate the variables that may be influencing the diversity of use of the activities, as well as the teachers' approach towards these activities in the classroom.

The third factor analyzed was the 'score' per type of activity. Higher scores in games versus in quizzes have been observed among all class and pilot groups. Such better results for games may be due to the fact that they have also been the most preferred activities, doubling and triplicating the number of games versus quizzes played. This reinforces the value of good and clever design, along the selected methodology of use, favoring the design of activities that motivate students to learn (Chen et al., 2019; Huffaker & Calvert, 2003). Likewise, these results show a high percentage of correct responses, which can be associated with a predisposition towards learning and students' well-performing (Bahri & Corebima, 2015;

González-Pienda, 2003). Should percentage of successes be lower, it would seem necessary to question whether students carry out activities only because of the rewards they can obtain. That would mean that only extrinsic motivation would have been able to be promoted (Lin et al., 2017). This point is related to the motivation the use of technology in the classroom can arouse, however more studies are needed to clarify disposition in the area of motivation. In the same way, in all the groups, performance obtained by the students among different schools and locations shows similar. It would be positive to investigate further evaluation processes of the platform, being able to contrast progress in the activities with students' progress in the classroom.

The present study allowed an investigation on the use of digital materials in different regions of Spain through an intelligent platform with digital educational content. This covers virtually the entire body of curricular areas presented, and allows a general analysis of those areas in which technology is used the most as support to the teacher. Similarly, based on the results obtained, some lines of improvement can be established for further use and implementation of materials:

1. A preferential use of applications within the STEM area was observed—the use of cross-curricular activities such as those found in the world of Spatial being notable. To maintain the use and interest in this area, it would be necessary to continue developing new content to be able to provide teachers with a variety of materials from which to choose, being able to adapt them to the classroom.
2. In the case of the world of Emotions, materials shall continue with a deeper development in order to analyze whether there is an increase in their use by incorporating bigger diversity of contents, involving a motivating offer.
3. The monitorization of pilot groups, as the incorporation of new pilot groups, raise the possibility of a longitudinal study in the use of technology and its implementation. To do this, it will be necessary to continue expanding the digital materials available through the platform. In that sense, a study of design changes and User Experience Research in conjunction with such implementation would be able to clarify how and where to improve the organization and management within the platform in order to increase its use.
4. Emphasis is also to be placed on how to train teachers for an enhanced use of the activities within the Literacy world, such as debates and colloquies, which would serve to evaluate the reading comprehension of the present tales and narratives.
5. In regard to the activities within the Multiplayer world, it would also be necessary to continue with the development of contents that can grow the time of dedication. Activities from this world can help to work interpersonal skills, cooperation and the underpinning social relations required in learning (Huffaker & Calvert, 2003).
6. As a new line of content development, the design of activities addressed to work in cooperation, and applied in different worlds, is suggested to analyze whether this type of material can help to improve performance by incorporating social variables, thus increasing students' motivation, following many contemporary strategies in Collective User Experience Research and Social Gaming Interaction (Ke, 2008).

These new directions of design and development of content can be supplemented with studies on the variables that would be appropriate to collect in each activity, analyzing

different types of assessment and finding new applicable metrics observing the students' learning process (Chassignol et al., 2018; Wilson et al., 2017). Teachers would be desired, thus, to have more technological support for their tasks. The final goal of implementing this material is to help the teacher in changing the pedagogical model, mainly by facilitating mechanical tasks so that they can guide students in a more personalized fashion (Herder et al., 2018; McKnight et al., 2016). This would allow a better work, with quality attention, regarding the relationships and interactions established in the classroom.

5.1. Study Limitations

Despite the limitations that have been found in the study, the teams involved have reacted to minimize their impact on the material implementation. Many of the platform's usage limitations have been foreseen through previous research. Example of this was the continued support to teachers, who contacted the education team for the use of the material in the classrooms. Another damping effect was the fact that digital materials could be previously downloaded, prior to use, without connection in the classroom (Šimandl & Novotný, 2017). Should it be considered that in many occasions both implementation and usage processes are limited by the resources of the center: in some schools, there were devices available only for one classroom that were nevertheless managed to be used for all of the classes and courses. Another limitation, present from the beginning of the study in the selection of schools by the regions of Spain, has been the lack of required material, or abundance of obsolete devices, for the installation of the platform. In those centers that were able to introduce the materials despite the mentioned limitations, teacher training was always considered a key point. This training helped educators to integrate the content material in the classrooms, along with the additional managerial and support material provided (Uluyol & Şahin, 2016), an assistance for teachers that can be reinforced to continue improving training on the use of digital resources.

Similarly, in some classes, groups were identified by nicknames. In many of these cases, the average age of the students has been used to resolve the educational stage of the group; therefore, this has not constituted a significant problem except in a very limited amount of groups, which have been excluded from the study. Additional limitation during the study was that data were retrieved at a group level, instead of individually. While such input could prevent a more detailed study about the dynamics of each student, this did not cause any problem within the scope of the research and goals of this work. For future studies, we are working to design an assessment plan that allows the analysis of students at an individual basis.

Because of the agreement between Smile and Learn and the Spanish regions where the educational institutions are based, we do not have full access to the academic records of the students nor to other internal academic information at schools, due to GDPR limitations. Although this information could be useful for further studies, it has not been required in this work, which is constrained to an analysis of the very platform's usage. For further studies, we will observe the possibility of extending this agreement. We are also elaborating a research proposal for recording more data regarding platform use with a Learning Analytics System in order to improve students' performance evaluation.

Many platforms just evaluate via internal data, as this article proposes. In order to differentiate analysis from other types of evaluation, a control group should be launched in a

school with which to compare the teacher's evaluation of students and grades. This part is however subjective for the teacher. Results obtained in games and quizzes show correct success rates and whether a correct usage is achieved. However, it would be necessary to develop more research about evaluative aspects, so that the correct successes in the activities of games or quizzes may correspond to evaluation standards. Likewise, the marks upon memory-driven results would be not enough. This makes the adaptation to an international evaluation framework a positive contribution to be able to approximate performance assessment to the required students' competences (Sligte, 2019).

6. Conclusions

This study proposed an exploratory analysis of the usage of an educational intelligent platform, after the first year of implementation in public schools of three pilot groups from different regions of Spain. The main goal of this study was to analyze and describe for each pilot group the 'time of usage' and 'number of activities' at the platform according with their classification in topic worlds (Science, Logic, Spatial, Literacy, Emotions, Arts and Multiplayer) and the 'score' of activity (games or quiz). Comparison between pilot groups was carried out to clarify whether there were differences of use among the different regions and the moment of implementation.

In summary, the evaluation of the platform implementation and the assessment of the use of digital materials are both satisfactory. High usage by all pilot groups schools was observed. Useful results informing of improvements for future lines are to be taken into account, especially applicable to the design of digital materials and activities. These mainly point out the significant role of personal preferences, teachers' tendency towards specific topics, and the effect of planning motivation through the design of these activities. STEM areas stand out as those in which technology can have better reception by students, and application by teachers at class. This may be inferred from a higher usage of Science and Logics apps at the platform. Further research is advised in order to clarify why certain activities maintain homogeneous usage while others vary.

This study additionally establishes the basis for future research to be carried out by educational cycles or classes of students with special educational needs. This is possible as the study presents a general analysis of the platform's use of material in all subjects of the school curriculum. As a major future line of work, there is the need to continuing emphasizing the improvement of educational material design expanding personal skills development. Likewise, it would be necessary to keep on deeper research of the variables to be collected by the learning analytics system, that will serve to improve personalized students' performance evaluation. Teachers' work can be facilitated through the platform by implementing skills assessment, and using contrasting methods via international standards. In the same way, evaluating teachers' perspectives would be positive, contrasting the obtained results with their information, and thus keeping progress in developing support with teachers' training and adapting material. As a final remark, expanding the proposal to collect new metrics via the platform's Learning Analytics System would allow future statistical predictive analyses of use per schools.

Appendix A

This appendix gathers tables with all the descriptive statistics for all of the pilot groups. The legend of column titles is the following: N (number of samples), AVG (average), SD (standard deviation), Min. (minimum value), Max. (maximum value).

Table A1. Descriptive statistic of the Pilot Group 1 at platform worlds. The use is measured in seconds and the activities done are collected as numbers.

Groups	Artistic Use					Artistic Activities				
	N	AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	170	9,826.56	17,121.06	3.82	12,7423.20	174	64.26	94.17	1	595
1º Cycle	98	10,782.82	16,163.01	5.60	11,1609.87	101	66.98	83.81	1	413
2º Cycle	61	9,766.35	19,700.78	15.94	12,7423.20	62	68.74	114.55	1	595
Special Needs	11	1,640.96	2,904.61	3.82	9,992.91	11	14.09	13.07	1	40

Groups	Emotion Use					Emotion Activities				
	N	AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	119	1,774.16	3,060.49	25.64	24,036.19	124	10.58	14.19	1	108
1º Cycle	72	2,063.91	3,624.60	41.90	24,036.19	75	11.39	15.81	1	108
2º Cycle	39	1,421.99	2,013.38	25.64	9,874.73	41	9.85	12.22	1	59
Special Needs	8	883.18	415.44	234.95	1,350.78	8	6.75	3.69	1	12

Groups	Logic Use					Logic Activities				
	N	AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	186	15,596.81	27,272.71	16.33	151,940.04	195	69.32	110.59	1	802
1º Cycle	112	19,327.72	32,165.74	16.33	151,940.04	114	83.75	127.55	1	802
2º Cycle	60	11,419.98	17,442.54	26.63	88,205.33	66	55.21	83.48	1	350
Special Needs	14	3,650.21	3,966.94	575.47	13,970.74	15	21.73	27.43	1	105

Groups	Science Use					Science Activities				
	N	AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	183	19,869.85	27,187.81	10.69	172,020.99	187	77.51	104.766	1	539
1º Cycle	108	23,814.70	30,216.55	16.16	172,020.99	109	87.52	104.24	1	532
2º Cycle	66	15,220.57	22,099.90	10.69	88,906.35	66	71.24	111.39	1	539
Special Needs	9	6,626.48	7,095.50	374.02	18,304.90	12	21.00	29.56	1	84

Groups	Literacy Use					Literacy Activities				
	N	AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	176	12,405.35	26,158.33	5.57	222,286.25	173	38.73	69.57	1	468
1º Cycle	107	15,190.27	30,987.36	6.66	222,286.25	106	42.13	73.72	1	468
2º Cycle	54	9,165.22	16,861.79	5.57	70,050.54	52	38.88	69.88	1	310
Special Needs	15	4,204.15	590.31	60.86	24,115.12	15	14.13	13.611	1	40

Groups	Spatial Use					Spatial Activities				
	N	AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	170	8,741.88	12,544.72	11.19	89,509.55	182	50.81	66.02	1	381
1º Cycle	95	9,641.73	11,621.43	22.62	51,541.68	104	56.19	66.29	1	381
2º Cycle	62	8,220.88	14,736.52	11.19	89,509.55	65	47.38	70.29	1	326
Special Needs	13	4,650.80	5,336.12	490.91	19,238.01	13	24.92	25.79	2	80

Groups	Multiplayer Use					Multiplayer Activities				
	N	AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	142	7,948.80	12,223.45	1.83	69,380.18	137	25.71	36.25	1	209
1º Cycle	83	7,381.98	11,149.32	7.02	69,380.18	81	22.26	25.49	1	112
2º Cycle	51	9,826.25	14,349.57	1.83	64,100.06	48	34.96	50.14	1	209
Special Needs	8	1,860.88	3,285.24	13.56	9,784.16	8	5.13	4.27	1	10

Table A2. Descriptive statistic scores at all games and quizzes played by Pilot Group 1.

Groups	Games					Quiz				
	N	AVG Score (%)	SD	AVG N. Activities	SD	N	AVG Score (%)	SD	AVG N. Activities	SD
Pilot group	152	79.86	17.04	257.83	1,157.920	163	71.76	15.41	42.89	121.74
1º Cycle	93	78.82	17.67	270.17	1,192.90	98	70.82	15.94	54.13	153.74
2º Cycle	44	79.91	16.50	312.55	1,280.83	53	72.14	13.71	28.55	37.02
Special Needs	15	86.21	13.89	20.80	26.75	12	77.61	17.89	14.42	19.06

Table A3. Descriptive statistics of the Pilot Group 2 at platform worlds. The use is measured in seconds and the activities done are collected as numbers.

Groups	N	Artistic Use				Artistic Activities				
		AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	193	27,719.85	68,252.91	9.86	531,629.10	199	164.26	359.32	1	2,673
1º Cycle	90	33,505.70	79,639.93	9.86	531,629.10	93	206.16	431.50	1	2,673
2º Cycle	93	24,898.82	58,927.72	16.65	410,792.62	96	138.57	290.05	1	1,910
Special Needs	10	1,882.84	2,204.86	158.60	7,370.25	10	21.10	33.17	3	113

Groups	N	Emotion Use				Emotion Activities				
		AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	157	4,446.52	8,812.83	9.98	55,829.48	161	26.55	51.61	1	397
1º Cycle	77	5,332.82	9,412.81	15.97	50,824.00	81	30.62	50.09	1	284
2º Cycle	69	3,926.84	8,723.41	9.98	55,829.48	69	24.90	56.79	1	397
Special Needs	11	1,502.27	1,819.15	34.63	5,552.54	11	6.91	6.139	1	19

Groups	N	Logic Use				Logic Activities				
		AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	218	48,472.53	83,509.39	22.76	419,728.11	223	196.58	329.86	1	2,289
1º Cycle	101	64,579.17	93,543.72	24.69	419,728.11	104	249.01	352.87	1	1,536
2º Cycle	104	36,945.43	74,620.57	22.76	395,131.96	106	162.01	318.12	1	2,289
Special Needs	13	15,553.14	29,776.27	42.60	111,901.73	13	59.00	60.78	1	201

Groups	N	Science Use				Science Activities				
		AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	199	65,525.20	131,669.22	5.05	981,210.48	205	232.30	523.24	1	4,649
1º Cycle	101	75,372.20	128,321.35	5.05	919,615.53	102	280.31	587.11	1	4,649
2º Cycle	89	60,165.53	140,741.02	56.15	981,210.48	94	199.13	467.54	1	3,528
Special Needs	9	8,021.09	10,176.30	1008.89	33,795.67	9	34.67	44.89	2	148

Groups	N	Literacy Use				Literacy Activities				
		AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	195	31,659.10	56,349.86	7.71	277,126.51	192	89.47	153.32	1	1,083
1º Cycle	96	39,578.60	64,180.87	7.71	277,126.51	92	110.88	170.92	1	1,083
2º Cycle	86	24,798.65	47,093.59	33.67	210,477.69	87	75.10	140.88	1	793
Special Needs	13	18,561.21	44,604.50	29.67	165,803.56	13	34.08	45.30	1	165

Groups	N	Spatial Use				Spatial Activities				
		AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	194	25,151.84	48,206.98	5.11	312,566.48	203	151.51	288.29	1	2,010
1º Cycle	96	31,147.13	53,913.52	5.11	312,566.48	98	178.39	284.69	1	1,680
2º Cycle	87	19,815.37	43,617.55	20.30	272,838.11	94	134.39	306.13	1	2,010
Special Needs	11	15,036.10	13,091.39	218.67	39,115.06	11	58.36	41.75	4	111

Groups	N	Multiplayer Use (seconds)				Multiplayer Activities				
		AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	171	29,609.54	65,553.53	7.19	412,884.92	169	86.13	192.65	1	1,449
1º Cycle	82	26,188.26	45,509.16	12.10	263,742.04	82	75.01	131.38	1	822
2º Cycle	76	37,801.07	85,437.46	23.82	412,884.92	76	109.21	250.89	1	1,449
Special Needs	13	3,301.03	4,592.43	7.19	14,096.72	11	9.55	10.65	2	31

Table A4. Descriptive statistics scores at all games and quizzes played by Pilot Group 2.

Groups	N	Games				Quiz				
		AVG Score (%)	SD	AVG N. Activities	SD	N	AVG Score (%)	SD	AVG N. Activities	SD
Pilot group	188	81.37	15.52	30,66	563.85	172	71.11	14.67	83.36	152.42
1° Cycle	94	79.67	14.26	35,50	509.81	83	71.63	13.51	95.80	156.79
2° Cycle	82	83.33	16.763	26,82	647.25	78	70.80	15.60	80.31	156.48
Special Needs	12	81.34	15.86	127.92	243.97	11	69.40	17.45	11.18	8.38

Table A5. Descriptive statistics of the Pilot Group 3 at platform worlds. The use is measured in seconds and the activities done are collected as numbers.

Groups	N	Artistic Use				Artistic Activities				
		AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	84	31,250.71	163,063.60	12.73	1,491,804.00	91	71.07	112.75	1	497
1° Cycle	47	51,860.93	216,275.02	12.73	1,491,804.00	49	107.57	125.03	1	477
2° Cycle	31	5,293.09	18,044.86	35.04	101,180.99	35	28.40	83.46	1	497
Special Needs	6	3,918.33	6,329.017	87.99	16,733.36	7	28.86	50.94	1	143

Groups	N	Emotion Use				Emotion Activities				
		AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	60	29,524.73	178,283.01	7.21	1,369,570.00	64	16.69	26.77	1	176
1° Cycle	33	10,108.32	38,330.58	7.21	222,313.00	35	18.69	19.66	1	85
2° Cycle	20	71,348.58	305,680.25	28.38	1,369,570.00	22	15.73	38.35	1	176
Special Needs	7	1,562.57	1,959.80	63.33	5,234.92	7	9.71	10.31	1	27

Groups	N	Logic Use				Logic Activities				
		AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	99	94,201.08	345,837.19	50.83	2,584,213.00	101	117.42	183.32	1	1,000
1° Cycle	52	57,222.47	79,994.35	50.83	427,713.25	53	169.47	216.90	1	1,000
2° Cycle	38	115,441.40	465,793.07	196.25	2,584,213.00	39	60.72	123.61	2	583
Special Needs	9	218,173.95	626,554.53	518.53	1,888,822.00	9	56.56	62.42	10	199

Groups	N	Science Use				Science Activities				
		AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	106	36,608.86	130,440.98	12.76	1,315,118.00	107	85.77	130.70	1	564
1° Cycle	54	36,704.26	39,020.71	19.95	144,816.80	54	130.43	146.98	1	564
2° Cycle	44	42,023.57	198,589.15	12.76	1,315,118.00	45	43.51	99.31	1	562
Special Needs	8	6,184.08	13,864.81	261.42	40,421.66	8	22.00	39.76	2	120

Groups	N	Literacy Use				Literacy Activities				
		AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	95	53,621.70	200,797.90	31.29	1,640,275.00	173	67.44	107.48	1	545
1° Cycle	51	56,068.24	153,437.73	54.05	1,082,520.00	51	91.63	124.51	1	545
2° Cycle	36	13,724.16	27,516.70	31.29	151,525.55	36	39.06	82.60	1	483
Special Needs	8	217,563.95	574,925.59	2037.86	1,640,275.00	8	41.00	32.82	6	95

Groups	N	Spatial Use				Spatial Activities				
		AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	92	56,694.08	250,706.69	5.79	2,004,300.00	101	88.15	138.04	1	724
1° Cycle	49	93,531.61	337,794.80	5.79	2,004,300.00	52	133.92	167.15	1	724
2° Cycle	34	14,313.01	54,684.76	57.53	320,106.00	40	31.12	70.82	1	420
Special Needs	9	16,240.44	14,445.52	269.56	43,843.75	9	77.11	74.99	2	231

Groups	N	Multiplayer Use				Multiplayer Activities				
		AVG	SD	Min.	Max.	N	AVG	SD	Min.	Max.
Pilot group	77	80,237.00	370,084.40	5.25	2,865,876.00	76	23.55	37.78	1	187
1° Cycle	41	116,061.52	472,703.70	68.72	2,865,876.00	41	30.10	39.69	1	168
2° Cycle	29	47,629.73	219,409.06	5.25	1,185,030.00	28	15.71	35.48	1	187
Special Needs	7	5,494.89	10,867.64	296.96	29,861.98	7	16.57	32.25	1	89

Table A6. Descriptive statistics scores at all games and quizzes played by Pilot Group 3.

Groups	N	Games				Quiz				
		AVG Score (%)	SD	AVG N. Activities	SD	N	AVG Score (%)	SD	AVG N. Activities	SD
Pilot group	86	82.15	14.89	167.58	345.47	82	74.33	13.12	55.17	73.52
1º Cycle	47	84.25	10.33	249.57	434.95	45	73.08	13.59	81.22	81.45
2º Cycle	30	78.24	19.78	67.57	155.53	29	75.59	11.77	23.62	49.99
Special Needs	9	84.26	15.36	72.78	73.95	8	76.86	15.94	23.00	34.28

References

- Arnab, S., & Clarke, S. (2017). Towards a trans-disciplinary methodology for a game-based intervention development process. *British journal of educational technology* 48(2), 279-312. <https://doi.org/10.1111/bjet.12377>
- Baek, Y. K. (2008). What hinders teachers in using computer and video games in the classroom? Exploring factors inhibiting the uptake of computer and video games. *CyberPsychology & Behavior*, 11(6), 665-671. <https://doi.org/10.1089/cpb.2008.0127>
- Bahri, A., & Corebima, A. D. (2015). The contribution of learning motivation and metacognitive skill on cognitive learning outcome of students within different learning strategies. *Journal of Baltic Science Education*, 14(4), 487-500. http://eprints.unm.ac.id/11457/1/Bahri_JBSE_Vol.14_No.4%20487-500..pdf
- Baldominos, A., & Quintana, D. (2019) Data-Driven Interaction Review of an Ed-Tech Applications. *Sensors*, 19(8), 1910. <https://doi.org/10.3390/s19081910>
- Baptista, R., Coelho, A., & de Carvalho, C. V. (2015). Relationship between game categories and skills development: Contributions for serious game design. In Munkvold, R., & Kolas, L. (Eds.), *Proceedings of the 9th European Conference on Game Based Learning 1*, (pp. 34-42). Academic Conferences International Limited. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=XQloCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA34&dq=Baptista,+R.%3B+Coelho,+A.%3B+de+Carvalho,+C.+V.+Relationship+between+game+categories+and+skills+development:+Contributions+for+serious+game+design.+In+ECGBL+9th,+2015&ots=GZm4XkQrio&sig=u_WiyEKj9PfmHsZaI5GPowmUsZI#v=onepage&q&f=false
- Bekker, T., Bakker, S., Douma, I., Van Der Poel, J., & Scheltenaar, K. (2015). Teaching children digital literacy through design-based learning with digital toolkits in schools. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 5, 29-38. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2015.12.001>
- Bellotti, F., Ott, M., Arbab, S., Berta, R., De Freitas, S., Kiili, K., & De Gloria, A. (2011). Designing serious games for education: from pedagogical principles to game mechanism. In Gouscos, D., Meimaris, M. (Eds.), *Proceedings of the 5th European Conference on Games Based Learning* (pp. 26-34). Academic Publishing Limited. https://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/98/58/00/PDF/BELLOTTI_ET_AL.pdf
- Bikowski, D., & Casal, J. E. (2018). Interactive digital textbooks and engagement: A learning strategies framework. *Language Learning & Technology*, 22(1), 119-136. <http://dx.doi.org/10125/44584>
- Blumberg, F. C. & Fisch, S. M. (2013). Introduction: Digital games as a context for cognitive development, learning, and developmental research. In F. C. Blumberg y S. M. Fisch (Eds.). *Digital Games: A Context for Cognitive Development. New Directions for Child and Adolescent Development*, 139, (pp. 1-9). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/cad.20026>

- Bogusevski, D., Maddi, M., & Muntean, G. M. (2019). Teachers' Impact and Feedback Related to Technology Enhanced Learning in STEM Education in Primary and Secondary Schools. In *Proceedings of the Ireland International Conference on Education. IICE*. <http://www.newtonproject.eu/wp-content/uploads/2019/08/DBogusevskiEtAl-IICE2019-Final.pdf>
- Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., & Bilyatdinova, A. (2018). Artificial Intelligence trends in education: A narrative overview. *Procedia Computer Science*, 136, 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.233>
- Chauhan, S. (2017). A meta-analysis of the impact of technology on learning effectiveness of elementary students. *Computers and Education*, 105, 14–30. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.11.005>
- Chaw, L. Y., & Tang, C. M. (2018). What makes learning management systems effective for learning?. *Journal of Educational Technology Systems*, 47(2), 152–169. <https://doi.org/10.1177/0047239518795828>
- Chen, M. H. M., Tsai, S. T., & Chang, C. C. (2019). Effects of game-based instruction on the results of primary school children taking a natural science course. *Education Sciences*, 9(2), 79. <https://doi.org/10.3390/educsci9020079>
- Choppin, J., & Borys, Z. (2017). Trends in the design, development, and use of digital curriculum materials. *ZDM Mathematics Education*, 49(5), 663–674. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0860-x>
- Chou, C. C., Block, L., & Jesness, R. (2012). A case study of mobile learning pilot project in K-12 schools. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 5(2), 3. doi: 10.18785/jetde.0502.02
- Comi, S.L., Argentin, G., Gui, M., Origo, F., & Pagani, L. (2017). Is it the way they use it? Teachers, ICT and student achievement. *Economics of Education Review*, 56, 24–39. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2016.11.007>
- Diamond, A. (2012). Activities and programs that improve children's executive functions. *Current directions in psychological science*, 21(5), 335–341. <https://doi.org/10.1177/0963721412453722>
- Dooly, M., & Masats, D. (2015). A critical appraisal of foreign language research in content and language integrated learning, young language learners, and technology-enhanced language learning published in Spain (2003–2012). *Language Teaching*, 48(3), 343–372. <https://doi.org/10.1017/S0261444815000117>
- Erhel, S., y Jamet, E. (2013). Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness. *Computers & education*, 67, 156–167. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.019>
- Fokides, E. (2018). Digital educational games and mathematics. Results of a case study in primary school settings. *Education and Information Technologies*, 23, 851–867. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9639-5>
- Gardner, H. (1983). *Multiple Intelligences*. Basic Books.

- Goldin, A.P., Hermida, M.J., Shalom, D.E., Costa, M.E., Lopez-Rosenfeld, M., Segretin, M.S., Fernández-Slezak, D., Lipina, S.J., & Sigman, M. (2014). Far transfer to language and math of a short software-based gaming intervention. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, *111*(17), 6443–6448. <https://doi.org/10.1073/pnas.1320217111>
- González-Pienda, J. A. (2003). El rendimiento escolar. Un análisis de las variables que lo condicionan. *Revista Galego-Portuguesa de Psicoloxía e Educación*, *7*(8), 247-258. <https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/6952/?sequence=1><https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/6952/?sequence=1>
- Herder, T., Swiecki, Z., Fougat, S.S., Tamborg, A.L., Allsopp, B.B., Shaffer, D.W., & Misfeldt, M. (2018). Supporting teachers' intervention in students' virtual collaboration using a network based model. In Pardo, A., Bartimote-Aufflick, K., Lynch, G., Buckingham Shum, S., Ferguson, R., Merceron, A., y Ochoa, X. (Eds.), *Proceedings of the 8th International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, (pp. 21–25). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3170358.3170394>
- Hirsh-Pasek, K., Zosh, J.M., Golinkoff, R.M., Gray, J.H., Robb, M.B., & Kaufman, J. (2015). Putting education in “educational” apps: Lessons from the science of learning. *Psychological Science in the Public Interest*, *16*(1), 3–34. <https://doi.org/10.1177/1529100615569721>
- Hopkins, N., Tate, M., Sylvester, A., & Johnstone, D. (2017). Motivations for 21st century school children to bring their own device to school. *Information Systems Frontiers*, *19*(5), 1191-1203. <https://doi.org/10.1007/s10796-016-9644-z>
- Huffaker, D. A., & Calvert, S. L. (2003). The new science of learning: Active learning, metacognition, and transfer of knowledge in e-learning applications. *Journal of Educational Computing Research*, *29*(3), 325-334. <https://doi.org/10.2190/4T89-30W2-DHTM-RTQ2>
- Imbriale, R., Schiner, N., & Elmendorf, D. (2017). Students and Teachers Accessing Tomorrow (STAT): Baltimore County Public School's One-to-One Digital Conversion Case in Practice. *Computers in the Schools*, *34*(1-2), 3-8. <https://doi.org/10.1080/07380569.2017.1281705>
- Ke, F. (2008). Computer games application within alternative classroom goal structures: cognitive, metacognitive, and affective evaluation. *Educational Technology Research and Development*, *56*, 539- 556. doi: 10.1007/s11423-008-9086-5
- Kreijns, K., Van Acker, F., Vermeulen, M., & Van Buuren, H. (2013). What stimulates teachers to integrate ICT in their pedagogical practices? The use of digital learning materials in education. *Computers in human behavior*, *29*(1), 217-225. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.08.008>
- Lim, T., Carvalho, M.B., Bellotti, F., Arnab, S., De Freitas, S., Louchart, S., Suttie, N., Berta, R., & De Gloria, A. (2015). The lm-gm framework for serious games analysis. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.678.6172&rep=rep1&type=pdf>

- Lin, M. H., Chen, H. G., & Liu K. S. (2017). A study of the effects of digital learning on learning motivation and learning outcome. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3553-3564. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00744a>
- Liu, M., Scordino, R., Geurtz, R., Navarrete, C., Ko, Y., & Lim, M. (2014). A look at research on mobile learning in K–12 education from 2007 to the present. *Journal of research on Technology in Education*, 46(4), 325-372. <https://doi.org/10.1080/15391523.2014.925681>
- Luo, Y. F., & Yang, S. C. (2016). The effect of the interactive functions of whiteboards on elementary students' learning. *Journal of Educational Computing Research*, 54(5), 680-700. <https://doi.org/10.1177/0735633115628032>
- Martin, F., Ndoye, A., & Wilkins, P. (2016). Using learning analytics to enhance student learning in online courses based on quality Matters standards. *Journal of Educational Technology Systems*, 45(2), 165–187. <https://doi.org/10.1177/0047239516656369>
- Martin, J.M. (2018). Digital Internships: Enriching Teaching and Learning with Primary Resources. In Ortlieb, E., Cheek, E., & Semingson, P., (Eds.), *Best Practices in Teaching Digital Literacies; Literacy Research* (pp. 109–121). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/S2048-045820180000009008>
- Mateos, M. J., Muñoz-Merino, P. J., Kloos, C. D., Hernández-Leo, D., & Redondo-Martínez, D. (2016). Design and evaluation of a computer based game for education. In 2016 *IEEE Frontiers in Education Conference* (pp. 1-8). IEEE. doi: 10.1109/FIE.2016.7757356
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, (pp. 31-48). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.004>
- McKnight, K., O'Malley, K., Ruzic, R., Horsley, M. K., Franey, J. J., & Bassett, K. (2016). Teaching in a digital age: How educators use technology to improve student learning. *Journal of research on technology in education*, 48(3), 194-211. <https://doi.org/10.1080/15391523.2016.1175856>
- McLean, K. J. (2016). The implementation of bring your own device (BYOD) in primary [elementary] schools. *Frontiers in psychology*, 7, 1739. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01739>
- Pepin, B., Choppin, J., Ruthven, K., & Sinclair, N. (2017). Digital curriculum resources in mathematics education: foundations for change. *ZDM Mathematics Education*, 49(5), 645–661. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0879-z>
- Pérez, M. D. M., Duque, A. G., & Garcia, L. F. (2018). Game-based learning: Increasing the logical-mathematical, naturalistic, and linguistic learning levels of primary school students. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 7(1), 31-39. doi: 10.7821/ear.2018.1.248

- Sajjadi, P., Vlieghe, J., & De Troyer, O. (2016). Evidence-based mapping between the theory of multiple intelligences and game mechanics for the purpose of player-centered serious game design. In *8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)* (pp. 1-8). IEEE. doi: 10.1109/VS-GAMES.2016.7590348
- Santiago, K., Lukas, J. F., Etxeberria, J., & Gobantes, A. (2009). Evaluation of the IKASYS programme. *Research, Reflections and Innovations in Integrating ICT in Education*. Badajoz: FORMATEX, 51-54. <https://pdfs.semanticscholar.org/1035/483ae0a70c9c4db6947faf1f7e9e1e45778d.pdf>
- Selwyn, N. & Cooper, R. (2015). The potential of digital technology for science learning and teaching—The learners’ perspective. In Corrigan, D., Bunting, C., Dillon, J., Jones, A., Gunstone, R., (Eds.), *The Future in Learning Science: What’s in it for the Learner?* (pp. 263–277). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16543-1_14
- Šimandl, V., & Novotný, J. (2017). Using Local ICT Services to Support Lower Secondary and Primary School Teaching. *International Journal of Information and Communication Technologies in Education*, 6(1), 19-29. <https://doi.org/10.1515/ijcte-207-0002>
- Sligte, H. (2019). Best of The Netherlands: International Computer Supported Collaborative Learning-Projects in Education. Old Dreams and Current Realities. In J. Theo Bastiaens (Ed.), *Proceedings of EdMedia + Innovate Learning* (pp. 1033-1040). Association for the Advancement of Computing in Education. <https://www.learntechlib.org/primary/p/210107/>
- Sohrabi, B., & Iraj, H. (2016). Implementing flipped classroom using digital media: A comparison of two demographically different groups perceptions. *Computers in Human Behavior*, 60, 514–524. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.02.056>
- Szabó, I. y Lipóczy, S. (2015). Teaching and Learning Foreign Languages with Interactive Methods. *Gradus*, 2,80–90. http://gradus.kefo.hu/archive/2015-1/2015_1_ART_008_Szabo.pdf
- Uluylol, Ç., & Şahin, S. (2016). Elementary school teachers' ICT use in the classroom and their motivators for using ICT. *British Journal of Educational Technology*, 47(1), 65-75. <https://doi.org/10.1111/bjet.12220>
- Wang, B., Liu, H., An, P., Li, Q., Li, K., Chen, L., Zhang, Q., Zhang, X., & Gu, S. (2018). Artificial Intelligence and Education. In Jin, D., (Ed.), *Reconstructing Our Orders* (pp. 129–161). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2209-9_5
- Wilson, A., Watson, C., Thompson, T.L., Drew, V., & Doyle, S. (2017). Learning analytics: Challenges and limitations. *Teaching in Higher Education*, 22(8), 991–1007. <https://doi.org/10.1080/13562517.2017.1332026>

- Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R. O. y Nunamaker Jr, J. F. (2006). Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness. *Information and Management*, 43(1), 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.im.2005.01.004>
- Zhao, D., Bogusevschi, D. & Muntean, G.M. (2018). Improving Future STEM Education with Innovative Learning Management System and Technology-Enhanced Learning Materials NEWTON Project and Large Scale Pilots. In *Proceedings of the International Conference on Engaging Pedology*. http://www.newtonproject.eu/wp-content/uploads/2019/08/Dan_Diana_Gabriel_ICEP-paper.pdf

6 | Links Between Motivation and Metacognition and Achievement in Cognitive Performance among Primary School Pupils

Este capítulo se basa en el artículo IV (pendiente de publicación):

Lara Nieto-Márquez, N.; García, S. y Pérez Nieto, M.A. (2021) Links Between Motivation and Metacognition and Achievement in Cognitive Performance Among Primary School Pupils. *Anales de Psicología*, 37(1), 51-60. <https://doi.org/10.6018/analesps.383941>

CAPÍTULO 6

Links Between Motivation and Metacognition and Achievement in Cognitive Performance Among Primary School Pupils

Resumen

Diversas investigaciones destacan la importancia de la motivación en el rendimiento cognitivo y también la importancia de la motivación en la metacognición. El objetivo de esta investigación es indagar en las variables motivacionales que influyen en el rendimiento de tareas cognitivas y en la metacognición. La investigación se ha realizado en un colegio público de la Comunidad de Madrid. La muestra de este estudio corresponde a 354 alumnos de educación primaria, entre los 8 y 11 años de edad. Los instrumentos de medida seleccionados son: el cuestionario de Motivación hacia el Aprendizaje (MAPE-I), para las variables motivacionales; el Junior Metacognitive Awareness Inventory (Jr. MAI), para las variables metacognitivas y la batería de pruebas de Evaluación Neuropsicológica de las Funciones Ejecutivas en Niños (ENFEN), para la evaluación del rendimiento cognitivo. Los resultados obtenidos muestran efecto de la motivación de orientación al aprendizaje en relación con el rendimiento cognitivo en las pruebas que implican inhibición, flexibilidad y memoria operativa. También se observa efecto significativo entre la disposición al esfuerzo y la regulación del conocimiento. Igualmente, se analizan las relaciones entre las variables por curso para determinar el efecto de la edad. Se valoran las implicaciones educativas de los resultados.

Palabras clave: rendimiento cognitivo; motivación; metacognición; motivación a metas; logro académico; educación primaria.

Abstract

Sundry studies have emphasised the importance of motivation in cognitive performance, as well as its link to metacognitive development. The objective here is to explore the motivation variables that influence the performance of cognitive tasks, along with their effect on metacognition. The study sample consists of 354 primary school pupils aged 8-11 at a state school in the Community of Madrid (Spain). The following measuring instruments have been used for studying the variables: *Motivación para el Aprendizaje y la Ejecución* (MAPE-I) [Motivation for Learning and Execution], a questionnaire on motivation variables; the Junior Metacognitive Awareness Inventory (Jr. MAI), for metacognitive variables, and the battery of tests in the *Evaluación Neuropsicológica de las Funciones Ejecutivas en Niños* (ENFEN) [Neuropsychological Assessment of Executive Functions in Children], for assessing cognitive performance. The results reveal a significant effect between the motivation for focusing on learning and cognitive performance in the tasks that involve inhibition, flexibility, and working memory. We also find a significant effect between increased effort and knowledge regulation. Furthermore, we analyse the relations between the variables by school year to determine the age effect. We evaluate the results' academic implications.

Key words: cognitive performance; motivation; metacognition; goal motivation; academic achievement; primary school.

1. Introduction

Any study of the learning process needs to consider the sundry variables involved in students' performance in academic tasks (Short & Weissberg-Benchell, 1989). When the aim is to involve students in this process, it is important for them to learn self-regulation. In other words, they should be capable of managing and focusing their actions, thoughts and feelings toward the achievement of academic goals (Barca-Lozano et al., 2012; Gaeta, 2006). The development of self-regulation strategies will empower students to deal with the different levels of schooling and, in due course, employment (González-Pienda, 2003; Short & Weissberg-Benchell, 1989). In turn, consideration needs to be given to any possible differences between students according to their level of performance and their capacity for self-regulating their metacognitive skills, cognitive processes, and motivation for learning (Gaeta et al., 2012; Karlen, 2016).

A clear link has yet to be established between the different constructs that may be involved in learning, despite the increase in the number of studies conducted in recent years on self-regulated learning (SRL) (Núñez Pérez et al., 1998). This article therefore seeks to analyse how motivation is related to the learning process of pupils aged 8-11 and their metacognitive skills and cognitive performance.

1.1. *Theoretical Underpinnings*

Motivation plays a key role in learning in terms of academic performance, as it helps to predispose students toward studying and learning (González-Pienda, 2003; McCombs, 1988). It also explains the performance of certain tasks or the persistence in their pursuit of goals, and it has an impact on the acquisition, transfer and use of knowledge and skills (Bahri & Corebima, 2015; Dweck, 1986). One of the research streams in motivation for learning involves achievement goal theory (Dweck, 1986; Elliott & Dweck, 1988). It may therefore be affirmed that a goal consists of the motivational beliefs, skills and attributions that underpin students' behaviour (Barca-Lozano et al., 2012). Accordingly, achievement goal theory makes an important distinction between the types of goals that students may focus on. A focus on a goal and the undertaking of cognitive tasks predispose a student's reactions to success or failure (Dweck, 1986; Elliott & Dweck, 1988; González-Pienda, 2003). Likewise, this has an influence on performance, and alters the way of explaining a student's results in the task (González Cabanach et al., 1996; Tapia & Ferrer, 1992).

1.2. *Motivation for achievement or learning goals*

Learning and performance goals are highlights within an academic setting. Achievement goal theory thus assumes that students focused on learning goals will be more interested in a task's process and development. These students will seek to increase their personal competence by acquiring new skills and knowledge. These types of goals could therefore be related to intrinsic motivation, as students enjoy the effort required to master the task (Dweck, 1986; Elliott & Dweck, 1988). Several studies have also found that goal-focused motivation is associated with students' greater effort, persistence, attention, and regulation, through motivational control (Barca-Lozano et al., 2012; Gaeta et al., 2012; González Cabanach et al., 1996). This effort to achieve a goal has a positive effect on controlling and directing SRL (Karlen, 2016; Schunk, 2005). On the other hand, there are goals involving the actual undertaking or performance, whereby students will focus on their ability to obtain

positive ratings or avoid negative ones (Dweck, 1986; Elliott & Dweck, 1988). Students therefore focus on obtaining outside rewards, such as high marks or grades (extrinsic motivation) (González Cabanach et al., 1996).

This means that students pursuing both these types of goals perceive their success in tasks in a fairly similar way, but differ in the case of failure. Students focusing on performance goals see them as a test of their capabilities, which means that failure is understood to be a lack of competence. This may lead to anxiety or rejection. By contrast, students focusing on learning understand goals to be a way of achieving their objective and implementing their strategies. For these students, the attributions of failure do not involve a rejection of the task, as instead they understand it as a challenge that drives them to a greater effort to carry out their self-regulation strategies (Dweck, 1986; González Cabanach et al., 1996). Students may assess the situation, the tasks to be undertaken and their expectations depending on their focus on the type of goals.

1.3. Importance of motivation in SRL

Several models have been proposed that link motivation, cognition, metacognition and SRL with academic performance, such as those by Borkowski et al. (2000), Coutinho and Neuman (2008); McCombs (1988); and Sungur (2007a). These models have shown that altering the motivation for school tasks has an impact on students' metacognitive and cognitive focus and performance (Gaeta, 2006; Sungur, 2007).

Students' age of development has a major bearing on the study of metacognitive skills, executive functions, and the focus of their motivation (García et al., 2016; González-Pienda, 2003; Spiess et al., 2016). For example, metacognition improves with age, probably due to the students' lack of awareness of the strategies or skills they have used in the earlier stages of their schooling (Coutinho & Neuman, 2008).

1.3.1. Relationship between motivation and cognitive performance

Learning and improving students' performance requires working on their capabilities, their knowledge, their strategies, and their motivation. This will activate the mechanisms for guiding them towards the educational goals or objectives they want to achieve (García & Pintrich, 1994; McCombs, 1988; Pintrich & De Groot, 1990). Cognitive strategies or skills are fostered by complex tasks that involve the regulation of effort and persistence (Núñez Pérez et al., 1998). Accordingly, the inclusion of cognition in the study of motivation, goals and self-concept have played a prominent part in most of the theories for improving the synthesis of research into motivation in education (González Cabanach et al., 1996).

Cognitive skills are required for learning, remembering and understanding, and they include strategies for processing, transforming and organising information (Karlen, 2016; Suárez & Fernández, 2011). Cognitive variables are therefore commonly used in the prediction of academic performance (González-Pienda, 2003). The processes of coordinating cognition and honing academic skills involve executive functions (Follmer & Sperling, 2016; Spiess et al., 2016). The importance of these functions lies in their interaction when mediating in cognitive performance and behaviour for academic achievements (García et al., 2016; Roebbers, 2017).

Executive functions assist task performance, and they often act in unison for cognitive performance. This complicates their independent study (Miyake et al., 2000). The most widely studied functions in students are working memory, the flexibility for change, and the capacity for inhibition (Diamond, 2013; Kane & Engle, 2003; Miyake et al., 2000; Spiess et al., 2016). The capacity for inhibition helps students to focus their attention. Working memory is related to the refreshing of information for its short-term storage and handling. Finally, flexibility for change allows for adapting when resolving tasks (Brocki & Bohlin, 2004; Kane & Engle, 2003).

1.3.2. Relationship between motivation and metacognition

Metacognitive strategies encompass students' skills for planning, monitoring and regulating their cognition for implementing their cognitive strategies. Metacognition therefore has two components: knowledge and knowledge regulation (Flavell, 1979). Evidence has been found of metacognition's importance in motivational instruction (Barca-Lozano et al., 2012). In turn, and in relation to the achievement of learning goals, metacognition and motivation have a positive effect on achievement experiences (Landine & Stewart, 1998). Along these same lines, metacognition in SRL helps to reveal a task's requirements, together with the competences and strategies needed to resolve it (McCombs, 1988). Metacognitive strategies can therefore be used to assess effort and motivation (Garcia & Pintrich, 1994). Understanding the role that metacognition plays in SRL may explain the motivational processes that support the sustained use of strategies for resolving academic tasks (Follmer & Sperling, 2016).

2. Method

2.1. Participants

The study has used a cohort of 354 pupils selected by non-probabilistic sampling at a state school in the Community of Madrid (Spain). The pupils are aged between 8 and 11, corresponding to Years 3, 4, and 5 of primary education ($M = 8.71$; $SD = .90$). The overall sample is broken down into 145 pupils in Year 3 (40.96 %), 107 in Year 4 (30.23 %), and 102 in Year 5 (28.81 %). The group tests involve 184 boys (52 %) and 170 girls (48 %). The school has been chosen from a pilot group taking part in a project on the implementation of digital educational resources. The school has met the necessary requirements for conducting the research, expressing an interest in taking part in the study.

In view of the individual nature of the cognitive performance test and the fact it has been held outside the classroom, only 168 of the 354 pupils were involved in it ($M = 8.71$; $SD = .091$). Out of these 168 pupils, 74 are in Year 3 (44.05 %), 46 are in Year 4 (27.38 %), and 48 are in Year 5 (28.57 %). The distribution of the percentage of each sex in the cognitive performance test is similar to that in the group tests, with 90 boys (53.57 %) and 78 girls (46.43%).

2.2. Assessment instruments

The data have been gathered through the following psychometric instruments:

Model A of the Junior Metacognitive Awareness Inventory (Jr. MAI) has been selected, as it has been adapted to the ages of 8-11 for the assessment of knowledge and metacognitive regulation (Sperling et al., 2002). It contains two factors: metacognitive knowledge and knowledge regulation. The factors are rated on a Likert scale from 1 to 3, with a Cronbach's α

of .76 (Sperling et al., 2002). The model has been translated into the pupils' mother tongue, Spanish, following the recommendations made by Muñiz et al. (2013).

The MAPE-I questionnaire has been designed to assess the types of goals for the pupils' main academic tasks, as well as their increased effort (Tapia & Ferrer, 1992). MAPE-I has been adapted for pupils as of the age of 11. It is divided into three dimensions and eight factors. Each one of these dimensions comprises several factors related to the study variables. The answers to the items involve a dichotomous Yes/No format. A prior pilot test was held and no changes were required. MAPE-I's dimensions are as follows:

- *Focus on the result and avoidance versus focus on learning (D1)*. This factor is defined by the following: the inhibitory anxiety of performance, the attempt to avoid negative opinions on competence versus the attempt to increase competence, and finding positive opinions on competence versus attempts to increase competence. This factor has a Cronbach's α of 0.83 (Tapia & Ferrer, 1992).
- *Apathy toward effort (D2)*. This factor is defined by the following scales: interest in activities that do not require effort versus interest in academic activities, self-conceptualisation as a worker. This factor has a Cronbach's α of 0.87 (Tapia & Ferrer, 1992).
- *Motivation to excel versus the absence thereof (D3)*. This factor consists of the following scales: motivation for excellence and the anxiety that drives performance. This factor has a Cronbach's α of 0.77 (Tapia & Ferrer, 1992).

Concerning the variables for predicting academic performance in school tasks, the performance at cognitive level has been assessed through the ENFEN battery of tests (Portellano et al., 2011). This questionnaire has been validated for its commercialisation by the TEA publishing house (supplementary material). This means that measuring the development of executive functions enables us to evaluate aspects related to the capacity for resolving problems, behaviour, sustained attention, mental flexibility, working memory, verbal fluency, etc. It has been adapted for pupils aged 6-12, and consists of the following tests:

- *Verbal Fluency*: this test is in turn divided into two tasks, Phonological fluency (F1) and Semantic fluency (F2). The score involves the number of correct answers obtained over the number of words spoken in a minute in each one of the tasks. In the phonological fluency task, the words have to begin with the letter M, while in the semantic fluency tasks the pupils are asked to say all the words they can think of in the animal category.
- *Trails*: this test is also divided into two tasks, Grey Trails 1 (S1) and Colour Trails 2 (S2). Both tests involve joining numbers with a line as quickly as possible. Grey Trails 1 (S1) consists of joining the number in descending order. The numbers in Colour Trails 2 (S2) follow an alternating colour code, and they have to be joined in ascending order. The result of these tests is decided by the right answers and the time taken, with any mistakes or omissions being marked down.
- *Rings task (A)*: this test requires the pupils to reproduce the figures displayed using a medium that involves moving different coloured rings, transferring them between three different columns. This test is scored by the time spent on each one of the 14 subtasks, although a record is kept of the number of movements made to compose

the figure. The score for this test is inverse, as it is evaluated by the time taken on the task.

- *Interference (IN)*: this task requires the pupil to say aloud the word's colour rather than the word itself. The result in this test is based on the correct answers and the time taken on the task, with any mistakes or omissions being marked down.

2.3. Procedure

Following a briefing on the procedure and the consent of the governing board, teaching staff and parents, the tests were administered during school time over the course of one month at the beginning of the 2018-2019 school year. It was also announced that the data gathered would be used solely for research purposes. The Jr. MAI and MAPE-I were administered on a group basis to the different classes and years. These questionnaires were completed separately in class time under the supervision of the class tutor or teacher. Pupils over the age of 11 are expected to take 20 minutes to complete the MAPE-I questionnaire. Given the length of the questionnaire, the time allowed for MAPE-I for those younger than that age was extended to the whole 50 minutes of class-time to ensure the pupils could perform satisfactorily.

Given that the ENFEN questionnaire required the pupils to leave the classroom, their parents or guardians were informed of the test's conditions. Out of the 354 pupils that took part on a group basis, consent for leaving the classroom on an individual basis was forthcoming for 168 of them. These individual tests were conducted on the school premises by two people from outside the school.

The questionnaires were chosen after consulting experts and conducting a literature review, with a view to adapting them to the age of the cohort selected for the study, given the scarcity of psychometric tests available. Nevertheless, it should be stressed that the self-report tests used to measure the motivation and metacognitive variables have been questioned in the literature. This is due to the complexity of self-assessment for pupils of these ages (Pintrich & De Groot, 1990; Sungur 2007). On the other hand, the little specificity or structure of neuropsychological tests such as those of ENFEN means that doubts have been raised over their use in studies of this nature, although they are considered representative of cognitive performance (García et al., 2016). This test has been chosen because it is available on the market and has been validated in the same sample population as used in the study.

2.4. Data analysis

The purpose of this research is to analyse the impact that motivation has on cognitive performance and metacognition. Thus, the first step involves a Pearson's correlation, together with an analysis of the descriptive statistics. This was followed by an ex post facto design of the study, dichotomising the motivational variables according to their corresponding median, for studying the difference between the groups created through a general multifactorial linear model with bootstrapping. The dependent variables are cognitive performance and metacognition. The independent variable is motivation. Furthermore, these analyses have included school year as an independent variable. To do so, the pupils have been divided by year as an age-related variable. This allows determining whether age may have an impact on the relationships found.

3. Results

The results forthcoming from Pearson’s correlation analysis record low significances, as reflected in Table 1. Note should be taken of the moderate correlation between the variable Motivation for focusing on the result and avoidance versus focus on learning and the cognitive performance tests of Colour Trails 2, as well as with the Interference test. A further highlight is the moderate correlation between the variable Apathy versus increased effort and Knowledge regulation.

Table 1. Correlations between motivation, metacognitive and cognitive performance variables. Motivation variables: D1, Motivation for the focus on results and avoidance vs. focus on learning; D2, Apathy vs. increased effort; D3, Motivation for excellence vs. absence thereof. Metacognitive variables: K, Knowledge; R, Knowledge regulation. Cognitive performance variables: F1, Phonological fluency; F2, Semantic fluency; S1, Grey Trails 1; S2, Colour Trails 2; A, Rings task; IN, Interference.

	K	R	D1	D2	D3	F1	F2	S1	S2	A
R	.276**									
D1	-.111	-.105								
D2	-.094	-.283**	.351**							
D3	.166*	.154*	.301**	-.184*						
F1	.117	-.076	-.100	-.036	.052					
F2	.080	-.079	-.120	.059	-.018	.453**				
S1	.054	-.159*	-.170	.064	-.073	.208**	.296**			
S2	.153	-.064	-.375**	.054	-.117	.285**	.369**	.574**		
A	-.030	.047	-.022	.066	-.053	-.224**	-.300**	-.258**	-.411**	
IN	.128	-.050	-.319**	.084	.011	.231**	.278**	.284**	.519**	-.346**

The means recorded for each one of the items of the variables of motivation, metacognition and cognitive performance are shown in Table 2. The results reveal a general increase in the scores, rising over Years 3 to 5. This improvement in the scores might be due to the pupils’ development according to the year they are in.

The next step involved the dichotomisation of the motivation variables for the ex post facto design. The effect these variables had on cognitive performance and metacognition was determined by using a general multivariable linear model with bootstrapping. The analyses have discarded any incomplete questionnaires.

Table 2. Descriptive statistics of the scores recorded for each one of the variables. There are variations in the sample number (N) as the calculation of the variable has excluded those items for which some of the answers have not been completed. The mean (M) and standard deviation (SD) are also included.

School year	Motivation									Metacognition					
	D1			D2			D3			K			R		
	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD
Year 3	66	12.42	5.26	54	12.37	5.15	67	12.06	3.05	130	14.95	1.59	130	14.08	2.20
Year 4	77	9.22	4.75	70	12.43	4.87	71	10.32	3.63	105	15.71	1.50	101	14.28	1.99
Year 5	75	9.47	6.07	75	14.33	4.38	82	10.56	3.79	97	15.79	1.53	99	13.60	2.32
All groups	218	10.28	5.55	199	13.13	4.84	220	10.94	3.59	332	15.44	1.59	330	14.00	2.19

School year	Cognitive performance												
	F1		F2		S1		S2		A		IN		
	N	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Year 3	75	9.35	3.71	15.35	4.06	21.52	7.02	10.94	3.90	212.36	37.57	56.83	13.88
Year4	46	9.89	3.81	15.91	3.79	23.79	4.44	14.05	4.18	184.82	36.40	68.43	16.43
Year 5	47	10.72	3.33	18.26	4.94	26.82	8.11	15.83	4.81	196.59	36.46	69.06	17.20
All groups	168	9.88	3.66	16.32	4.41	23.62	7.08	13.16	4.72	100.41	38.52	63.43	16.58

3.1. Analysis of the effect of the motivation variable: D1

An analysis of the motivation variable involving the focus on learning and the cognitive performance tests revealed an effect on IN, $F(1) = 10.453$, $p = .002$ ($p < .05$), $\eta^2 = .091$, $p = .893$; and S2, $F(1) = 8.323$, $p = .005$ ($p < .05$), $\eta^2 = .073$, $p = .816$. The effects were large. By contrast, no significant effects were found among the other cognitive performance tests with motivation to focus on learning.

Figures 1 and 2 provide the descriptive statistics for the cognitive performance variables of *Trails* and *Interference* by comparing the two groups created through the dichotomisation of the motivation variable D1.

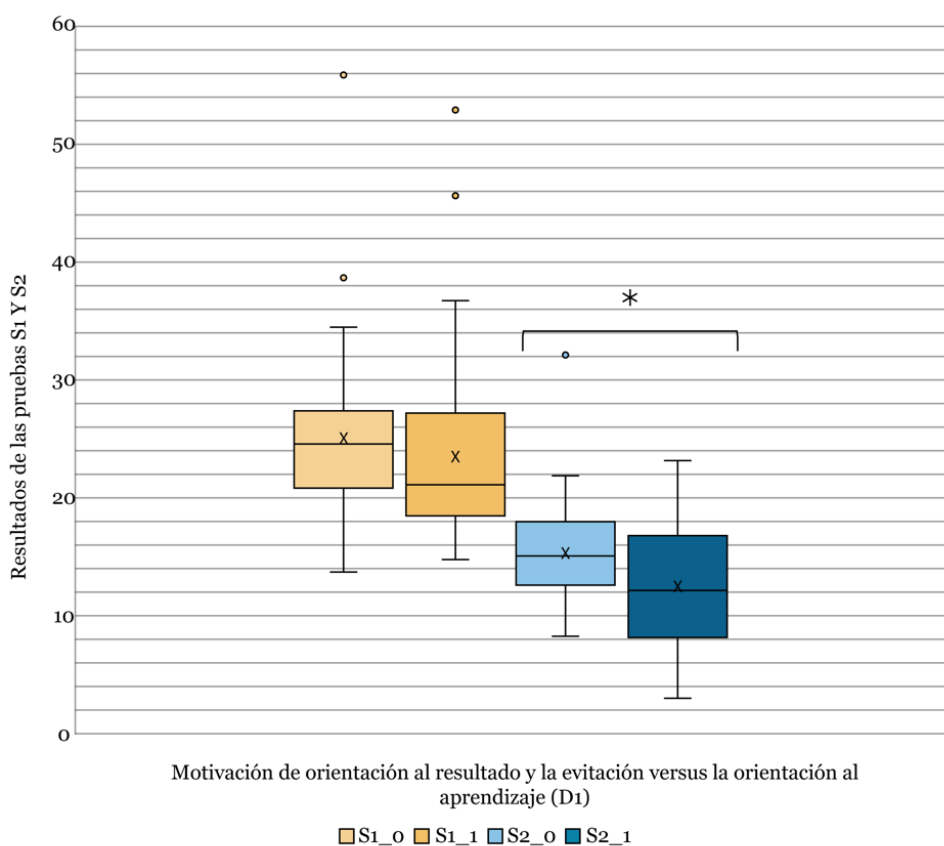


Figure 1. Schema of the differences in the descriptive statistics of the cognitive performance results in the tests of *Grey Trails 1* (S1) and *Colour Trails 2* (S2) in relation to the two groups obtained from the motivation variable (D1) of *Focus the result and avoidance* (Group 1, $N = 52$) versus *focus on learning* (Group 0, $N = 55$).

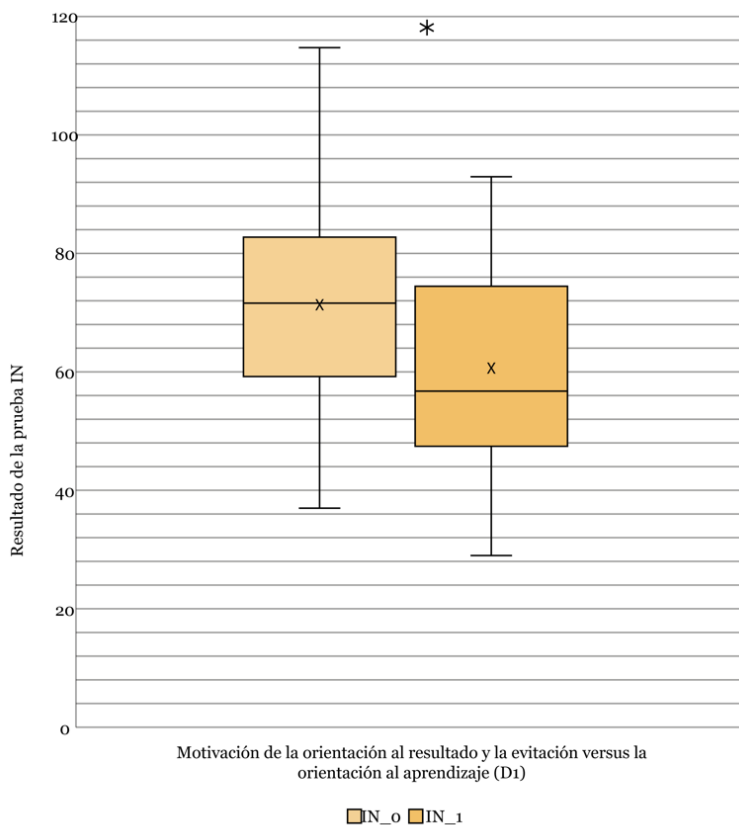


Figure 2. Schema of the differences between the descriptive statistics of the cognitive performance results in the test of *Interference (IN)* in relation to the motivation variable (*D1*) of *Focus on the result and avoidance* (Group 1, $N = 52$) versus *focus on learning* (Group 0, $N = 55$).

The introduction of school year as an independent variable together with *D1* reveals a significant effect with cognitive performance in *IN*, $F(1) = 4.739$, $p = .032$ ($p < .05$), $\eta^2 = .045$, $p = .578$. All the years record significances in the differences in cognitive performance in *F2*, $F(2) = 3.538$, $p = .033$ ($p < .05$), $\eta^2 = .065$, $p = .647$; *S1*, $F(2) = 7.040$, $p = .001$ ($p < .05$), $\eta^2 = .122$, $p = .922$; *S2*, $F(2) = 10.111$, $p = .001$ ($p < .05$), $\eta^2 = .167$, $p = .984$; *A*, $F(2) = 4.220$, $p = .017$ ($p < .05$), $\eta^2 = .077$, $p = .728$, except for *F1* and *IN*. This might indicate that age, together with motivation for learning, plays a key role in tasks involving working on the inhibition of responses. No significance is found for the effects of the results obtained between the motivation variable *D1* and *K* or *R*. No effect is found for the motivation to focus on learning with the metacognitive variables. An analysis of the school year records an effect with metacognitive knowledge, $F(2) = 4.577$, $p = .013$ ($p < .05$), $\eta^2 = .083$, $p = .765$. This may be because Year 5 pupils clearly have more metacognitive knowledge than their counterparts in Year 3.

There is no interaction between the motivation variable *D1* and school year. The Bonferroni correction shows that the years with significances between the different scores are mainly Year 3 and Year 5 in the following tests: *F1*, *F2*, *S1*, *S2*, *IN* and *K*. The tests *S2*, *IN* and *K* also record significance between Years 3 and 4. Test *A* only records significant differences between Years 3 and 4. There are no significant differences across the Years. The biggest differences are found as the pupils get older, albeit without recording major differences between Years 4 and 5. This might be due to the academic change occurring between Years 3

and 4 when passing on to the second cycle of primary education, and which is not so accentuated in the step from Years 4 to 5 as regards the development of cognitive performance.

3.2. Analysis of the effect of the motivation variable: D2

The results of the cognitive performance tests for the variable *Apathy vs. increased effort* do not show any significant effects. No effect is found between motivation for effort and cognitive performance.

Secondly, when conducting an analysis by school year, the study’s results record a significant effect with the cognitive performance tests of F2, $F(2) = 9.241, p = .001 (p < .05), \eta^2 = .177, p = .973$; S1, $F(2) = 8.683, p = .001 (p < .05), \eta^2 = .168, p = .965$; S2, $F(2) = 14.398, p = .001 (p < .05), \eta^2 = .251, p = .998$ and IN $F(2) = 6.185, p = .003 (p < .05), \eta^2 = .126, p = .882$. This is not the case for the tests F1 and A, which indicate differences in cognitive performance across the pupils’ ages.

The results obtained in the metacognitive variable of R, $F(1) = 6.790, p = .011 (p < .05), \eta^2 = .070, p = .732$ are significant with D2. Although no significant effect is recorded with the variable of K. Accordingly, the increased effort might help the pupils to improve their regulation of metacognitive processes. Figure 3 presents the descriptive statistics of the dichotomisation of the motivation variable D2, which reveal significance with the metacognitive variables.

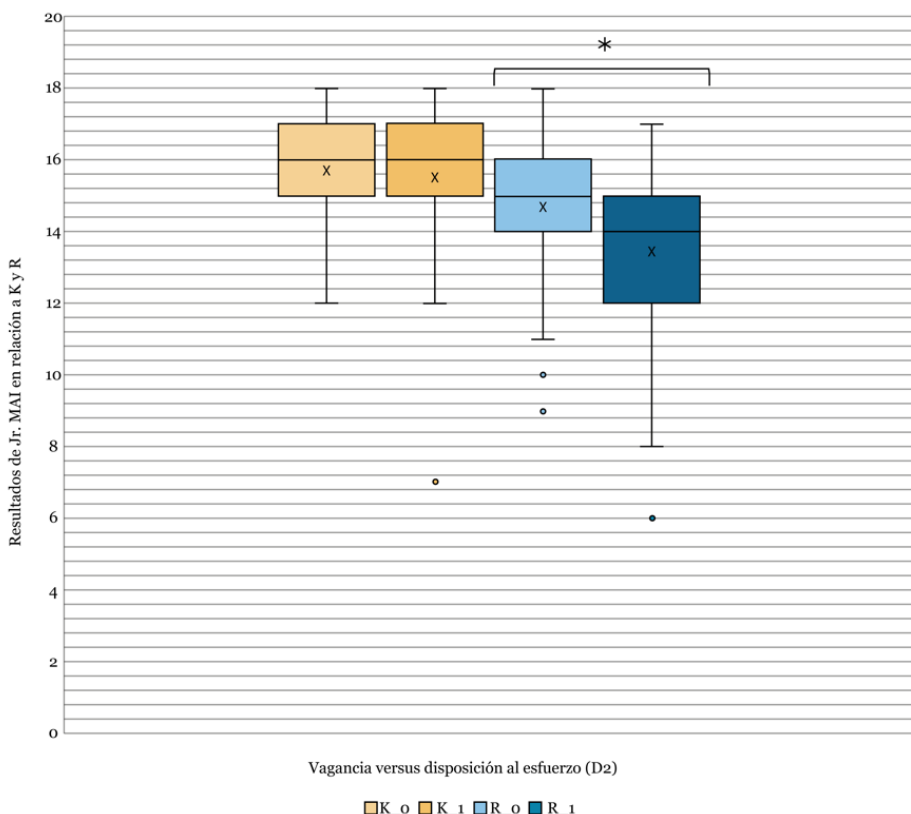


Figure 3. Schema of the descriptive statistics of the results of the variables *Knowledge (K)* and *Regulation (R)* of metacognition in relation to the motivation variable of *Apathy versus increased effort (D2)*. Group 1, N = 50; Group 0, N = 42.

When Year is included with the motivation variable D2, the only effect observed is between increased effort and R, $F(1) = 5.061$, $p = .027$ ($p < .05$), $\eta^2 = .056$, $p = .604$. No effect is detected with the independent variable Year in relation to K.

There is no interaction between D2 and Year. There are significant differences between Year 3 and 4 groups and Year 5 in the tests of F2, S1, S2 and IN. There are also differences in the F1 test between Years 3 and 5. Nevertheless, there are no differences across the groups for A in cognitive performance or in the metacognitive variables.

3.3. Analysis of the effect of the motivation variable: D3

The results for *Motivation for excellence vs. Absence thereof* do not reveal a significant effect with either the metacognitive or cognitive performance variables.

The analysis by Year records significance with the cognitive performance variables F2, $F(2) = 3.414$, $p = .037$ ($p < .05$), $\eta^2 = .063$, $p = .630$; S1, $F(2) = 3.343$, $p = .039$ ($p < .05$), $\eta^2 = .062$, $p = .620$; S2, $F(2) = 12.565$, $p = .001$ ($p < .05$), $\eta^2 = .199$, $p = .996$; A, $F(2) = 5.516$, $p = .005$ ($p < .05$), $\eta^2 = .098$, $p = .842$; IN, $F(2) = 6.977$, $p = .001$ ($p < .05$), $\eta^2 = .121$, $p = .919$. Regarding metacognition, there is an effect with K $F(2) = 3.363$, $p = .039$ ($p < .05$), $\eta^2 = .062$, $p = .623$. No differences have been found for school years in the F1 and R variables. Age is a factor that may affect the pupils' performance in the tests.

The Bonferroni correction records differences between Year 3 and Years 4 and 5 for the tests of S2 and IN. In turn, there are differences between Years 3 and 5 for F2 and S1. Test A's results record differences between Year 4 and Years 3 and 5. No differences have been found across the years for F1, K and R.

4. Discussion

The results obtained corroborate the effect of motivation with cognitive memory, working memory, and the ability to inhibit interferences between the group of pupils focused on learning and the group focused on performance. The performance in the tests that evaluate cognitive flexibility, working memory and inhibition is better in the learning-focused group, as reflected in Figures 1 and 2 corresponding to the tests of S2 and IN. This better performance in task-solving may be linked to achievement goal theory (Elliott & Dweck, 1988). Furthermore, these executive functions have often been used in studies on the performance of complex tasks, such as academic ones and the academic success related to students' self-regulation (Best et al., 2011; Miyake et al., 2000). The results obtained coincide with those of other studies, such as those by Barca-Lozano et al. (2012) and Schunk (1996), in which the focus on learning goals improves students' performance. What's more, the focus on results or the fear of failure diminish performance, which might coincide with the lower results. In the same way, Pintrich and De Groot (1990) contend that motivational components affect a student's cognitive commitment, and therefore their academic performance. Nevertheless, no effects have been found for motivation in any of the other tests, nor of the other motivation variables with cognitive performance.

The tasks in which we have found an effect of motivation on cognitive performance correspond to the tests of IN and S2. Both tests record a convergence of the evaluation of executive functions such as operating memory, the capacity for inhibition, and the flexibility for change. These executive functions underpin the importance of maintaining goals for the

competence in performance and the ability to provide a focused response to the task's goal (Brocki & Bohlin, 2004; Kane & Engle, 2003; Roebbers, 2017). As in the study by Spiess et al. (2016), the most salient results of the effect of motivation for learning have been recorded with the IN (inhibition test), being also associated with school year. On the other hand, the effect of motivation for learning is lost in the cognitive performance associated with operating memory and flexibility toward change when including age. The reason for this may be that the IN test explicitly evaluates inhibition by being considered a Stroop task, while S2 works more on operating memory and flexibility toward change. The results also show the effect of age on the pupils' cognitive performance according to school year. The difference observed is greater between Years 3 and 5. The pupils in the higher year have recorded better results in cognitive performance. This corresponds to a greater development of executive functions. It is also likely that the results obtained coincide with the development of inhibition, related to operating memory and flexibility toward change, in the capacity to remain focused on the goal (Miyake et al., 2000).

Regarding the metacognitive variables, the results show an effect of increased effort with the metacognitive regulation between the group of pupils making a greater effort and the group more inclined to apathy. In other words, pupils making a greater effort are better prepared to regulate their metacognitive knowledge. This difference is reflected in Figure 3 on results. Our findings are consistent with relationships that have been reported between motivation and metacognition in studies such as those by Follmer and Sperling (2016), Gaeta et al. (2012), Landine and Stewart (1998), Park and Bae (2014), and Pintrich and De Groot (1990). These cases have revealed the significance of effort and the effect of motivation for academic tasks when using strategies that involve the regulation of metacognition, as well as in SRL. Furthermore, greater motivation may be related to a greater capacity for the effort in using metacognitive regulation strategies in tasks (McCombs, 1988; Park & Bae, 2014).

Our research, however, has not been able to identify any effects between all the other motivation variables and metacognition, nor between increased effort and metacognitive knowledge. This contrasts with the study by García et al. (2016), in which students with metacognitive regulation also record high metacognitive knowledge, as it is considered prior to the development of regulation skills. As verified with pupils with high motivation, they are more likely to have metacognitive skills. Likewise, their focus on learning goals will predict the use of metacognitive strategies (Gaeta, 2006; Konrad, 2015). Self-regulated students will therefore make more frequent use of metacognitive strategies for persisting in complex or less interesting academic tasks (Pintrich & De Groot; 1990).

Our results also highlight the effect of the motivation that predisposes the pupils to regulate their metacognitive knowledge, regardless of their age. In turn, a highlight among the school years is the motivation for learning with metacognitive knowledge. This difference between Year 3 and Years 4 or 5 might be explained by the acquisition of metacognitive knowledge in each school year, being lower in Year 3.

4.1. Study limitations

Pupils aged between 8 and 11 have limited knowledge about metacognitive phenomena for their self-evaluation, which may interfere with their answers to the questionnaires (Flavell, 1979). Furthermore, regarding the gathering of information on motivation variables, the pupils in higher years are more likely to evaluate their self-efficacy with greater accuracy, determine the value of learning, and set goals for assessing their progress (Schunk, 1996,

2005). At the same time, learning and performance are conditioned by personal and environmental variables (González-Pienda, 2003). This study has focused on the personal aspect. A limitation on this point, whereby the children self-assess their metacognition and motivation, is that their answers will often reflect what each one considers to be socially more acceptable in their environment (García & Pintrich, 1994). The results need to be replicated with other metrics in order to compare the results forthcoming. Nevertheless, self-reports continue to be the measuring resource of choice for large samples (Karlen, 2016).

There is also some debate over the use of neuropsychological tests and the difficulty in individually assessing executive functions. The tests normally encompass numerous variables that may be affecting the performance of the tasks, which hinders their assessment or concrete outcomes (Brocki & Bohlin, 2004; García et al., 2016). These other variables could include other emotional and motivational factors that might be prompting effects that are not captured by these measuring instruments, as myriad relationships may be established within the variables of SRL (McCombs, 1988).

5. Conclusions

Although the research into academic performance has often focused on cognitive performance measures, there is still no robust model between motivation and cognition for SRL (Núñez Pérez et al., 1998). Studies such as those by McCombs (1988) and Sungur (2007, 2007a) report that motivational engagement has an influence on the cognitive and metacognitive strategies involved in performing a task that calls for the regulation of effort and persistence. Other studies, such as those by Sungur (2007a) and Karlen (2016), report the pupils' need to have a certain degree of motivation in order to resort to the use of metacognitive and cognitive processes. According to our results, it may therefore be posited that motivation has an impact on metacognitive regulation and on tasks that work on inhibition for the achievement of academic success. It should be noted that the use of cognitive or metacognitive strategies without self-regulation does not lead to a high academic performance (Pintrich & De Groot, 1990). By contrast, other studies have reported that SRL could compensate for a low level of metacognitive and cognitive strategies with high levels of motivation for learning. There is still a need to continue investigating this relationship with a view to defining it (Bahri & Corebima, 2015; Karlen, 2016).

The focus on goals, therefore, plays an important part in the self-regulation of learning and academic performance (Schunk, 2005; Sungur, 2007). An example of this is the study by Pintrich and De Groot (1990). Their research positively correlates the prediction of academic achievement with self-regulation, the use of metacognition, cognitive strategies, and motivation for learning. Students may use motivational strategies for acquiring knowledge and emotional relationships with the learning activities that will steadily broaden during their development (García & Pintrich, 1994). Students may therefore adapt or alter their strategies according to personal and contextual factors, and they can always learn new strategies (Suárez & Fernández, 2011). This supports the learning models that link the study's constructs. Nevertheless, more longitudinal studies are required to confirm and understand issues of causality (Gaeta et al., 2012; Suárez & Fernández, 2011).

The inclusion in the teaching models of strategies for focusing on goals in learning experiences, as well as feedback, and self-control and cognitive flexibility schemes, may help students to improve their academic performance (Best et al., 2011; Spiess et al., 2016). SRL

may be used to improve their ability to set goals, assess their progress, and change their learning strategies (Dweck, 1986; Schunk, 1996, 2005).

Supplementary material: Further information on the ENFEN battery of tests is available through the following link: <http://web.teaediciones.com/Who-we-are.aspx>

References

- Bahri, A., & Corebima, A. D. (2015). The contribution of learning motivation and metacognitive skill on cognitive learning outcome of students within different learning strategies. *Journal of Baltic Science Education*, 14(4), 487-500. http://eprints.unm.ac.id/11457/1/Bahri_JBSE_Vol.14_No.4%20487-500..pdf
- Barca-Lozano, A., Almeida, L. S., Porto-Rioboo, A. M., Peralbo-Uzquiano, M., & Brenlla-Blanco, J. C. (2012). Motivación escolar y rendimiento: impacto de metas académicas, de estrategias de aprendizaje y autoeficacia [School motivation and performance: impact of academic goals, learning strategies and self-efficacy]. *Anales de Psicología*, 28(3), 848-859. <https://doi.org/10.6018/analesps.28.3.156101>
- Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (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. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.01.007>
- Borkowski, J. G., Chan, L. K., & Muthukrishna, N. (2000). A process-oriented model of metacognition: Links between motivation and executive functioning. En Gregory Schraw y James C. Impara (Eds.), *Issues in the Measurement of Metacognition*, 2. Lincoln, NE: Buros Institute of Mental Measurements. <https://digitalcommons.unl.edu/burosmetacognition/2/>
- Brocki, K. C., & Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study. *Developmental neuropsychology*, 26(2), 571-593. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2602_3
- Coutinho, S. & Neuman, G. (2008). A model of metacognition, achievement goal orientation, learning style and self-efficacy. *Learning environments research*, 11(2), 131-151. <https://doi.org/10.1007/s10984-008-9042-7>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology* 64, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Dweck, C. S. (1986). Motivational processes affecting learning. *American Psychologist*, 41(10), 1040-1048. <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.41.10.1040>
- Elliott, E. S., & Dweck, C. S. (1988). Goals: An approach to motivation and achievement. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(1). doi: 10.1037//0022-3514.54.1.5

- Flavell, J. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-901. <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Follmer, D. J., & Sperling, R. A. (2016). The mediating role of metacognition in the relationship between executive function and self-regulated learning. *British Journal of Educational Psychology*, 86(4), 559–575. <https://doi.org/10.1111/bjep.12123>
- Gaeta, M. L. (2006). Estrategias de autorregulación del aprendizaje: contribución de la orientación de meta y la estructura de metas del aula. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 9(1). <http://www.aufop.com/aufop/home/>
- Gaeta, M. L., Teruel, M. P., & Orejudo, S. (2012). Motivational, volitional and metacognitive aspects of self-regulated learning. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 10(1), 73-94. http://investigacion-psicopedagogica.com/revista/articulos/26/english/Art_26_640.pdf
- García, T., Rodríguez, C., González-Castro, P., & Álvarez-García, D. (2016). Metacognition and executive functioning in Elementary School. *Anales de Psicología*, 32(2), 474-483. <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.32.2.202891>
- Garcia, T., & Pintrich, P. R. (1994). Regulating motivation and cognition in the classroom: The role of self-schemas and self-regulatory strategies. In D. H. Schunk & B. J. Zimmerman (Eds.), *Self-regulation of learning and performance: Issues and educational applications* (pp. 101-124). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. https://www.researchgate.net/profile/Teresa-Duncan/publication/233896354_Regulating_motivation_and_cognition_in_the_classroom_The_role_self-schemas_and_self-regulatory_strategies/links/55def44208aeaa26af0f46f3/Regulating-motivation-and-cognition-in-the-classroom-The-role-self-schemas-and-self-regulatory-strategies.pdf
- González Cabanach, R., Valle Arias, A., Núñez Pérez, J. C., & González García, J. A. (1996). Una aproximación teórica al concepto de metas académicas y su relación con la motivación escolar. *Psicothema*, 8(1). <http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/29565/1/Psicothema.1996.8.1.45-61.pdf>
- González-Pienda, J. A. (2003). El rendimiento escolar. Un análisis de las variables que lo condicionan. *Revista Galego-Portuguesa de Psicoloxía e Educación*, 7(8), 247-258. <https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/6952/?sequence=1> <https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/6952/?sequence=1>
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working-memory capacity and the control of attention: the contributions of goal neglect, response competition, and task set to Stroop interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132(1), 47. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.323.3307yrep=rep1ytp=pdf>

- Karlen, Y. (2016). Differences in students' metacognitive strategy knowledge, motivation, and strategy use: A typology of self-regulated learners. *The Journal of Educational Research*, 109(3), 253-265. <https://doi.org/10.1080/00220671.2014.942895>
- Konrad, S. Č. (2015). “How and Why should I study?”: Metacognitive Learning Strategies and Motivational Beliefs as Important Predictors of Academic Performance of Student teachers. *The New Educational Review*, 42(4), 239-250. doi: 10.15804/tner.2015.42.4.20
- Landine, J., & Stewart, J. (1998). Relationship between Metacognition, Motivation, Locus of Control, Self-Efficacy, and Academic Achievement. *Canadian Journal of Counselling*, 32(3), 200-212. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ576966.pdf>
- McCombs, B. (1988). Motivational skills training: Combining metacognitive, cognitive, and affective learning strategies. En C. Weinstein, E. Goetz y P. Alexander (Eds.), *Learning and study strategies, Issues in Assessment, Instruction, and Evaluation*, (pp. 141-169). Academic Press, Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-742460-6.50015-3>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49 –100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Muñiz, J., Elosua, P., & Hambleton, R. K. (2013). Directrices para la traducción y adaptación de los tests: segunda edición [Guidelines for translating and adapting tests: send edition]. *Psicothema*, 25(2), 151-157. doi: 10.7334/psicothema2013.24
- Núñez Pérez, J. C., González García, J. A., García Rodríguez, M. S., González-Pumariega Solís, S., Roces Montero, C., Álvarez Pérez, L., & González Torres, M. D. C. (1998). Estrategias de aprendizaje, autoconcepto y rendimiento académico. *Psicothema*, 10(1) 97-109. <http://hdl.handle.net/10651/29244>
- Park, S. B., & Bae, S. J. (2014). Different routes to metacognitive judgments: The role of accuracy motivation. *Journal of Consumer Psychology*, 24(3), 307-319. <https://doi.org/10.1016/j.jcps.2013.09.002>
- Pintrich, P., & De Groot, E. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33-40. [https://doi.org/O022-O663/90/\\$00.75](https://doi.org/O022-O663/90/$00.75)
- Portellano, J. A., Martínez-Arias, R., & Zumárraga, L., (2011). *ENFEN. Evaluación Neuropsicológica de las funciones ejecutivas en niños*. TEA Ediciones, S.A.U.
- Roebbers, C. M. (2017). Executive function and metacognition: Towards a unifying framework of cognitive self-regulation. *Developmental Review*, 45, 31-51. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2017.04.001>
- Schunk, D. H. (1996). Goal and self-evaluative influences during children's cognitive skill learning. *American Educational Research Journal*, 33(2), 359-382. <https://doi.org/10.3102/00028312033002359>

- Schunk, D. H. (2005). Self-regulated learning: The educational legacy of Paul R. Pintrich. *Educational Psychologist*, 40(2), 85-94. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4002_3
- Short, E. & Weissberg-Benchell, J. (1989). The triple alliance for learning: Cognition, metacognition and motivation. En C.B. McCormick, G.E. Miller & M. Pressley (Ed.), *Cognitive strategy research*, (pp. 33-63). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8838-8_2
- Sperling, R. A., Howard, B. C., Miller, L. A., & Murphy, C. (2002). Measures of children's knowledge and regulation of cognition. *Contemporary Educational Psychology*, 27(1), 51-79. <https://doi.org/10.1006/ceps.2001.1091>
- Spiess, M. A., Meier, B., & Roebbers, C. M. (2016). Development and longitudinal relationships between children's executive functions, prospective memory, and metacognition. *Cognitive Development*, 38, 99-113. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2016.02.003>
- Suárez, J., & Fernández, A. (2011). A model of how motivational strategies related to the expectative component affect cognitive and metacognitive strategies. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 9(2), 641-658. http://www.investigacion-psicopedagogica.org/revista/articulos/24/english/Art_24_550.pdf
- Sungur, S. (2007). Contribution of motivational beliefs and metacognition to students' performance under consequential and nonconsequential test conditions. *Educational Research and Evaluation*, 13(2), 127-142. <https://doi.org/10.1080/13803610701234898>
- Sungur, S. (2007a). Modeling the relationships among students' motivational beliefs, metacognitive strategy use, and effort regulation. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 51(3), 315-326. <https://doi.org/10.1080/00313830701356166>
- Tapia, J. A., & Ferrer, J. S. (1992). *El cuestionario MAPE-I: Motivación hacia el aprendizaje [The MAPE-I questionnaire. Motivation for learning]*. En Tapia J.A. (Ed.), *Motivar en la adolescencia: Teoría, evaluación e intervención* (pp. 53-91). Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid.

7 | Digital Teaching Materials and Their Relationship with the Metacognitive Skills of Students in Primary Education

Este capítulo se basa en el artículo V:

Lara Nieto-Márquez, N.; Baldominos, A. y Pérez-Nieto, M.Á. (2020). Digital Teaching Materials and Their Relationship with the Metacognitive Skills of Students in Primary Education. *Educational Sciences*, 10, 113. <https://doi.org/10.3390/educsci10040113>

CAPÍTULO 7

Digital Teaching Materials and Their Relationship with the Metacognitive Skills of Students in Primary Education

Abstract

Metacognition is a construct that is noteworthy for its relationship with the prediction and enhancement of student performance. It is of interest in education, as well as in the field of cognitive psychology, because it contributes to competencies, such as learning to learn and the understanding of information. This study conducted research at a state school in the Community of Madrid (Spain) with a sample of 130 students in Grade 3 of their primary education (8 years old). The research involved the use of a digital teaching platform called Smile and Learn, as the feedback included in the digital activities may have an effect on students' metacognition. We analyzed the implementation of the intelligent platform at school and the activities most commonly engaged in. The Junior Metacognitive Awareness Inventory (Jr. MAI) was the measuring instrument chosen for the external evaluation of metacognition. The study's results show a higher use of logic and spatial activities. A relationship is observed between the use of digital exercises that have specific feedback and work on logic and visuospatial skills with metacognitive knowledge. We discuss our findings surrounding educational implications, metacognition assessment, and recommendations for improvements of the digital materials.

Keywords: metacognition, educational technology, digital material, primary education, feedback, user experience research (UXR).

1. Introduction

The study of knowledge and how it is developed, built, and regulated has been a feature of the literature on different constructs and variables since the research by James, Piaget, and Vygotsky. Many of these variables are now contained in the theories on metacognition and self-regulated learning (Boekaerts, 1999; Fox & Riconscente, 2008; Pintrich, 2002). Flavell (Flavell, 1971; 1979) began to use the term metacognition in the 1980s, and its study has continued uninterrupted since its consolidation in the 1980s and 1990s (Baker & Cerro, 2000; Boekaerts, 1999; Fisher, 1998; Garner & Alexander, 1989; Magno, 2009; Perry et al., 2019).

According to Flavell (1979), the term "metacognition" may be described as the ability to know what one knows and how that knowledge is used. The theory propounded by Flavell (1979) considers sundry variables that could be linked to metacognitive knowledge, such as tasks, strategies, and individual characteristics. Metacognitive knowledge is, therefore, defined as: "that part of your accumulated world knowledge that has to do with people as cognitive agents and their cognitive tasks, goals, actions and experiences" (p. 906, 1979). Brown (1980) pursues another line of study, focusing on the understanding students have of their cognitive processes and their ability to regulate them. These frameworks have informed studies into students' metacognitive development (Boekaerts, 1999). Interest in the study of metacognition reappeared in recent years in line with the need to develop the profiles of students capable of coping with future challenges (Chatzipanteli et al., 2014; Perry et al., 2019;

Vermunt, 1996). This highlights the importance of metacognition in regulating and controlling learning (Efklides, 2009; Veenman et al., 2006; 2014). These processes in may also establish an important relationship with other variables, such as students' cognitive processes and motivation to perform classroom tasks (Azevedo, 2009; Casado Goti, 1998; Karaali, 2015; Lai, 2011; Mayer, 1998; Vermunt, 1996, Winne & Baker, 2013). This research stream includes several studies, such as those by Pintrich (2002), Magno (2009), and Schmitt and Sha (Schmitt & Sha, 2009). Nevertheless, its nature as a multidimensional construct means that there is a wide diversity of definitions in the literature, depending on the interpretations or perspectives that scholars adopt for the relationships between the variables (Baker & Cerro, 2000).

Besides being useful during schooling, the development of metacognitive skills and knowledge may be beneficial in the acquisition of competencies such as learning to learn (Chatzipanteli et al., 2014). Metacognition helps to bolster critical thinking and the assimilation of information, which are becoming crucial factors for the use of new technologies in our globalized world (Allen & Van der Velden, 2012; De Freitas, 2006; Georghiades, 2004; Huffaker & Calvert, 2003; Lai, 2011; Magno, 2010; Vermunt, 1996). The literature in this academic field contains studies on memory-related metacognition (Kurtz & Borkowski, 1984), reading (Borkowski, 1992; Brown, 1980; Paris & Oka, 1986; Schmitt & Sha, 2009), and the subjects of mathematics (Borkowski, 1992; Ke, 2008; Sáiz & Roman, 2011) and sciences (Huffaker & Calvert, 2003; Maturano et al., 2002; Schraw et al., 2006), along with others that focus the different variables related to metacognition for improving the learning process (Azevedo, 2009; Efklides, 2009; Pellas, 2014). Most of these studies stress the importance of making students realize the different ways of learning through which they can regulate their cognitive processes (Perry et al., 2019; Vermunt, 1996).

It is worth understanding how, therefore, students begin to gain an awareness of their knowledge and how they develop their monitoring and regulating strategies. In turn, this metacognitive knowledge advances in the different stages of schooling, from early childhood education (Chatzipanteli et al., 2014; Lai, 2011; Schmitt & Sha, 2009; Whitebread et al., 2009), with its improvements in use and comprehension from the ages of seven or eight, to adulthood (Fisher, 1998; Georghiades, 2004; Veenman et al., 2014). Metacognitive regulation can also be worked on through the practice and experience acquired from the skills and strategies promoted in the students' milieu (Garner & Alexander, 1989; Vermunt, 1996). Nevertheless, the development of this regulation is slower than the acquisition of metacognitive knowledge (Schmitt & Sha, 2009). At this point, the teacher's role is important because of a teacher's ability to influence the student's thinking process as it develops. To ensure that this process unfolds in the appropriate manner, students need to be provided with feedback on their progress, thereby helping them to acknowledge what they have learnt and to understand what processes they are using, as well as the knowledge acquired. This will enable them to establish a platform upon which they can regulate their improvement (Fisher, 1998; Vermunt, 1996).

Digital teaching materials and games often provide feedback for students that help them in their decision-making and in improving their performance over the course of the activity (Cameron & Dwyer, 2005; Ke, 2008; Lyons, 2015; Wouters et al., 2013). For this material to fulfil the purpose of developing metacognition by working on cognitive processes through feedback, it needs to have certain pedagogical characteristics and an appropriate design (e.g., Arnab & Clarke, 2017; Bellotti et al., 2011; Ke, 2008). Digital materials may instill in students the necessary level of engagement for succeeding in tasks and repeating their

success, according to the feedback obtained when continuing to improve with practice (Bellotti et al., 2011; Cameron & Dwyer, 2005; De Freitas, 2006; Huffaker & Calvert, 2003). This could mean increasing the students' long-term retention and learning abilities (Wouters et al., 2013). Nevertheless, there is still a need to continue exploring the variables that may be useful to build a design framework for digital materials to facilitate students' learning and skill development (Arnab & Clarke, 2017; Bellotti et al., 2011). The importance of the methods for implementing these materials and instructing teachers in their classroom use should also be highlighted (Arnab & Clarke, 2017).

Addressing cognitive processes through digital activities or games may be done to promote reflection processes. Working on these aspects, as well as on the students' learning strategies, may aid metacognitive development (Blumberg & Fish, 2013; Hessels-Schlatter, 2010). Consideration should also be given to students' cognitive limitations when choosing the material to be used in the classroom. These restrictions depend on the students' development stage, as it may affect the understanding of and performance at the tasks the material (Veenman et al., 2006, Blumberg & Fish, 2013). In turn, the use of these digital materials in the classroom may provide teachers with support in the schooling processes that are most suited to their students, which will also guide the individual observations and assessments of student progress (Bellotti et al., 2011).

The present research analyzes the use of different activities by area of knowledge in the lessons of 3rd Grade students (8 years old). As a second aim, we explore the relations that the use of digital materials, with several kinds of feedback, have to metacognitive knowledge or its regulation among students in Grade 3 of their primary education.

2.1. *The Smile and Learn Platform*

Smile and Learn is an intelligent platform in the field of educational technologies. As of March 2020, this intelligent platform contains more than 5000 digital activities. These activities can be classified as games, quizzes, videos, and tales, all of which have been designed and supervised by a multidisciplinary team of educators. Most of these activities can be played at different levels of difficulty. The different activities are organized through categories into eight worlds according to the type of knowledge they represent. Worlds are related to various academic subjects: Science, Logic, Literacy, Emotions, and Arts. These areas provide teachers additional material and activities for use in their lessons (Lara Nieto-Márquez et al., 2020). Also, a recommendation system based on artificial intelligence is featured in the platform to recommend activities according to the children's performance (Baldominos & Quintana, 2019).

One advantage of the implementation and analysis of the Smile and Learn platform is that it includes activities for all subjects. This allows one to analyze usability of several activities during lessons. This process may reveal the preferences for different areas at school to use technological resources. In the same way, a learning analytics system is included to provide feedback to teachers based on student performance. The feedback graphics (Figure 1) via learning analytics illustrate the progress in percentages or right or wrong answers and the time needed to complete the activity.

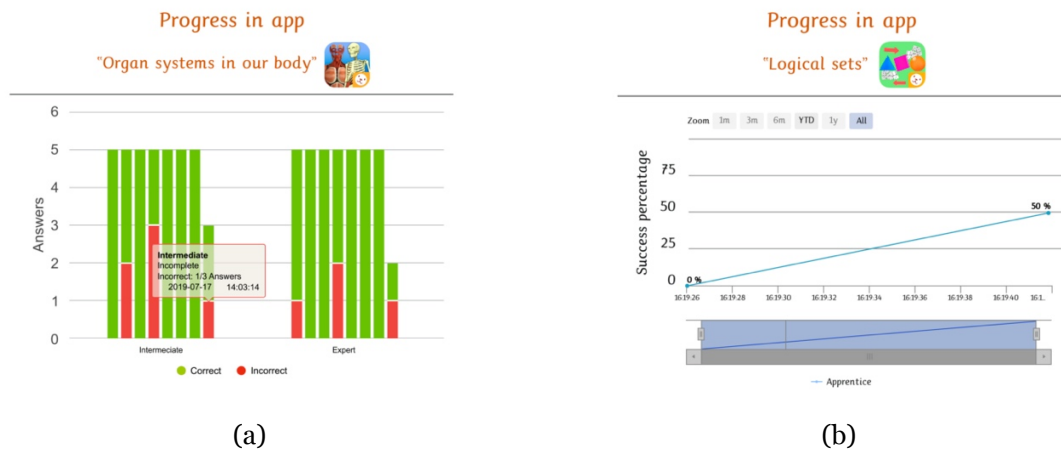


Figure 1. Graphics of the feedback for each game on the Smile and Learn platform: **(a)** Feedback graphics of the right and wrong answers each time played; **(b)** feedback of the progress from several play sessions and levels played.

The feedback included for the digital activities is designed to show the students their successes and mistakes, their time taken to perform the tasks, or a time counter of their undertakings, as well as their progress or increase in levels as they advance. These are activities that can be constantly repeated through different exercises to facilitate student instruction.

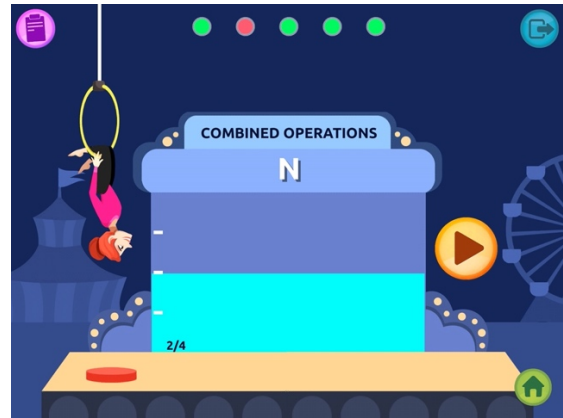
The following are a number of examples that could help develop metacognition: pairing activities, jigsaw puzzles, comparison exercises, activities for finding and selecting information, self-assessments, and activities that link knowledge to its application in everyday life, among others (Casado Goti, 1998; Chatzipanteli et al., 2014; Fisher, 1998; Vermunt, 1996). Within these activities, teachers may provide students with different types of feedback: summative, formative, indirect, direct, simple, complex, etc. (Butler & Winne, 1995; Cameron & Dwyer, 2005; Erhel & Jamet, 2013; Lyons, 2015). Suitable feedback on each task's performance might be based on the learning process through monitoring, guidance, and self-assessments for metacognitive development (Perry et al., 2019). At the same time, feedback can help students self-regulate their learning, thereby reinforcing their engagement and the achievements of their goals (Butler & Winne, 1995; Karaali, 2015).

According to these guidelines, the following are some of the characteristics that should not be ignored in the activities: initial self-assessment questions, the establishment of clear goals at the beginning of each activity, feedback on progress and areas for improvement, and the possibility of repeating the activity as often as necessary, among others (Perry et al., 2019). Feedback is required to record achievements through student actions. This fulfils two basic requirements: providing information and helping draw up a new strategy to offer a response for achieving the goal (Cameron & Dwyer, 2005). Feedback can, therefore, be defined in this way—as the information the students receive about the efficacy of their actions and as an aspect that empowers their interest in persevering in the activity (Lieberman et al., 2009).

On the Smile and Learn platform, there are feedback differences between several worlds, described as follows (Figure 2):



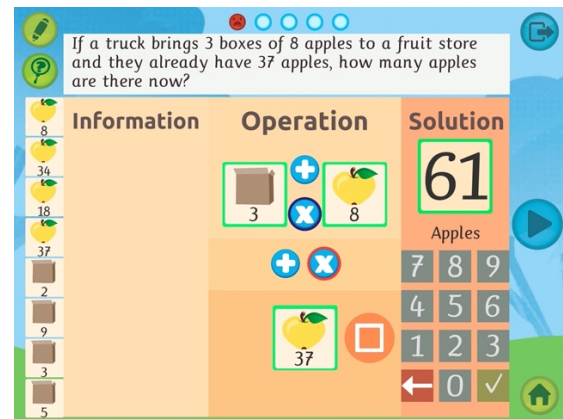
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figure 2. Screenshots of feedback examples at the activities: (a) Initial self-assessment questions for the experiment activity in the science world; (b) screen of the level progress in the adaptative calculation; on the top of the screenshot, the right and wrong answers can be assessed; (c) assessment of right and wrong answers in adaptative calculations; (d) feedback corrections to promote self-assessment; (e) final score screen for practice multiplication; (f) timed feedback for the spatial world in the puzzle activity.

- Science: This world features activities in the field of science. Feedback included during this activity includes initial self-assessment questions and right or wrong answers.
- Spatial: This world trains visual–spatial and cognitive–spatial skills. Feedback on these activities includes right or wrong answers during the activities and the time needed to complete them.
- Logic: This world works logic–mathematical skills. Feedback included in these platform activities is more variable than that in other worlds. Feedback includes right or wrong answers, corrections and specific feedback for mistakes, the time needed to complete the activities, and the level reached during the progress of adaptive calculations.
- Literacy: These activities are based on tales, vocabulary, word games, etc. Feedback for these activities offers right or wrong answers.
- Emotions: This world has activities used to develop emotional skills. Feedback provided during these activities includes right or wrong answers, as well as the time needed to complete the activity (for some).
- Arts: Artistic activities that include right or wrong answers.
- Multiplayer: This activity includes games against the machine or classmates. Feedback includes right and wrong answers.
- An additional activity without feedback where the student manages the resources earned by the activities performed to build virtual villages.

2. Materials and Methods

2.1. Participants and Cohorts

The sample consisted of 130 students in Grade 3 (8 years old) at a state school in the Community of Madrid (Spain). The cohort was selected by means of non-probabilistic sampling. The school was selected from among several schools that joined the pilot groups within the Community of Madrid during the first year of implementation. Some characteristics for selection were: being a state school, having a sufficient number of digital devices for every child to use, engagement of the teachers with the platform, and collaborating with the research project. At the beginning of the school year, the students' ages were as follows: Mean = 7.89; SD = 0.311. At the end of the year, the ages were: Mean = 8.49; SD = 0.503. There were 72 boys (55.38%) and 58 girls (44.62%).

2.2. Instruments

The questionnaire Junior Metacognitive Awareness Inventory (Jr. MAI) (Sperling et al., 2002) was used for compiling data on the metacognition variable. Model A was used and adapted for children aged 8–11. This questionnaire consists of 12 questions, with an answer scale ranging from 1 to 3 and an α -Cronbach of 0.76 (Sperling et al., 2002). This questionnaire is composed of two factors that correspond to the metacognitive concept formulated by Brown (1980).

- **Metacognition Knowledge (K):** This factor assesses students' knowledge about their learning process. It consists of 6 items that provide the final score for this factor. Metacognitive knowledge corresponds to an understanding of cognition or of cognitive processes, focusing on declarative knowledge regarding "knowing about". This involves knowledge on the strategies and procedures for resolving the task (processes of reading, writing, memory, problem-solving, etc.) and also includes understanding the effectiveness of the individual capabilities, skills, and experiences for performing a task (Baker & Brown, 1984; Burón, 1993).
- **Metacognition Regulation (R):** This scale assesses whether students recognize their regulation process in learning tasks, as well as if they apply this process when they study or work in class. R is built with 6 items that give the final score. Metacognitive regulation (or the regulation of activities that control thought and learning) focuses on procedural knowledge—in other words, "knowing how". Three key processes are distinguishable within this aspect. First, there is the anticipation or planning of activities prior to a task's resolution to anticipate activities and their outcomes. Then, there is the control, monitoring, and regulation of strategies during a task's resolution, which are applied to a task's resolution through the verification, correction, or review of the strategy used. Third, there is the assessment of the results obtained, according to the goals pursued and their efficacy (Baker & Brown, 1984; Burón, 1993).

Since the questionnaire was originally drafted in English, it was translated into Spanish to ensure that all the students can fully understand it. We followed the basic recommendations to adapt the questionnaire according Muniz et al. (2013). The α -Cronbach is 0.56.

This questionnaire was selected after a literature review and was able to be applied to the age group selected for the study. Although research on metacognitive variables has increased in recent years, the evidence found in the literature is usually applied to older populations with better management of their metacognitive regulation (e.g., Muñoz et al., 2013; Veenman et al., 2006,). There are few questionnaires that assess metacognition at age 8. First, however, we decided to carry out a study on metacognition as it is a relevant construct for the academic lives of students. We also started with this analysis because children begin to use technology at very young ages and because we wanted to determine whether there is relationship between both variables at these ages.

On the other hand, most of the instruments designed for analyzing said data are based on interviews or self-assessments and self-reported questionnaires (e.g., Schraw & Dennison, 1994; Sperling et al., 2002; 2004; Whitebread et al., 2009). This generates controversy when evaluating metacognitive variables. For 8-year-olds, carrying out a self-assessment of one's abilities and processes (Flavell, 1979; Schraw & Dennison, 1994) is psychologically difficult to perform and troublesome to communicate. Despite this, self-reports are the test most commonly used to collect data from large samples (Karlen, 2016). This study used the Jr. MAI questionnaire due to its simple application to the selected population and its extensive use in the literature, together with its counterpart for other ages: the Metacognitive Assessment Inventory (MAI) (Baker & Cerro, 2000; Ke, 2008; Magno, 2010; Ning, 2019; Schraw & Dennison, 1994; Zyromski et al., 2017). The instrument used for compiling metrics on the usage time of the digital material was the Smile and Learn platform itself, which was used during the present study with the class. Each activity played on Smile and Learn platform records the time and provides additional feedback on performance, allowing the creators to analyze and study general patterns of behavior to design more personalized experiences for

users. This collection of usage time facilitates the analysis of the most commonly played areas and the time dedicated to each.

2.3. Procedure

The first step involved explaining the procedure to the school and seeking the families' consent. The information provided included assuring the school community that the data gathered would be used solely for the research project in this study. For the assessment of the digital material and its relationship with the development of metacognition, a quasi-experimental study was conducted during the school day. Pre-test data were collected at the beginning of the school year in October 2018. Following this initial step, the teachers were instructed in the use of the platform, which they deployed during class time over six months. Post-test data were then collected in April 2018 following the same procedure. The questionnaire was administered by two external evaluators who responded to any queries the students might have had.

The teachers' sessions, held on both a group and individual basis, involved showing the students how the Smile and Learn platform works, how to use its functions to customize their profiles, and how to prepare teaching units through the choice of applications (for example). Furthermore, to help teachers choose the material that could be used each year, a teacher's book was compiled with the activities corresponding to each year according to the school curriculum of the Community of Madrid. Didactic guidelines and activities information were also provided (included as Supplementary Materials).

The purpose of the material developed by Smile and Learn is to complement and assist teachers. Based on this premise, and thanks to the platform's unrestricted use at the school, we assessed the implementation and real-world use of the different applications (games, quizzes, videos, and tales) within the classroom. Teachers were free to choose the activities they wanted to work with in class to analyze their preferences. The time spent on each activity may reveal the temporal differences between each one of the worlds into which the activities are grouped according to the skills they address: science, spatial, logic, literacy, emotional, art, and multiplayer.

2.4. Data Analysis

The students were mapped according to their user data gathered by the platform. The users registered in the platform's database were tracked in tandem with all their peers in their Grade 3 classes (8 years old) to obtain a 1:1 ratio. The time of use was calculated according to the time taken by the different activities that comprise each of the worlds.

The statistical software used for analyzing the data was SPSS Statistics 22. First, to analyze the usage, we applied descriptive statistics. These data answer the objective of evaluating the implementation and teachers' preferences.

Secondly, this study weeks to verify whether there is a relationship with the metacognitive variables (knowledge and regulation) through the use of the Smile and Learn platform's teaching applications. In order to test our hypotheses according to the stated goal, the two covered alternatives are described below:

1. Relationships with the variable Metacognition knowledge:
 - H₀: There is no relationship between the use of digital activities with the incorporated feedback and metacognitive knowledge.
 - H₁: There is a relationship between the use of digital activities with the incorporated feedback and metacognitive knowledge.

2. Relationships with the variable Metacognition regulation:
 - H₀: There is no relationship between the use of digital activities with the incorporated feedback and metacognitive regulation.
 - H₁: There is a relationship between the use of digital activities with the incorporated feedback and metacognitive regulation.

For the inter-subjects of this analysis, the data were analyzed using an ANOVA of repeated measures, with time of use as the covariable. The scores recorded for the metacognitive variables were taken as the dependent variables. H₀ is discarded when $p \leq 0.05$.

Our variables are quantitative. To define the variables for Metacognition knowledge and Metacognition regulation, we followed the Theorem of the Central Limit (Dagnino, 2014; Fontanelli et al., 2019). Moreover, the variables are a summation of several items that can be identified as interval variables. Likewise, the platform usage time variable is a ratio variable.

3. Results

3.1. Analysis of Usage

The analysis of the usage of each of the worlds during class time recorded the following percentages: Logic (86.92%), Spatial (83.08%), Arts (14.62%), Science (10%), Emotions (7.69%), Multiplayer (5.38%), and Literacy (3.85%).

Greater use was made of the applications related to logic and visuospatial aspects given unrestricted use at school. This study selected the worlds whose activities exceeded 50% usage. Thus, we focus on the Logic and Spatial worlds. The descriptive statistics of usage for the Logic and Spatial worlds are presented in Figure 3.

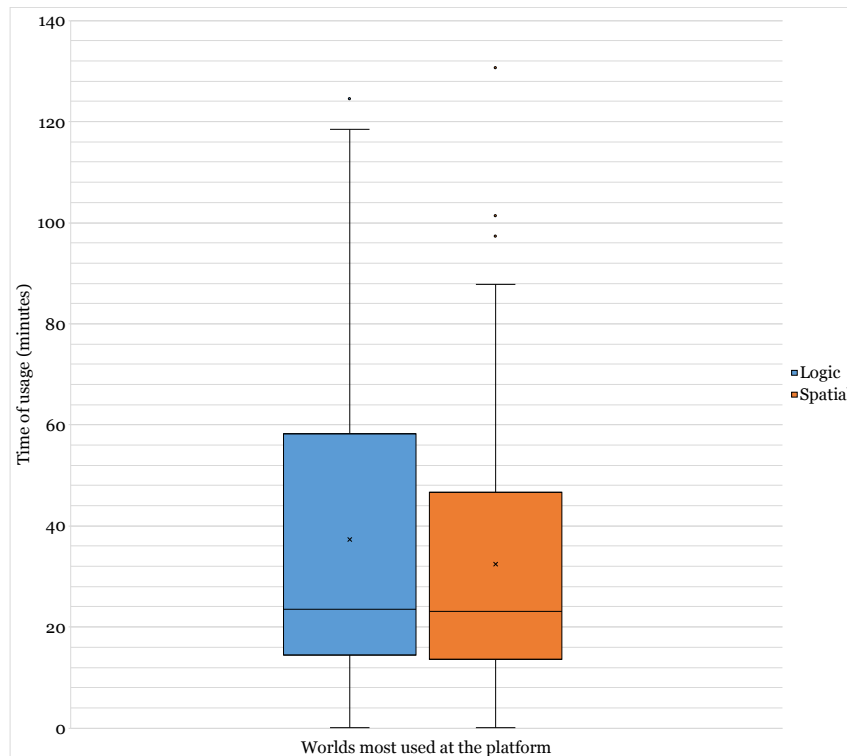


Figure 3. Graphic of the descriptive statistical use for the Logic and Spatial worlds in the 3rd grade of primary education. Number of students who played Logic activities = 113. Average time engaging in Logic activities = 37.34 min. Number of students who played Spatial activities = 108. Average time spent with Spatial activities = 32.39 min.

The results obtained shows the teachers’ preferences for producing digital activity-based lessons that work Logic and Spatial skills. This use may indicate that teachers have a greater interest in working on these skills with technological resources. On the other hand, there activities may be the best designed or adapted to teaching needs.

3.2. Analysis of the Effects of Using Digital Material on Metacognition

To assess the metacognition variables, we used the Jr. MAI. student scores from the questionnaire, which are included in Table 1. A greater improvement in the scores was found for Metacognition Regulation. The descriptive statistics of all students who completed the pre-test and post-test are included. The differences between the number of students correspond to the experimental mortality of this type of research at school.

Table 1. Descriptor statistics of the average according to the scores taken pre-test and post-test. The legend of the column titles is the following: N (number of students), AVG (average), SD (standard deviation), Min. (minimum value), and Max. (maximum value).

	Pre-test N= 130				Post-test N=114			
	AVG	SD	Min.	Max.	AVG	SD	Min.	Max.
Metacognition Knowledge (K)	14.95	1.59	11.00	18.00	15.27	1.67	9.00	18.00
Metacognition Regulation (R)	14.08	2.19	8.00	18.00	14.60	2.18	9.00	18.00

In order to observe the effects of using digital material for the scores obtained from the Jr. MAI questionnaire, we analyzed the results through an ANOVA of repeated measures. This statistical test and the structure of the database allows SPSS Statistics to recognize paired data to select the students who fit the defined conditions. First, the condition selected relates to students who completed pre-test and post-test and played in the Logic World. Second, to apply a statistical analysis, the condition involved students who played Spatial activities and completed both questionnaires. The results reveal significance with Metacognition Knowledge (K) through the use of teaching applications from the Logic and Spatial worlds. The relationship results of using Logic activities with Metacognition Knowledge are as follows: $F(1) = 4.250, p = 0.043$ ($p < 0.05$), $\eta^2 = 0.058, p = 0.529$ (Figure 4). With the use of logic applications, H_0 ($p \leq 0.05$) is discarded for the first assumption of the relationship with metacognitive knowledge. The relationship between the variables studied, however, cannot be discarded itself.

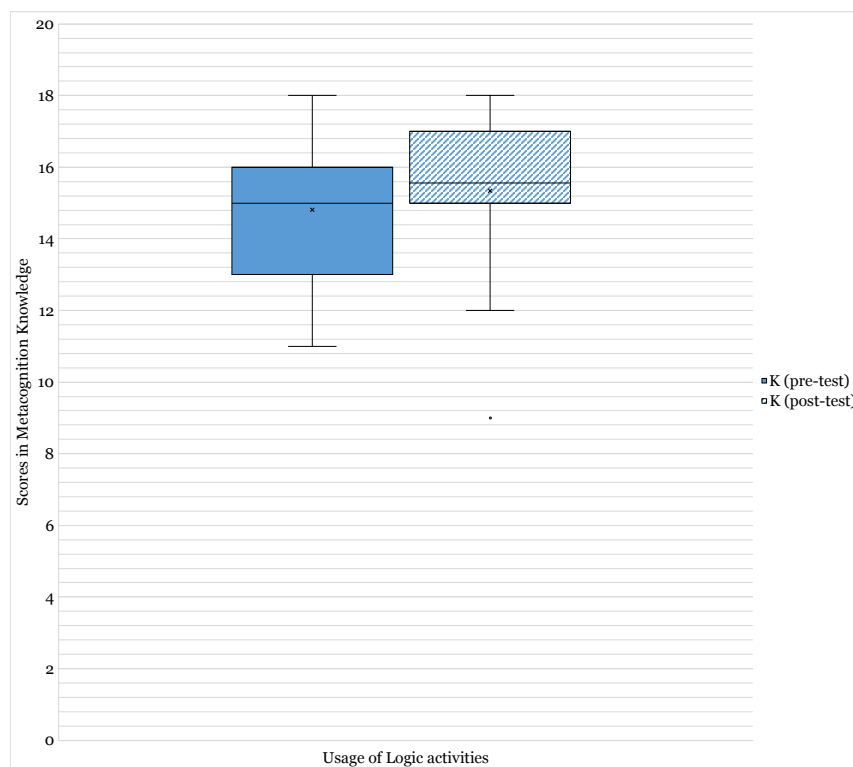


Figure 4. Graphic representation of the differences between the descriptive statistical scores for Metacognition Knowledge (K) with the use of teaching applications that address logical–mathematical skills. The statistical representations correspond with students who completed the pre-test and post-test and played Logic activities. Number of students = 71.

The use of applications from the Spatial world is also significant, showing higher scores in Metacognition Knowledge (K), $F(1) = 5.417, p = 0.023$ ($p < 0.05$), $\eta^2 = 0.077, p = 0.630$. The power effect is higher for the use of Spatial applications than for Logic concerning their relationship to Metacognition Knowledge (K). These results may represent feedback for the time impact, which is more representative in the Spatial world (Figure 5). Thus, when $p \leq 0.05$ is obtained, H_0 is discarded relative to the first assumption. Thus, there may be relationships between the use of applications in the Spatial world with the incorporated feedback and metacognitive knowledge in the samples of this study.

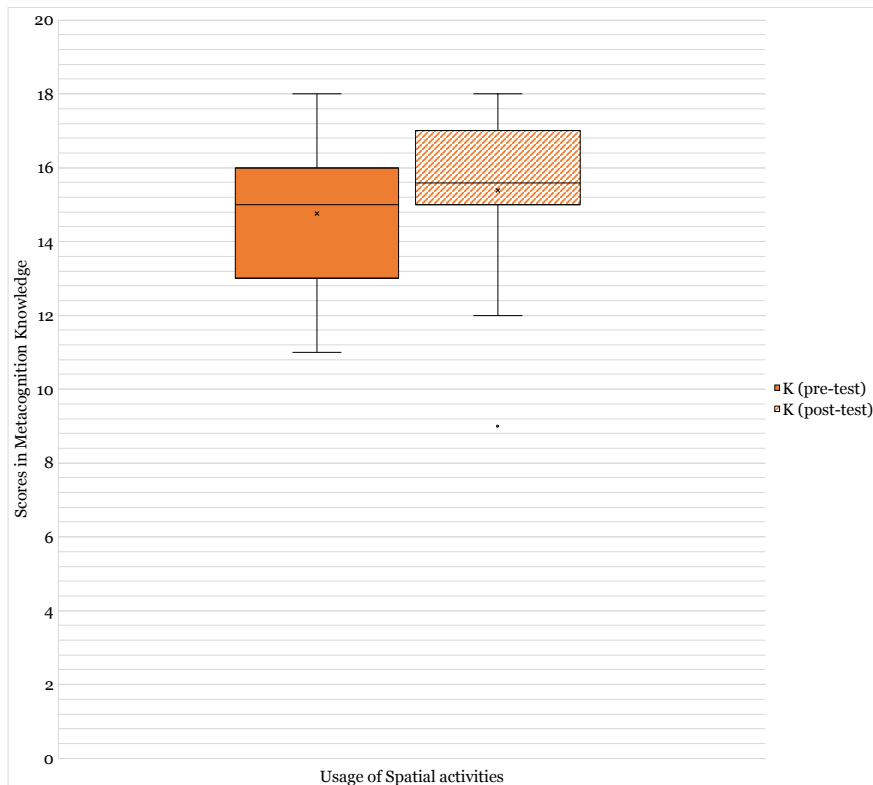


Figure 5. Graphic representation of the differences between the descriptive statistical scores for Metacognition Knowledge (K) with the use of teaching applications that address visuospatial skills. The statistical representations correspond to students who completed the pre-test and post-test and played Spatial activities. Number of students = 67.

Nevertheless, no significance was recorded for metacognition regulation. H_0 is, thus, accepted ($p > 0.05$) for the second assumption. There may be no relationship between digital activities with the incorporated feedback and metacognitive regulation among our students. This event might be explained by the lack of a relationship between feedback and metacognitive regulation. Other factors that could affect these results are the age of the students or the limitations presented by this type of questionnaire. The lack of other worlds limits the comparisons and further analyses of the platform's usability.

4. Discussion

The use at school shows teachers' preferences for activities related to Logic and Spatial skills. The increased use of these activities may be due to their ease of implementation in the classroom. One of the limitations in this study is the lack of time in classes to explain the syllabus, which reduces the possibility of incorporating new methods that take time to implement (Baek, 2008; Uluyol & Şahin, 2016). Likewise, the scarce use of the worlds of Science and Literacy could be addressed by the fact that they require more time in the classroom for each of their activities to be completed. On the other hand, their greater use compared to other worlds, such as those of Multiplayer or Emotions, may be due to the differences in the number of activities included in each world. In the Logic and Spatial worlds, there are more activities than in the worlds of Multiplayer and Emotions (Cf. additional material). Thus, in the analysis of usage, it can be said that the use of Logic activities was chosen by teachers because of their time of use in the classroom, as they are used as complementary materials to reinforce the school curriculum.

However, Spatial world activities are also highly used. These activities are also short, although they are more focused on developing student skills or personal competence. Such implementation may be understood by their interest on developing other students' competences or due to their prior academic performance. Thus, the teacher interest in reinforcing student learning is highlighted by using brief and easy-to-implement activities that they can use as support for, or as a supplement to, their classes (Kreijns et al., 2013; Uluyol & Şahin, 2016).

The implementation of this material is considered satisfactory, as the teachers' collaboration and interest has always been helpful. However, the motivations for teacher to use digital activities has not ensured good use of all materials (Uluyol & Şahin, 2016). The implementation related to the differences among areas may be questionable. This can be explained by the teachers' need to receive more specific training or due to the training in the use of these materials themselves. Teachers' training in the use of technological material in the classroom should help them to accompany students in the use of that technology (Kreijns et al., 2013). In this way, greater benefits could have been obtained by adopting training intensification to assist in the use of said materials to impact student learning. This training, which is more focused on how to make the applications work with students, could help improve their dedication to worlds like Science and Literacy.

It would be necessary to continue investigating the teaching needs and areas of interest for the use of technology in the classroom. The design of activities can be improved by using materials that are more attuned to teaching and classroom needs. Quick activities, such as puzzles or math operations, may need to be planned in as many areas as possible to adapt to class rhythm.

The results obtained reveal relationships with metacognitive knowledge when using digital materials with feedback included and also with the activities in the Logic and Spatial worlds. The feedback included in these kinds of activities mainly involves goal setting (right or wrong answers) and time spent on the activity. This feedback could help students understand what they have to do and provide encouragement to achieve their goals. Further, this feedback may have helped the students in Grade 3 (8 years old) recognize what they understood about the activities that address logical–mathematical and visuospatial skills. Moreover, the characteristic feedback for activities such as adaptive calculations may help students understand their progress, as well as their metacognition knowledge. In turn, students with learning difficulties in the subject of mathematics may benefit from acquiring metacognitive knowledge, as these difficulties are often caused by not knowing what they have to do in the tasks (Cornoldi, 1997). Accordingly, significance is found in the relationship between the use of mathematics applications and metacognitive knowledge. Metacognition is related to mathematical skills, and this relationship may be two-way, whereby the mathematical exercises help to develop metacognitive knowledge (Cornoldi, 1997; Karaali, 2015). In turn, mathematical skills are related to spatial skills, which might explain the significant results in both areas (Bavelier et al., 2012; Cornoldi, 1997). Obtaining results with greater effects on spatial skills raises the possibility that feedback for time and progress can be relevant for metacognitive knowledge. This means that addressing logical–mathematical and spatial skills through digital material might impact the cognitive work that facilitates metacognitive knowledge. Metacognitive instruction by feedback seems to aid students' metacognition knowledge recognition. That could be most significant for students who lack favorable conditions and opportunities to spontaneously learn metacognitive knowledge and

skills from referents like parents, peers, or teachers (Flavell, 1971; Pellas, 2014; Whitebread et al., 2009).

Nevertheless, no relationships were found with metacognitive regulation, although the between scores during the test found higher differences with that variable. The literature generally reports that most metacognitive activities emerge between the ages of 8 and 10 and are developed and perfected in later years (Chatzipanteli et al., 2014; Veenman et al., 2006). This could explain the results for metacognition knowledge acquisition at age 8 but not for managing such knowledge to put it into practice. However, there are studies that seem to raise doubts about this, such as that by Whitebread et al. (2009), who contends that the tools for measuring metacognition at early ages are not suited to children's language skills. Flavell (1979) contends that young children have limitations when applying metacognitive strategies, as they make scant use of their cognitive abilities. It is during the first years of primary education that children explore the development and management of their cognitive and metacognitive skills in step with the heightened demands of their school activities. As they progress through the various stages of schooling, children begin to more clearly understand what they know and how they learn, becoming able to determine their parameters of action (Sáiz & Roman, 2011; Whitebread et al., 2009). Nevertheless, it should be noted that some processes unfold before others. Metacognitive skills such as monitoring or assessment seem to mature later than skills like planning. Thus, very young children can show a basic understanding of orientation, planning, and reflection if the task captures their interest and is suited to their level of understanding. This may be addressed in classrooms through different approaches to enable the children to develop metacognitive strategies for problem-solving (Azevedo, 2009; Sáiz & Roman, 2011; Veenman et al., 2006). Metacognitive skills are developed, for example, when the student faces the need to learn something new during stimulating situations like learning challenges. Depending on these challenges, the student must choose the correct strategy for achieving their goal. The metacognitive aspects of learning are related to the individual's awareness of the requirements for resolving the tasks and the repertoire of strategies that can be used to complete those tasks successfully (Efklides, 2009; Magno, 2009; Vermunt, 1996). This means finding numerous possible strategies and practices for developing metacognitive skills. Moreover, if digital materials have an effect on metacognitive regulation, more complex feedback is needed. To help students apply their metacognition knowledge during tasks, more personalized feedback and activities to practice their metacognition (such as discussions) need to be designed.

These results are consistent with the findings reported in the study by Kurtz and Borkowski (1984), in which there is a noticeable improvement in the results obtained but not in the metacognitive processes of knowledge transfer. The same applies to Ke (2008), in which no significance was found in the regulation of learning when using digital activities, although the achievements made were indeed greater. This means that technology may provide a basis for assisting students, but there are still no digital materials that can help in their regulation, as this is a task that befalls the tutors or teachers that work with the students during their learning process. In this same vein, the study by Sáiz and Román (2011) involving an intervention into metacognitive skills acquisition considered the importance of the student's cognitive development in coping with the different processes that metacognition encompasses, obtaining significant results regarding the students' self-management of the tasks.

Learning metacognitive strategies calls for systematic modelling involving constant supervision of how the task is performed and positive or ongoing feedback (Casado Goti, 1998;

Georghiades, 2004). A further option for working on metacognitive strategies is to include them in the teaching material to enable students to understand when, why, and how to apply them (Chatzipanteli et al., 2014; Magno, 2009; Maturano et al., 2002). This will help reinforce metacognitive knowledge and regulations, which can improve with instruction and training strategies by facilitating attention, the use of the students' capacities, and greater awareness of comprehension issues (Corno, 1986). This may enable students to learn more than just memory-based knowledge by showing them how to use strategies, coordinate them, extrapolate them to similar tasks, etc. (Schraw et al., 2006; Sternberg, 1998). As noted, metacognition interacts with numerous aspects of students, such as their skills, personalities, and learning styles. At the same time, metacognition converges with other attributes linked to the skills required for success at school (Sternberg, 1998). Nevertheless, it is not easy to develop the thought processes and self-assessments required in this learning process to improve the development of cognitive and metacognitive skills (Casado Goti, 1998).

Metacognition regulation and knowledge are complementary, which requires one to specify the type of process or knowledge involved when addressing a metacognitive study. Metacognition seeks to study the knowledge of diverse mental operations and determine how, when, and why we should use them (Burón, 1993). An analysis of the relationship between metacognition and experience reveals that metacognitive experiences are interrelated and develop as experience is gained. In other words, the experiences linked to metacognitive errors affect the student's metacognitive system. On the other hand, metacognitive skills may be fostered by a student's experiences (Flavell, 1979). As an individual's experience increases in the field, together with their availability and production, the use of associated strategies increases (Pintrich, 2002). The incorporation of strategies in teaching for the development of metacognition may be an alternative way to improve the learning process and provide support for children with special educational needs. However, this debate should focus on finding the right methods and activities to begin implementing strategies and improve students' metacognitive processes.

The globalization of modern society and advances in new technologies are prompting constant changes that force education to deal with new challenges. Academic instruction, therefore, has to adapt to these changing times by developing the competencies that hone the skills and attitudes that permit lifelong learning (Allen & Van der Velden, 2012; Magno, 2010). Today's children are no longer the only ones that have to learn, as adults also need skills to recognize, assess, and reconstruct existing knowledge to tackle everyday challenges in the workplace. Herein lies the importance of metacognition in education for fostering a society that can evolve, thus revealing the need to adopt strategies for learning, thinking, managing information, and equipping oneself with instruments to ensure that students are self-reliant in their personal development (Azevedo, 2009; Winne & Baker, 2013; Zyromski et al., 2017).

By including feedback on the students' progress and performance in the tasks, digital materials could help students personalize their learning, as well as foment the assessment and support processes the students require to develop their metacognitive skills (Arnab & Clarke, 2017; Bellotti et al., 2011; Huffaker & Calvert, 2003). This would lead to a more effective impact on the students' performance in diverse knowledge areas by making both student and teacher aware of the student's learning needs. Progress in this matter requires a more detailed study of the instructional processes that underpin digital materials of this nature through feedback for knowledge acquisition and the development of metacognitive regulation (Casado Goti, 1998; Huffaker & Calvert, 2003; Wouters et al., 2013). In turn, it has also been observed

that, as a teaching support, the classroom use of digital materials and games is more effective when students are involved in peer learning or teamwork in which they take part in group tutorials (Chatzipanteli et al., 2014; Fisher, 1998; Ke, 2008; Wouters et al., 2013). This means that digital materials should also be designed to facilitate these lines of work in the classroom.

4.1. Study Limitations

Metacognition refers to the mental processes of the highest order involved in learning (Baker & Cerro, 2000; Veenman et al., 2006). Assessing or measuring metacognitive skills (such as knowledge or regulation) requires awareness and understanding of what is being done (and how) to inform the evaluator (Baker y Cerro, 2000). The studies associated with metacognition involve numerous related terms, such as metacognitive beliefs, metacognitive knowledge, metamemory, metacognitive experiences, metacognitive skills, learning strategies, self-regulation, self-control, and self-assessment (Muñiz et al., 2013; Veenman et al., 2006). There is an explicit limitation in the literature in the metrics used to assess metacognitive regulation and knowledge (Georghiadis, 2004). As noted by Ke (2008) and Schmitt and Sha (2009), a quantitative metacognitive study does not provide results that are as representative as those obtained qualitatively, as it offers a report that calls upon children to self-assess themselves. In the second case, observation during these processes could indicate whether the students are using metacognitive strategies for regulating their learning processes but do not know how to express those strategies in words or in a self-report. Nevertheless, the students may also be familiar with their metacognitive strategies or have metacognitive knowledge, although this does not mean this knowledge is put into practice in an appropriate manner (Schmitt & Sha, 2009). This aspect could be addressed through classroom practice or activities that help the students acknowledge what they know and how to transfer that knowledge to different tasks. The literature agrees, however, that the training of metacognitive skills is of use to the learning process (Arnab & Clarke, 2017; Azevedo, 2009; Sáiz & Roman, 2011). It would be expedient, nonetheless, to regulate these practices or training processes to also support the knowledge transfer process (Kurtz & Borkowski, 1984; Sáiz & Roman, 2011; Schmitt & Sha, 2009). Furthermore, there is a need to work on self-knowledge, how one learns, what tools can be used, and how to set learning targets to help students acknowledge and regulate their knowledge (Efklides, 2009; Flavell, 1979; Pintrich, 2002; Veenman et al., 2006).

4.2. Importance of Activities Designed for Learning and Training Metacognitive Skills

These methods for analyzing metacognitive processes could be improved via the assistance of technology through computer activities, as posited in the study of Veenman and Elshout (1994), or through online courses, as suggested by Pellas (2014). This requires incorporating the parameters appropriate for data-gathering to assess the variables involved in metacognitive processes through smart platforms (Winne y Baker, 2013) or following pre-established classification models, such as the one by Zhang et al. (1988). This means that activities could be regulated in line with the students' progress, providing the teacher with a guide on how to support each student's metacognitive regulation and providing more personalized feedback based on also helping metacognitive regulation and not only metacognitive knowledge. The drafting of longitudinal studies on this importance is also pertinent for determining these assessment methods. Once the importance of metacognitive regulation and knowledge to student development and academic progress has been

established, as reported by Perry et al. (2019), the next step would ideally involve the development of instruments for assessing metacognition in action and the long-term impacts that metacognitive development might have.

There is still a need to continue working on feedback from the relevant platforms to ensure that feedback is not just summative or informative but instead more personal and detailed to help each pupil think more about his or her progress and how digital material may facilitate metacognitive regulation (Butler & Winne, 1995). Explaining and providing more detailed feedback on the efficacy of tasks could also help the students improve (as reported by Cameron and Dwyer (2005) and increase their activity (Lyons, 2015). In their findings, Erhel and Jamet (2013) contend that the use of instructions in educational games or activities, along with continuous feedback on the student's progress, provides more significant learning. Instruction is still needed when choosing games and activities to teach a specific strategy or provide a step forward in the development of the relevant skills, which involves starting with simple activities (Chatzipanteli et al., 2014). This allows the thought process related to the purpose of that particular game or activity to be more explicit.

A further way to enhance these studies is to explore different implementation and collaboration options with teachers for the use of such games in class, as well as to continue investigating ways to improve these educational activities. One should not ignore the fact that metacognition is a multidimensional construct (Efklides, 2009). The more variables that are gathered depending on metacognitive processes, the closer we approach a suitable model for metacognitive instruction and measurement.

5. Conclusions

This research analyzed the use of the platform Smile and Learn in the 3rd Grade (8 years old) at a state school, as well as the relationship between the feedback of student knowledge and the regulation of metacognition. In summary, the assessment of the platform's usage was satisfactory for the activities included in the topic-related Logic and Spatial worlds. Digital activities in these areas are preferred by teachers. More research is needed to improve teachers' training and their implementation of knowledge from other areas. For the activity design, further analytics empowering usability characteristics need to be developed.

Secondly, this study examined the relationships between feedback and metacognitive variables (knowledge and regulation). Some types of feedback from the activities, such as time or correct results, revealed relationships with the effects of knowledge metacognition. It is important to continue analyzing more specific relationships to improve digital materials to be implemented in class. This focus may improve the digital design of such activities.

Thus, digital materials should be designed with more personalized feedback, and specific tools for assessing metacognition via artificial intelligence should be developed to analyze their effects. For that purpose, variables that define the metacognition process can be defined as metrics to be collected via artificial intelligence through digital activities. This could support teachers in their evaluative work and aid student progress. Moreover, this data collection may help researchers find more relationships among the variables that involve metacognitive skills.

However, understanding the role that age plays is key to assessing these metacognitive processes. These complex processes start around the age of 8, which is a limitation for

measuring such processes through the self-assessments of very young students. As a final remark, metacognition skills are relevant for student learning. Thus, teacher support is needed for successful training. In this sense, it will be urgent and decisive for the field to ensure studies on metacognition remain linked with new technology and future advances in the field.

References

- Allen, J. P., & van der Velden, R. K. W. (2012). Skills for the 21st century: implications for education. *ROA Research Memoranda*, 11. Maastricht: Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt, Faculteit der Economische Wetenschappen. <http://staff.uks.ac.id/%23LAIN%20LAIN/KKNI%20DAN%20AIPT/Undangan%20Muswil%2023-24%20Jan%202016/references/kkni%20dan%20skkni/referensi%20int%20dan%20kominfo/job%20descriptions/mobile%20computing/file25776.pdf>
- Arnab, S., & Clarke, S. (2017). Towards a trans-disciplinary methodology for a game-based intervention development process. *British journal of educational technology* 48(2), 279-312. <https://doi.org/10.1111/bjet.12377>
- Azevedo, R. (2009). Theoretical, conceptual, methodological, and instructional issues in research on metacognition and self-regulated learning: A discussion. *Metacognition and Learning*, 1(4), 87-95. <https://doi.org/10.1007/s11409-009-9035-7>
- Baek, Y. K. (2008). What hinders teachers in using computer and video games in the classroom? Exploring factors inhibiting the uptake of computer and video games. *CyberPsychology & Behavior*, 11(6), 665-671. <https://doi.org/10.1089/cpb.2008.0127>
- Baker, L. & Brown, A. (1984). Metacognitive skills and reading. In Pearson, P.D. (Ed.), *Handbook of Reading Research* (pp. 1-99). Lawrence Erlbaum Associates. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED195932.pdf>
- Baker, L., & Cerro, L. (2000). Assessing metacognition in children and adults. In G. Schraw & J. Impara (Eds.), *Issues in the Measurement of Metacognition* (pp. 99-145). Lincoln, NE: Buros Institute of Mental Measurements. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1003&context=burosmetacognition>
- Baldominos, A., & Quintana, D. (2019) Data-Driven Interaction Review of an Ed-Tech Applications. *Sensors*, 19(8), 1910. <https://doi.org/10.3390/s19081910>
- Bellotti, F., Ott, M., Arbab, S., Berta, R., De Freitas, S., Kiili, K. & De Gloria, A. (2011). Designing serious games for education: from pedagogical principles to game mechanism. In Gouscos, D., Meimaris, M. (Eds.), *Proceedings of the 5th European Conference on Games Based Learning* (pp. 26-34). Academic Publishing Limited. https://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/98/58/00/PDF/BELLOTTI_ET_AL.pdf
- Blumberg, F. C., & Fisch, S. M. (2013). Introduction: Digital games as a context for cognitive development, learning, and developmental research. In F. C. Blumberg y S. M. Fisch (Eds.), *Digital Games: A Context for Cognitive Development. New Directions for*

- Child and Adolescent Development*, 139, (pp. 1–9). John Wiley & Sons.
<https://doi.org/10.1002/cad.20026>
- Boekaerts, M. (1999). Metacognitive experiences and motivational state as aspects of self-awareness: Review and discussion. *European journal of psychology of education*, 14(4), 571–584. <https://doi.org/10.1007/BF03172980>
- Borkowski, J. G. (1992). Metacognitive theory: A framework for teaching literacy, writing, and math skills. *Journal of learning disabilities*, 25(4), 253-257. <https://doi.org/10.1177/002221949202500406>
- Bavelier, D., Green, C.S., Pouget, A. & Schrater, P. (2012). Brain plasticity through life span: learning to learn and action video games. *Annual Review of Neuroscience*, 35, 391-416. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-060909-152832>
- Brown, A.L. (1980). Metacognitive development and reading. In Spiro, R.J., Bruce, B.C., Brewer, W.F., (Eds.), *Theoretical Issues in Reading Comprehension* (pp. 453–481). Erlbaum:Hillsdale
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Sprw8DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA453&dq=Brown,+A.L.+Metacognitive+development+and+reading.+&ots=QT62hUtiz9&sig=HGfY1mR-xPJtIzJfuo4RJSgKKGo#v=onepage&q=Brown%2C%20A.L.%20Metacognitive%20development%20and%20reading.&f=false>
- Burón, J. (1993). Enseñar a aprender: Introducción a la metacognición. Ediciones Mensajero.
- Butler, D. L., & Winne, P. H. (1995). Feedback and self-regulated learning: A theoretical synthesis. *Review of educational research*, 65(3), 245-281. <https://doi.org/10.3102/00346543065003245>
- Cameron, B., & Dwyer, F. (2005) The effect of online gaming, cognition and feedback type in facilitating delayed achievement of different learning objectives. *Journal of Interactive Learning Research*, 16(3), 243-258. <https://www.learntechlib.org/p/5896/>
- Casado Goti, M. (1998). Metacognición y motivación en el aula. *Revista de Psicodidáctica*, (6), 99–107. <https://www.redalyc.org/pdf/175/17514484009.pdf>
- Chatzipanteli, A., Grammatikopoulos, V., & Gregoriadis, A. (2014). Development and evaluation of metacognition in early childhood education. *Early child development and care*, 184(8), 1223-1232. <https://doi.org/10.1080/03004430.2013.861456>
- Corno, L. (1986). The Metacognitive Control Components of Self-Regulated Learning. *Contemporary educational psychology*, 11(4), 333-346. [https://doi.org/10.1016/0361-476X\(86\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0361-476X(86)90029-9)
- Cornoldi, D.L.C. (1997). Mathematics and metacognition: What is the nature of the relationship?. *Mathematical cognition*, 3(2), 121-139. <https://doi.org/10.1080/135467997387443>

- Dagnino, J. (2014). La distribución normal. *Rev. Chil. Anest.*, 43, 116–121. <http://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanestv43n02.08.pdf>
- De Freitas, S. I. (2006). Using games and simulations for supporting learning. *Learning, media and technology*, 31(4), 343-358. <https://doi.org/10.1080/17439880601021967>
- Efklides, A. (2009). The role of metacognitive experiences in the learning process. *Psicothema*, 21(1), 76–82. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1031.6590&rep=rep1&type=pdf>
- Erhel, S., & Jamet, E. (2013). Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness. *Computers & education*, 67, 156-167. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.019>
- Fisher, R. (1998). Thinking about thinking: Developing metacognition in children. *Early Child Development and Care*, 141(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/0300443981410101>
- Flavell, J. H. (1971). First discussant's comments: What is memory development the development of? *Human Development*, 14, 272-278. <https://doi.org/10.1159/000271221>
- Flavell, J. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-901. <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Fontanelli, O., Miramontes, P., & Mansilla, R. (2019). Distribuciones de probabilidad en las ciencias de la complejidad: Una perspectiva contemporánea. *arXiv Prepr. arXiv:2002.09263*. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2002/2002.09263.pdf>
- Fox, E., & Riconscente, M. (2008). Metacognition and self-regulation in James, Piaget, and Vygotsky. *Educational Psychology Review*, 20(4), 373-389. <https://doi.org/10.1007/s10648-008-9079-2>
- Garner, R., & Alexander, P. A. (1989). Metacognition: Answered and unanswered questions. *Educational psychologist*, 24(2), 143-158. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2402_2
- Georghiades, P. (2004). From the general to the situated: Three decades of metacognition. *International journal of science education*, 26(3), 365-383. <https://doi.org/10.1080/0950069032000119401>
- Karaali, G. (2015). Metacognition in the classroom: Motivation and self-awareness of mathematics learners. *PRIMUS*, 25(5), 439-452. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1027837>
- Hessels-Schlatter, C. (2010). Development of a theoretical framework and practical application of games in fostering cognitive and metacognitive skills. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 9(2), 116-138. doi: 10.1891 / 1945-8959.9.2.116

- Huffaker, D. A., & Calvert, S. L. (2003). The new science of learning: Active learning, metacognition, and transfer of knowledge in e-learning applications. *Journal of Educational Computing Research*, 29(3), 325-334. <https://doi.org/10.2190/4T89-30W2-DHTM-RTQ2>
- Karlen, Y. (2016). Differences in students' metacognitive strategy knowledge, motivation, and strategy use: A typology of self-regulated learners. *The Journal of Educational Research*, 109(3), 253-265. <https://doi.org/10.1080/00220671.2014.942895>
- Ke, F. (2008). Computer games application within alternative classroom goal structures: cognitive, metacognitive, and affective evaluation. *Educational Technology Research and Development*, 56, 539- 556. doi: 10.1007/s11423-008-9086-5
- Kreijns, K., Van Acker, F., Vermeulen, M., & Van Buuren, H. (2013). What stimulates teachers to integrate ICT in their pedagogical practices? The use of digital learning materials in education. *Computers in human behavior*, 29(1), 217-225. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.08.008>
- Kurtz, B. E., & Borkowski, J. G. (1984). Children's metacognition: Exploring relations among knowledge, process, and motivational variables. *Journal of Experimental Child Psychology*, 37(2), 335-354. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(84\)90008-0](https://doi.org/10.1016/0022-0965(84)90008-0)
- Lai, E. R. (2011). Metacognition: A literature review. *Always learning: Pearson Research Report*, 24. http://images.pearsonassessments.com/images/tmrs/metacognition_literature_review_final.pdf
- Lara Nieto-Márquez, N., Baldominos, A., Cardeña Martínez, A., & Pérez Nieto, M.Á. (2020). Un análisis exploratorio de la implementación y uso de una plataforma inteligente para el aprendizaje en educación primaria. *Applied Sciences*, 10, 983. <https://doi.org/10.3390/app10030983>
- Lieberman, D. A., Bates, C. H., & So, J. (2009). Young children's learning with digital media. *Computers in the Schools*, 26(4), 271-283. <https://doi.org/10.1080/07380560903360194>
- Lyons, E. J. (2015). Cultivating engagement and enjoyment in exergames using feedback, challenge, and rewards. *Games for Health Journal*, 4(1), 12-18. <https://doi.org/10.1089/g4h.2014.0072>
- Magno, C. (2009). Investigating the Effect of School Ability on Self-efficacy, Learning Approaches, and Metacognition. *Online Submission*, 18(2), 233-244. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED509128.pdf>
- Magno, C. (2010). The role of metacognitive skills in developing critical thinking. *Metacognition and Learning*, 5(2), 137-156. <https://doi.org/10.1007/s11409-010-9054-4>
- Maturano, C. I., Soliveres, M. A., & Macías, A. (2002). Estrategias cognitivas y metacognitivas en la comprensión de un texto de Ciencias. *Enseñanza de las*

- Ciencias*, 20(3), 415-425.
<https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21831/21665/0>
- Mayer, R. (1998). Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving. *Instructional science*, 26(1-2), 49-63. <https://doi.org/10.1023/A:1003088013286>
- Muñiz, J., Elosua, P. & Hambleton, R.K. (2013). Directrices para la traducción y adaptación de los tests: Segunda edición. *Psicothema*, 25, 151-157. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4654026>
- Ning, H. K. (2019). The bifactor model of the junior Metacognitive Awareness Inventory (Jr. MAI). *Current Psychology*, 38(2), 367-375. <https://doi.org/10.1007/s12144-017-9619-3>
- Paris, S. G., & Oka, E. R. (1986). Children's reading strategies, metacognition, and motivation. *Developmental review*, 6(1), 25-56. [https://doi.org/10.1016/0273-2297\(86\)90002-X](https://doi.org/10.1016/0273-2297(86)90002-X)
- Pellas, N. (2014). The influence of computer self-efficacy, metacognitive self-regulation and self-esteem on student engagement in online learning programs: Evidence from the virtual world of Second Life. *Computers in Human Behavior*, 35, 157-170. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.02.048>
- Perry, J., Lundie, D., & Golder, G. (2019). Metacognition in schools: what does the literature suggest about the effectiveness of teaching metacognition in schools?. *Educational Review*, 71(4), 483-500. <https://doi.org/10.1080/00131911.2018.1441127>
- Pintrich, P. R. (2002). The role of metacognitive knowledge in learning, teaching, and assessing. *Theory into practice*, 41(4), 219-225. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_3
- Sáiz, M. C. & Román, J. M. (2011). Entrenamiento metacognitivo y estrategias de resolución de problemas en niños de 5 a 7 años. *International Journal of Psychological Research*, 4(2), 9-19. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3904244>
- Schmitt, M. C., & Sha, S. (2009). The developmental nature of metacognition and the relationship between knowledge and control over time. *Journal of Research in Reading*, 32(2), 254-271. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2008.01388.x>
- Schraw, G. & Dennison, R. (1994). Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19(4), 460-475. <http://wiki.biologyscholars.org/@api/deki/files/99/=Schraw1994.pdf>
- Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in science education*, 36(1-2), 111-139. <https://doi.org/10.1007/s11165-005-3917-8>
- Sperling, R. A., Howard, B. C., Miller, L. A., & Murphy, C. (2002). Measures of children's knowledge and regulation of cognition. *Contemporary Educational Psychology*, 27(1), 51-79. <https://doi.org/10.1006/ceps.2001.1091>

- Sperling, R., Howard, B., Staley, R., & DuBois, N. (2004). Metacognition and self-regulated learning constructs. *Educational Research and Evaluation*, 10(2), 117-139. <https://doi.org/1380-3611/04/1002-117>
- Sternberg, R. J. (1998). Metacognition, abilities, and developing expertise: What makes an expert student?. *Instructional science*, 26(1-2), 127-140. <https://doi.org/10.1023/A:1003096215103>
- Uluyol, Ç., & Şahin, S. (2016). Elementary school teachers' ICT use in the classroom and their motivators for using ICT. *British Journal of Educational Technology*, 47(1), 65-75. <https://doi.org/10.1111/bjet.12220>
- Veenman, M. V., Bavelaar, L., De Wolf, L., & Van Haaren, M. G. (2014). The on-line assessment of metacognitive skills in a computerized learning environment. *Learning and Individual Differences*, 29, 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.01.003>
- Veenman, M. V., & Elshout, J. J. (1994). Differential effects of instructional support on learning in simulation environments. *Instructional science*, 22(5), 363-383. <https://doi.org/10.1007/BF00891961>
- Veenman, M. V., Van Hout-Wolters, B. H., & Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: Conceptual and methodological considerations. *Metacognition and learning*, 1(1), 3-14. <https://doi.org/10.1007/s11409-006-6893-0>
- Vermunt, J. D. (1996). Metacognitive, cognitive and affective aspects of learning styles and strategies: A phenomenographic analysis. *Higher education*, 31(1), 25-50. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF00129106.pdf>
- Whitebread, D., Coltman, P., Pasternak, D.P., Sangster, C., Grau, V., Bingham, S., Almeqdad, Q., & Demetriou, D. (2009). The development of two observational tools for assessing metacognition and self-regulated learning in young children. *Metacognition and learning*, 4(1), 63-85. <https://doi.org/10.1007/s11409-008-9033-1>
- Winne, P. H., & Baker, R. S. (2013). The potentials of educational data mining for researching metacognition, motivation and self-regulated learning. *Journal of Educational Data Mining*, 5(1), 1-8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3554619>
- Wouters, P., Van Nimwegen, C., Van Oostendorp, H., y Van Der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of educational psychology*, 105(2), 249-265. <https://doi.org/10.1037/a0031311>
- Zhang, Z., Franklin, S., & Dasgupta, D. (1998). Metacognition in software agents using classifier systems. In *American Association for Artificial Intelligence (AAAI)*, (pp. 83-88). <https://www.aaai.org/Papers/AAAI/1998/AAAI98-012.pdf>
- Zyromski, B., Mariani, M., Kim, B., Lee, S., & Carey, J. (2017). The Impact of Student Success Skills on Students' Metacognitive Functioning in a Naturalistic School Setting. *Professional Counselor*, 7(1), 33-44. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1159653>

8 | Assessment of the Effects of Digital Educational Material on Executive Functions Performance

Este capítulo se basa en el artículo VI:

Lara Nieto-Márquez, N., Cardaña Martínez, A., Baldominos, A., González Petronila, A., & Pérez Nieto, M.Á. (2020). Assessment of the Effects of Digital Educational Material on Executive Functions Performance. *Frontiers in Education*, 5, 545709. <https://doi.org/10.3389/feduc.2020.545709>

CAPÍTULO 8

Assessment of the Effects of Digital Educational Material on Executive Functions Performance

Abstract

The use of digital educational material in classrooms has increased in recent years, now constituting a major market for publishers and companies. The present research addresses a digital material assessment in two different areas. First, the study through an evaluation of internal data collected on the platform shows an analysis of the use and implementation of digital material into the school. Secondly, it exposes an external examination of the effect of using digital material at school on students' executive functions. The sample consisted of 168 children aged 8-11 from a state school in the Community of Madrid (Spain). The instrument selected for the external assessment of academic progress was the Evaluación Neuropsicológica de las Funciones Ejecutivas en Niños (ENFEN) [Neuropsychological Assessment of Executive Functions in Children]. The Learning Analytics system of the Smile and Learn platform recorded the students' use during class. According to the usage analysis, the results obtained show preference of using activities from Logic and Spatial worlds. In the external analysis of the effect of the learning material, the results record a significant effect using activities in Logic and Spatial worlds with the Grey Trails task, which involves spatial perception, processing speed and working memory, among others. A second analysis to contrast the results with a *post hoc* design approaches relationships among executive functions as involved in tasks like Grey Trails, Interference, and Ring Tasks within the usage of Spatial and Logic activities. The need for further research to improve these materials for enhanced learning, and the extrapolation of training from executive functions to other tasks is discussed. Likewise, limitations of the implementation and design of these materials are pointed out.

1. Introduction

Since the emergence of the first technologies in the 80's, such as videos and computers, the aim of using these resources, as of how they can help learning within the educational sphere, has been a subject of study. This involved a stream of research that has focused on the use of digital resources for teaching students, with examples on the use of videos (e.g., Zhang et al., 2006) and the implementation of digital resources for computers in classrooms (Lopez-Rosenfeld et al., 2013; Santiago et al., 2009; Mateos et al., 2016; Goldin et al., 2014). Today, with the increase in the number and use of electronic devices (computers, smartphones and tablets), the market for digital educational material is constantly growing (Blumberg and Fisch, 2013; Hirsh-Pasek et al., 2015; Hickmott et al., 2016). This growth has led to a greater use of technologies in the classroom (Lieberman et al., 2009). Nevertheless, researchers and professionals within the educational field are still seeking to understand how this material helps students to learn.

If the market tends toward the use of these digital materials as a classroom resource, then internal and external assessment strategies need be designed and put in place to help foster the students' learning process (Hirsh-Pasek et al. 2015; Mateos et al., 2016). Given the

huge volume of digital material that is appearing on the market, it is often difficult to assess its use and usefulness. This point constitutes a weakness of the material being used in the educational system (Lieberman et al., 2009; Hirsh-Pasek et al. 2015).

As first goal, this paper considers an assessment of the real use and implementation of digital material by teachers into a school. This objective pursues to describe which areas used more digital material as support to their lessons. This may reveal preferences for different areas of knowledge or subjects at school for using activities. The educational platform Smile and Learn has the advantage of including activities for all the subjects to observe this kind of users' behavior with freedom of choice. In second place, this study analysis the effect of using digital material at class in pupils' executive functions. The executive functions are analyzed as a variable to measure the academic performance (C.f. Best et al.,2011). This goal contributes to clarify the implications that the use of digital resources as support for lessons may have in learning. Moreover, both aims may approach new directions to designing and developing digital material based on users' experience. The second goal included a *post hoc* experiment with the objective of providing more information about the relationships among digital materials usage and the scores obtained at different tasks by the ENFEN battery.

1.1 Present study

This study is structured with a brief definition of the platform Smile and Learn in Section "Platform Smile and Learn." Section "Digital material design" is based on game design, followed by the digital material used in this study and an introduction to this field. Section "Theoretical background: Digital material for learning" provides a theoretical background to the use of digital material for learning, as well as its relationship to executive functions. Furthermore, an explanation of the relationship of executive functions to learning according to the review of the relevant literature for this study is included. In Section 4, materials and methods are described. Results are developed in section "Theoretical background: Digital material for learning." First, the use of the platform is analyzed. Then the section is organized presenting the results of the effect of the use of the digital material on the executive functions. These results are followed by the analysis of a study designed to contrast the time of use with the effects obtained in the previous analysis. The discussion and limitations of the study are presented in section "Discussion," followed by the conclusions (see section "Discussion") and the implications of this study (section "Implications of the study").

2. Platform Smile and Learn

Smile and Learn is an intelligent platform in the field of learning technologies available for the most common operating systems (Android, iOS, Linux and Windows). When loaded, the application displays an environment with 8 different topic-worlds, according with the knowledge they work (classified in Science, Spatial, Logic, Literacy, Emotions, Arts, Multiplayer, and one additional world consisting in a virtual city). These areas correspond to the various subjects on the school curriculum, providing teachers with supplementary material and activities to be used in each classroom topic (Lara, Nieto-Márquez et al., 2020). As of February 2020, the platform contains more than 5000 activities organized in games, quizzes, videos and tales (Figure 1). Most of the activities can be played in different levels of difficulty.



Figure 1. Screenshot of Smile and Learn's main screen.

Activities share some characteristics and game elements in common for teaching schools' concepts included in the curriculum area. Moreover, these activities share the possibility of training executive functions or cognitive skills as reasoning, attention span, decision making, monitoring, working memory, language or logical thinking. Some games, especially within the worlds of Science, Logic and Spatial, are designed with the purpose of working problem-solving, planning or processing speed as well. These activities featured the characteristics of the digital material to work executive functions through active learning methodologies (Cf. additional material for further information).

2.1. Digital material design

The design of digital educational material is an interdisciplinary area. In this sense, one can find guides or theories from the area of psychology or pedagogy for the elaboration of these materials. Within these disciplines, there are sundry pedagogical models for the purpose of being adapted, or used to structure, the design and development of digital material, as well as for explaining how students' learning benefits by the use of digital activities. Some of the educational theories that apply to digital material include the Cognitive Theory of Multimedia Learning, based on cognitive sciences (Mayer, 2005), which focuses on the different channels through which information is processed for learning. Other theories of learning and pedagogical models center on cognitivism, behaviorism, and constructivism, (e.g., Arnab et al., 2015; Arnab & Clarke, 2017; Bellotti et al., 2011; Siang & Rao, 2003; Lim et al., 2015; Mateos et al., 2016). There are also models based on theories of intelligence (Sajjadi et al., 2016; Pérez et al., 2018). These models work by establishing a link among the different multiple intelligences (as proposed by Gardner, 1983), with the use of technology.

At the present time, a combination of several of said educational theories is required to explain how the game elements, the context, and the design of tasks may influence the learning process (Patino et al., 2016; Slussareff et al., 2016; Lim et al. 2015). Some examples of game elements include feedbacks of right and wrong answers, time progress, levels, rewards, tokens, etc. Game elements need to join learning theories to clarify their educational purposes. In the same way, game elements are going to provide the characteristics of meaning and motivation being critical for enhanced learning. Students' motivation, attention, and engagement are achieved through different professional profiles, such as game designers for

applying gaming features (gamification), to digital activities or creating serious games (Abdelali et al., 2016). These gaming features, which may be classified as mechanical, dynamic and aesthetic (Hunicke et al., 2004), can be related to the tenets of behavioral psychology, cognition and learning theories (Tan et al., 2007; Lim et al., 2015). In turn, students' cognitive development and their age, influence learning acquired through the use of technology, constituting a factor to be taken into consideration by designers (Revelle, 2013; Tan et al., 2007). In order to properly apply these concepts to the preparation of material, it is important to understand the link between gaming features and learning theories, which would provide a more holistic view of how learning takes place. This knowledge would facilitate the use of digital material as a resource, helping teachers in their daily routine (Arnab et al., 2012; Lim et al., 2015; Abdelali et al., 2016). The challenge in the creation of digital materials arises from including game elements following solely coding and design patterns, not taking into account the integration of more abstract concepts within the overall learning process (Cf. Arnab & Clarke, 2017).

This imposes a limitation at an educational level for designing goals, as the absence of defined guidelines for the creation of games means that design methods and assessment procedures come diffuse in their application (Slussareff et al., 2016). The same thing happens the other way around, finding that certain mechanics, contexts, and components of digital activities could be explained by several educational theories. Cognitivism and constructivism are the more prominent theories when formulating design and assessment methods, not ignoring the superimposition of learning theories on activities or games on digital media (Patino et al., 2016; Lim et al., 2015; Siang & Rao, 2003; Mateos et al., 2016). This entails a complex process for establishing a guide for better producing digital activities for learning (games, videos, interactive stories, etc.), hindering assessment and studies replication (Arnab & Clarke, 2017).

Besides the activities' pedagogical requirements, there is a need to complement them with other fields, as of developers, human computer interaction (HCI), user experience (UX), user experience research (UXR), cognitive ergonomics, and information technology (IT) among others. These profiles outline the need to analyze and explore the interactions between the user and the digital material depending on their actions and decisions, as well as the relationships between the game's components and educational norms (Tan et al., 2007; Arnab et al., 2015; Revelle, 2013; Abdelali et al., 2016). The diversity of interactions and feedback available in different types of devices (computers, tablets or smartphones) has the potential to support learning if their design is consistent. Accordingly, several guides (e.g., Tan et al., 2007; Arnab et al., 2012; Lopez-Rosenfeld et al., 2013; Bellotti et al., 2011; Arnab et al., 2015; Lim et al., 2015; Sajjadi et al., 2016; Abdelali et al., 2016; Arnab & Clarke, 2017; Hunicke et al., 2004) have been drawn up with proposals on the design, development and assessment of certain materials such as games. These guides seek to connect the different tasks involved in the production of digital material for learning, or the mechanics of the games to teaching, and pedagogical models. Thus, the aim of such framework guides is to balance the different fields involved in creating digital material.

Furthermore, there are regulations established by organisms for the development of quality digital material, such as the standard UNE 71362:2017 (AENOR, 2017). Nevertheless, these documents often fail to specify limitations when implementing their design and development process. To date, there is no generally accepted guide or framework validated for the design of digital educational material and its assessment. This is probably due to the

difficulty of implementing the variety of digital materials, along with the breadth of the educational areas, ages, teaching staff and, in general, the educational community. The different frameworks that are being drawn up for the design of games reinforce the intention to improve the material, but it still needs to be assessed regarding students' functional learning progress and according to the settings.

3. Theoretical background: Digital material for learning

Classroom resources involving digital material could help students in terms of motivation, their attention span, and as a means for galvanizing them towards specific learning goals (Arnab et al., 2012; Hirsh-Pasek et al., 2015; Mateos et al., 2016). Moreover, many of the digital tools used provide feedback and instructions that help students with their progress and their adjustment to the learning process (Bellotti et al., 2011). A further advantage comes with the possibility of customizing activities, increasing the difficulty and raising levels, as well as the repetition of activities until the learning goals are achieved, which is vital for improving the students' executive functions (Lieberman et al., 2009; Diamond, 2012; Blumberg & Fisch, 2013).

There are several studies dealing with the relationships between learning and enhanced executive functions and skills through the use of digital tools and materials (e.g., Blumberg & Fisch, 2013; Castellar et al., 2015; Oei & Patterson, 2013; Santiago et al., 2009). Executive functions are developed during infancy and maturity, attaining their full during early adulthood (Best et al., 2009; Karbach & Unger, 2014; Davidson et al., 2006). References are thus to be found indicating that the use of technology may improve or further the development of cognitive skills and learning (Blumberg & Fisch, 2013) in areas as visuospatial skills, problem-solving, logical thinking or working memory, as in the study of Castellar et al. (2015). Other studies in the field of digital material usage, as Mackey et al. (2011), show improvement in reasoning or speed training, or Diamond (2012), in reasoning and working memory. This type of studies on the training of executive functions among school-aged children may therefore play a part in fostering the development of students' skills, their instruction, and their ability to transfer knowledge. Sundry studies, such as those by Bull and Scerif (2001), Gathercole et al. (2004), Best et al. (2011), Diamond (2012, 2013), Goldin et al. (2014), highlight executive functions as predictor variables of academic performance. Homer et al. (2018) also point out the possibility that the use of digital materials with game or video game elements can be cognitive skills training tools. Different scholars (e.g., Pérez et al., 2018; Cheung & Slavin, 2012; Goldin et al., 2014 or Gathercole et al., 2004) have highlighted possible improvements in the different areas of academic knowledge through the development of skills involving abstract thinking, planning and observation (Lieberman et al., 2009; Titz & Karbach, 2014).

As already stressed, many of the applications available on the market today may help in the training and improvement of executive functions, as well as in the possibility of extrapolating the skills acquired to other tasks (Lopez-Rosenfeld et al., 2013; Oei & Patterson, 2013; Hirsh-Pasek et al., 2015; Hickmott et al., 2016; Jaeggi et al., 2011). Nevertheless, for this to happen, the instructions and design of the digital materials (games, videos, activities, etc.) need to include the students' requirements in terms of cognitive and emotional development (Tan et al., 2007; Diamond, 2012). Likewise, these educational resources should be produced according to a pedagogical foundation defined by experts that understand the students' needs and skills with a view to acquiring or training the learning process, as well as to prompt

beneficial behavioral changes (Lieberman et al., 2009; Arnab et al., 2012; Arnab & Clarke, 2017). Task to assess executive functions used to be multi-domain or complex, encompassing thus the assessment of several functions (Bavelier et al., 2012; Titz & Karbach, 2014; Karbach & Unger, 2014). For example, working memory leads to the development of processing, storage and reasoning skills. It also helps in the selection of information received by different channels (auditory and visual) required for undertaking a task, as is mentioned by the Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2005). Working memory can be related to calculus by assisting in the processing of abstract concepts, relating in turn to visuospatial and verbal skills. Thus, visuospatial and verbal skills are involved, as also being neuroanatomically and functionally related, in the learning of mathematical concepts, the reasoning of operations, and the implementation of what has been learnt (Klingberg, 2010; Titz & Karbach, 2014). Therefore, in this study, executive functions will be used as a predictor of students' academic progress, following the line of study as Best et al. (2011).

Thus, executive functions can be defined as the cognitive processes that can support students' academic success. That is, executive functions are skills on which student learning can be based or promoted to achieve academic goals (at this point in the achievement of goals, academic objectives converge with the objectives of educational game design). Studies such as Rutherford et al. (2018) support this relationship between executive functions and student learning. More specifically, it is focused on students' self-regulated learning to achieve their academic goals in different areas of knowledge. Nonetheless, there is still a need to continue investigating the transfer of these skills to the academic field according to the training formats considered, multidomain or complex, which encompass the use of several functions, or simple ones in which the highlight is the training or assessment of a single function (Bavelier et al., 2012; Titz & Karbach, 2014; Karbach & Unger, 2014). There are several models that involve a description of the structure and workings of executive functions (e.g., Miyake et al., 2000; Lehto et al., 2003; Diamond, 2013). Among the executive functions in studies of children and learning, the following stand out: inhibition, working memory and cognitive flexibility, and control of interference (e.g., Diamond, 2013; Brocky & Bohlin, 2004; Best et al., 2009). This may be due to established frameworks such as that of Miyake et al. (2000) in which three separated, but related, components are defined: shifting, inhibition and updating.

On the other hand, in school tasks or games this separation for training of executive functions in the classroom is complex. School tasks focused on learning usually require the use of multiple cognitive processes, which would include executive functions (e.g., Titz & Karbach, 2014). On the other hand, the possibility of training executive functions according to students' cognitive skills with digital materials may help them to regulate their learning and study strategies. Thus, it is related to learning in studies such as Bull et al. (2011) with the focus on the mathematical area, which points to the importance of working the flexibility and the ability to inhibit learning strategies to apply other strategies learned or more useful. Bull et al. (2001) highlight the importance of developing multiple study strategies to achieve significant learning in educational environments. Studies such as Best et al. (2011), Gathercole et al. (2014) or Meixner et al. (2019) relate these processes to academic performance in different areas of knowledge such as language, mathematics, science, or reading and to skill development. Thus, digital activities may include play elements that help students work on a variety of tasks that involve active participation (Best et al., 2009; Blumberg & Fish, 2013). As regards tasks, changes following the training may be due to the number of repetitions or tests of the task, the feedback the student receives, or the adjustment of the levels of difficulty prompted by the progress made (Best et al., 2009; Klingberg, 2010; Bavelier et al., 2012).

However, limitations are also found in the literature when analyzing executive functions because many times multiple executive functions are involved in an academic task. There is still a need to continue investigating detailed transference of said skills into the academic fields according to the training formats considered. Interventions to analyze the transfer of executive functions to different activities often require long times and resources (Martins & Gotuzo, 2017; Sulik et al., 2020).

In the literature review gathered of neuropsychological tests to evaluate executive functions, we find different examples that are presented below. It should be noted that neuropsychological tests are criticized for their impurity when evaluating executive functions (Brocki & Bohlin, 2004; García et al., 2014; Howleson, 2019). Thus, we can find tests such as Rinat et al. (2005) to assess verbal fluency; the Trail Making Test (Bowie & Harvey, 2006); maze construction types of test as Porteus (1933); Go/No go task (Redick et al., 2011; Simmonds et al., 2008); Stroop test (Homack & Riccio, 2004; Zysset et al., 2001) or Tower of Hanoi (Bull et al., 2004). Portellano et al. (2011) rely on these tests in the development of their 6 tasks for assessing executive functions and student performance in elementary education. As mentioned before, these tasks are not specialized or structured to evaluate executive functions independently. These tasks cover several variables that can affect student performance that are not captured in these measurement instruments (Howleson, 2019). On the other hand, they have been used in the educational research as performance test purposes (Anderson, 2001; García et al. 2014).

In this way, the present study aims to contribute to the study of the implementation of digital material and its use in primary school. Likewise, a general evaluation of the effect of the use of the digital educational material designed by Smile and Learn on the students' executive functions is carried out. This evaluation focuses on the effect of different digital activities, organized in worlds of the Smile and Learn platform according to their characteristics, with the different evaluation tasks of ENFEN (Portellano et al., 2011). Thus, this external evaluation wants to check the transference to other tasks, extending the use of collected data not only to the platform environment. There are scarce studies of the effect of the use of digital materials on primary school students, which makes it difficult to carry out an external evaluation with a specific test that evaluates processes that occur during activities or games. Therefore, a test that is shown as a game for children, in these students' mother tongue (Spanish), was used. The approach of Portellano et al. (2011) is followed in the analysis of the results and discussion. This evaluation of digital material will provide future design and improvement approaches for digital material as well as for the implementation of these resources in schools.

4. Materials and Methods

4.1. Participants

The study involved a sample of 168 students. This is a convenience selection undertaking non-probability sampling. It was performed at a state school in the Community of Madrid selected in a pilot group composed by 49 states schools for implementing the Smile and Learn Platform. The criteria for selecting the sample were the number of electronic devices available at school for the use of the materials, availability of teachers to receive training, and interest of the educational community in the study. The state school selected has a medium socioeconomic level. The representability of this school is 0.12% among all states' schools at

the Community of Madrid. Moreover, the percentage of representability is 0.07% of primary education students at the Community of Madrid, and 0.09% in Madrid city.

The students' ages ranged between 8 and 11 ($M = 8.71$; $SD = .091$), enrolled in the 2018-2019 school year, studying their 3rd, 4th and 5th years of primary education. From these 168 students, 74 are in 3rd of primary (44.05%), 46 are in the 4th year (27.38%) and 48 in the 5th (28.57%). There are 90 boys (53.57%) and 78 girls (46.43%).

4.2. Instruments

4.2.1. ENFEN

The external assessment of executive functions involved the use of the task's battery ENFEN [Neuropsychological Assessment of Executive Functions in Children] validated at the Community of Madrid by Portellano et al. (2011). This instrument pursues to approach an external assessment about student progress with digital material usage. ENFEN enable us to evaluate students' progress in essential processes where executive functions take part. Before completing each activity, the ENFEN battery promotes the students' training prior to its undertaking. This questionnaire is provided by Editorial TEA, including all the materials for measuring students' executive functions (Cf. supplementary material). It consists of six different tasks to assess multiple cognitive processes in relation to executive functions grouped in four areas:

- *Verbal Fluency Test*. This area is subdivided into two tasks:
 - *Phonological Fluency (F1)*: The words in the phonological fluency test have to begin with a specific letter. All the existing words the student recalls beginning with the right letter in one minute are considered right answers. This task involves executive functions as: verbal memory, expressive language and breadth of vocabulary.
 - *Semantic Fluency (F2)*: This task requires providing all the possible words in a chosen category. It is considered for final score the right words or names included within said category that the student recalls in one minute. This task works: semantic memory and vocabulary breadth.
- *Trails*. This area is also subdivided into another two tasks:
 - *Grey Trails (S1)*. The task involves drawing a line to connect numbers as quick as possible, without making a mistake or avoiding a number. In Grey Trails, the numbers to be connected go in descending order. This task involves: spatial perception, processing speed, logical reasoning, working memory, visual-motor efficiency, anticipation and foresight.
 - *Color Trails (S2)*. The task involves drawing a line to connect numbers as quick as possible, without making a mistake or avoiding a number. In this case a color code is added to the numbers to be alternated in the links. The numbers to be connected go in ascending order. This task assesses following executive functions: inhibition capacity, impulsivity control, sustained attention, resistance to interference, spatial perception, processing speed, logical reasoning, working memory, visual-motor efficiency, anticipation and forecasting capacity.

For both tasks the scores are calculated in terms of right and wrong answers and omissions, as well as the time taken to complete the task. The final score of each task used in this study corresponds with right answers minus omissions and wrong answers. This number is divided by the time in seconds that students need to complete the task and multiplied by one hundred.

- *Rings task (A)*. This task involves drawing the example figures the students are shown in a notebook. The figures are made in a three columns milieu, moving different color rings among them to copy the image on the notebook. The test's score is the sum of the time the child has taken to complete each one of the figures. As the score is a time-based measurement, it is inversely proportional to the improvement in the scores. Scores used at this study are the summation of the time in seconds that students need to complete the fourteen figures. This task assesses following executive functions: inhibition capacity, impulsivity control, sustained attention, resistance to interference, spatial perception, processing speed, logical reasoning, working memory, visual-motor efficiency, anticipation and forecasting capacity.
- *Interference (IN)*. The interference test is based on Stroop tasks. Each student is required to say aloud the 39 word's ink color without reading out the word actually spelt out. The final score used in this study is calculated according to the number of right answers with points deducted for substitutions or omissions. This number is divided by the time in seconds taken to complete the task and multiplied by one hundred. This task assesses following executive functions: inhibition capacity, impulsivity control, sustained attention, resistance to interference, spatial perception, processing speed, logical reasoning, working memory, visual-motor efficiency, anticipation and forecasting capacity.

4.2.2. *Learning Analytics systems at Smile and Learn platform.*

The Smile and Learn platform was used as the instrument for registering and providing metrics upon the time of usage by students in each world. This is an internal data collection to cross with the external assessment in order to clarify effects and relations between variables measured. Every time an activity is played by a child, the duration and some additional feedbacks are recorded, allowing the company to analyze the interaction of a child. In this study 'time of usage' corresponds with the time span from beginning to end of the activity included within each world. Time of usage was converted to be measured in minutes.

4.3. **Procedure**

Prior to experimentation, information was provided about the procedure, being followed by consent obtained from the school community, specifying the data collected would be used solely for research purposes involving the project in question. The assessment of the digital material developed involved a quasi-experimental study during the school timetable.

Training of teachers was also held prior to the implementation of the intelligent platform. These sessions were used to explain the teachers how the platform worked, along the use of some of its features, as customization, and the arrangement of sessions for organizing activities as a task, etc. In order to choose the digital material that could be used by each grade, a guide for teachers was created for linking the platform's activities with school

curricula. The use of teaching activities (games, quizzes, videos and tales) included in each world has been undertaken freely. Once the Platform is installed on the devices the students did not need adult supervision to perform the activities. The management of the content to work can be done by adults through the management web, which is independent of the platform.

The ENFEN test battery was carried out individually on each of the students by two evaluators from outside the center, in specially designed areas of the school environment. The assessors were trained in the application of the tests before their use with the students. The initial data-gathering or pre-test with the ENFEN battery took place in October, at the start of the 2018-2019 school year. This was followed by the implementation of the Smile and Learn intelligent platform in classrooms over a 6-month period. During the six months of the use of the activities, contacts with the teachers were continued in order to know the limitations they had and to help them in the use of the platform. At the end of the 2018-2019 school year, by May, post-test data were collected.

Support was provided during the use of the platform, where some specifiers can be outlined: for instance, teachers between 1st and 2nd cycle vary. On the other hand, there is much more material on the platform designed at curriculum level for 3rd and 4th grades than for 5th grade.

4.4. Data analysis

The software used to analyze data was SPSS Statistics 22. The children's user data collected by the platform have been used to map the student's progression. The data collected have been used to track these users to obtain a ratio of 1:1 between the user of the platform and in the classroom. students in the database were codified to combine data from the platform (time of usage) and the scores taken by the ENFEN battery. Data were organized by each student to allow SPSS Statistics identify single cases that follow the conditions for statistical methods. The time of use has been calculated for each one of the worlds based on an aggregate of the times of use of the component activities. Thus, in order to answer the different goals of the research, two different studies were carried out.

For answering the first goal of analyzing the use of digital materials at schools, we use descriptive statistics. Based on descriptive analysis we made a selection of those worlds more used. Then, an ANOVA is made for each of the worlds to provide a more in-depth description of the use of digital material. The differences between the courses for each of the worlds that group the activities in different areas are analyzed by Bonferroni.

The scores on ENFEN tasks by course are also analyzed to see what effect age might have. A MANOVA is done and the courses are compared using Bonferroni.

In order to analyze the second objective, which purposes to observe whether there is an effect on executive functions given the usage of digital activities. For this an ANOVA of repeated measures, followed by a linear regression analysis, was applied to determine the relation of such effects. Dependent variables were the scores obtained via ENFEN with pre-test and post-test. The independent variable between subjects is students' grade. Time of usage by different worlds (Logic, Spatial, Science and Arts) was included as covariable. For the linear regression, the difference between the scores obtained in the post-test vs. the pre-test was

calculated and such difference was used as a dependent variable. Both, the time of usage of each world and the grade were used as independent variables.

The hypothesis for this second goal is defined by each task follows:

- Ho: The use of digital educational material classified by worlds in the platform (Logic, Space, Science and Arts), has no effect on tasks involving executive functions.
- H1: The use of digital educational material classified by worlds in the platform (Logic, Space, Science and Arts), has an effect on tasks involving executive functions.

Then, in order to contrast and compare the results obtained from the second objective, a *post hoc* experimental design was carried out. By means of this design, two groups were created according to the use of the digital materials, analyzing the relationship of the time of usage of the digital activities with the scores obtained. For the creation of the groups, the time of use variable was dichotomized by the average in each of the worlds (Science, Logic, Spatial, Arts). Group 0 corresponds to the students who had a lower use of the platform (corresponding to a control group), and group 1, showing a higher time of use. Dependent variables are the scores obtained via ENFEN, and the independent variable is the time of use of each of the worlds. A general linear model (GLM) was chosen for statistical analysis. In this way, we want to respond to the relationship between usage vs. scores obtained.

For this analysis, hypothesis is defined by each battery task as follows:

- Ho: There is no relationship between longer use of applications (classified by worlds in the platform) and scores taken on the battery task.
- H1: There is a relationship between increased time of use of applications (classified by worlds in the platform) and scores taken on the battery task.

5. Results

5.1. Analysis of usage and tasks scores

5.1.1. Overview analysis

First, the students' general use of the different activities was analyzed to find out which worlds had been most used. The children's general use of educational activities according to their grouping by worlds in descending order is as follows: Logic (86.90%), Spatial (79.76%), Arts (27.38%), Science (20.83%), Literacy (14.88%), Multiplayer (11.31%), and Emotions (7.14%). Participants made more usage of those applications related to logic and spatial worlds than those related to all the other worlds. More information of usages averages by worlds are included in Figure 2. Descriptive statistics of the worlds showing usage higher than 20% are represented.

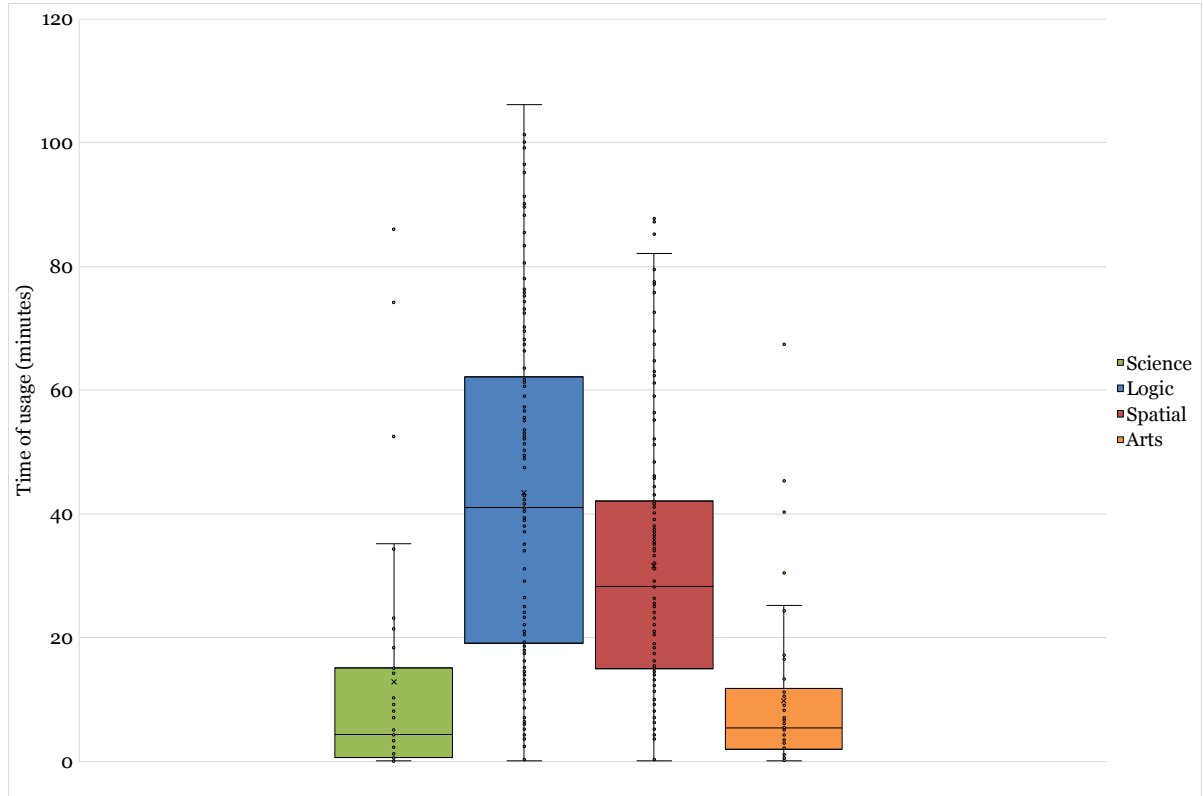


Figure 2. Graphic of general descriptive statistics of the time of usage in Science, Logic, Spatial, and Arts.

The analysis of the descriptive statistics for the scores obtained in the pre-test and post-test was also carried out. Results of student's scores via the ENFEN battery taken at pre-test and post-test are provided in Table 1. A light improvement in the results of the test of Phonological fluency (F1), Semantic fluency (F2), Grey Trails (S1), Color Trails (S2), Rings task (A) and Interference (IN) can be observed.

Table 1. Descriptive statistics of children's scores by groups from the ENFEN battery. Abbreviations' references: Phonological fluency (F1), Semantic fluency (F2), Grey Trails (S1), Color Trails (S2), Rings task (A), Interference (IN), Number of users (N.), Minimum (Min.), Maximum (Max.), Mean (MD), Standard Deviation (SD).

	Total Grades		3rd Grade		4th Grade		5th Grade									
	Pre-test scores (N=168)		Post-test scores (N=166)		Pre-test scores (N=166)		Post-test scores (N=73)		Pre-test scores (N=46)		Post-test scores (N=46)		Pre-test scores (N=47)		Post-test scores (N=47)	
	MD	SD	MD	SD	MD	SD	MD	SD	MD	SD	MD	SD	MD	SD	MD	SD
Phonological fluency (F1)	9.88	3.66	11.34	11.34	9.35	3.71	10.60	3.59	9.89	3.81	11.24	3.24	10.72	3.33	12.60	3.76
Semantic fluency (F2)	16.32	4.41	18.58	18.58	15.35	4.06	17.93	4.36	15.91	3.79	17.91	3.25	18.26	4.94	20.26	4.69
Grey Trails (S1)	23.63	7.08	28.32	28.32	21.52	7.02	25.15	6.15	23.79	4.44	29.19	8.38	26.82	8.11	32.38	8.89
Color Trails (S2)	13.16	4.72	16.19	16.19	10.95	3.90	13.79	4.55	14.05	4.18	16.66	4.37	15.83	4.81	19.46	5.15
Rings task (A)	200.41	38.52	165.76	165.76	212.36	37.57	176.49	28.58	184.82	36.40	157.95	36.36	196.59	36.46	156.74	24.95
Interference (IN)	63.43	16.58	78.40	78.40	56.83	13.88	70.80	14.75	68.43	16.43	82.04	18.42	69.06	17.20	86.64	19.28

5.1.2. Analyses by class groups

In order to study in depth, the use of the differences by grade, the worlds usage by school years in 3rd, 4th and 5th of primary education was analyzed through descriptive statistics. The results obtained from the descriptive statistics by grade and worlds usage are shown in Figure 3.

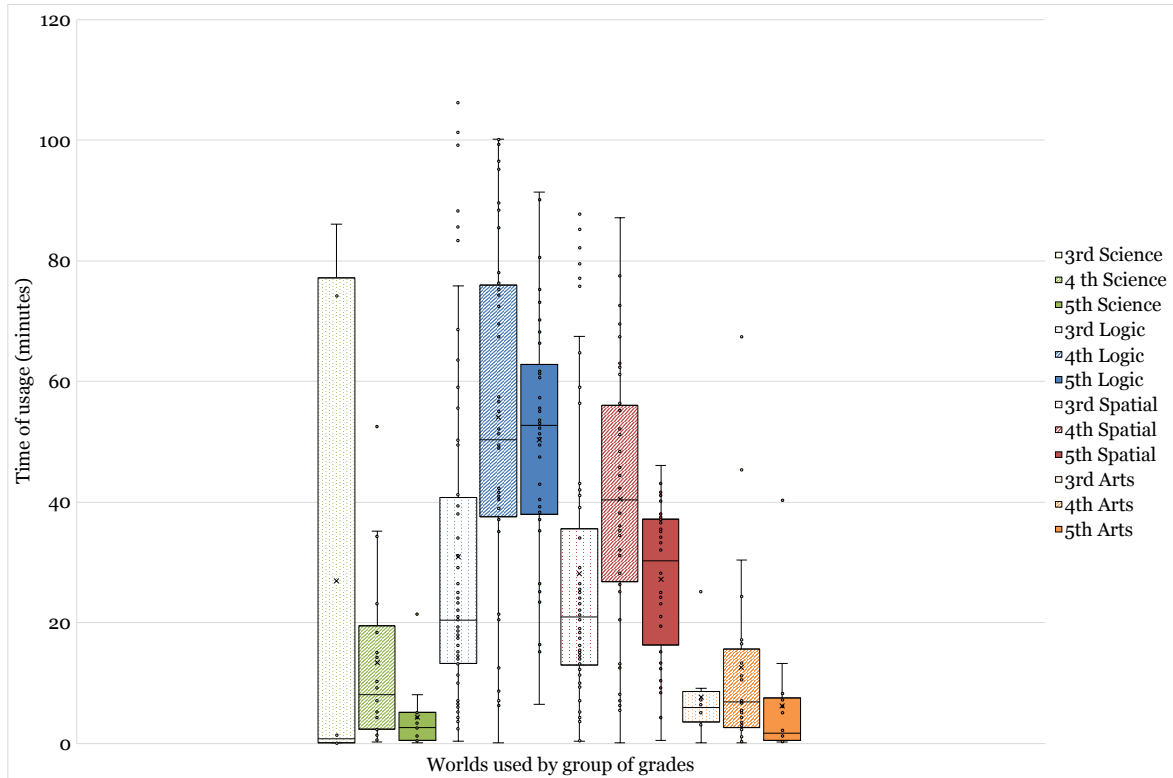


Figure 3. Graphic of descriptive statistical by grades of time of use in Science, Logic, Spatial, and Arts.

Figure 3 shows the distribution of usage by grade according to the time of use in each world. To observe the difference in use between the activities and the different academic courses, an ANOVA was carried out. Significant differences are found in the use of activities classified in the worlds of Logic $F(2)=12.499, p<.001$; Spatial $F(2)= 13.460, p<.001$; and Arts $F(2)= 4.229, p=.017 (p< .05)$. In exploring the differences in the use of material between the different academic courses, the comparison of groups was analyzed using Bonferroni. No significant differences were found with the use of the Science activities and the academic courses. Thus, significant differences are obtained in usage in Logic, among the groups of 3rd with 4th ($p <.001$) and 5th ($p =.026, p <.05$); in Spatial, among 4th with 3rd ($p <.001$) and 5th ($p <.001$) and in Arts, showing 4th with 5th ($p =.023, p <.05$). These differences in use among 3rd with 4th and 5th grade may be due to the teachers' preferences and performance, or the amount of content delivered for each of the grades.

Results from student’s scores by grades obtained via the ENFEN battery, taken at pre-test and post-test, are provided in Table 1. In this table can be found the general descriptive statistics of the scores taken by grades. In order to know the initial point of students and the differences that could be found between the scores obtained in each of the courses, a MANOVA

was carried out. In the analysis of the results of the pre-test by course, the following data are obtained for the course variables and scores of the ENFEN tasks: Grade $F(1)=5,057, p<.001$; F1 $F(2)=2.072, p=.129 (p>.05)$; F2 $F(2)=7.024, p<.001$; S1 $F(2)=8.894, p<.001$; S2 $F(2)=20.519, p<.001$; A $F(2)=8.274, p<.001$; and IN $F(2)=12.176, p<.001$. Significance is observed in the scores obtained in ENFEN between courses. This may be the effect of the cognitive development of each of the students depending on the grade they are in. Further in the study, we analyzed the differences that could be found by the academic courses of 3rd, 4th, and 5th grade of elementary school by Bonferroni.

Thus, in the pre-test differences show among the scores obtained in the grades of 5th with 3rd ($p<.001$) and 4th ($p=.026, p<.05$) in Semantic fluency (F2), of 3rd with 5th in Grey Trails (S1) ($p<.001$), Color Trails (S2) ($p<.001$); and Interference (IN) ($p<.001$); and of 3rd with 4th in Color Trails (S2) ($p<.001$), Rings task (A) ($p<.001$), Interference (IN) ($p<.001$). This may be due to the transition from the first to the second cycle of primary school, as well as the cognitive maturation that takes place from 3rd to 5th grade of primary school.

To observe the effect of age and the use of digital activities on the difference in scores obtained between pre-test and post-test, the objective of the following section is set out.

5.2. Analysis of the effect of using digital material to executive functions

The second goal of the study is to analyze the effects of the use of these activities through the obtained scores via ENFEN test. First, an ANOVA of repeated measures was applied to explore the differences between the scores obtained in the pre-test and post-test. Dependent variables were the scores obtained via ENFEN with pre-test and post-test. The independent variable between subjects is students' grade. Time of usage by different worlds was included as covariable. The results obtained from the analysis are significant in the test of Grey Trails (S1) from the ENFEN battery with the use of educational applications within the following worlds: Logic ($N=145$), $F(1) = 7.704, p = .006 (p < .05), p = .787, \eta^2 = .052$; Spatial ($N= 133$), $F(1) = 7.648, p = .007 (p < .05), p = .784, \eta^2 = .056$; and Arts $F(1) = 5.092, p = .029 (p < .05), p = .597, \eta^2 = .108$ (Figure 4). These results could indicate an effect on tasks working in tandem with executive functions such as spatial perception, processing speed, logical reasoning, working memory, visual-motor efficiency, capacity for anticipation and foresight through the use of the activities within the worlds of Logic, Spatial and Arts. In this manner, the hypothesis H_0 would be rejected and H_1 would be accepted, because there is an effect between the use of digital material from the worlds of Logic, Spatial and Arts with the executive functions evaluated in the Grey Trails task (S1).

No effect on time of use was found for Science activities with Grey Trails task (S1), thus in this case H_0 would be accepted. No effect on time of use was observed for the scores in the rest of the tasks (F1, F2, S2, A, IN). In this case, hypothesis H_0 would be accepted, because no effect is found from the use of digital material analyzed with the executive functions that are evaluated in tasks F1, F2, S2, A and IN.

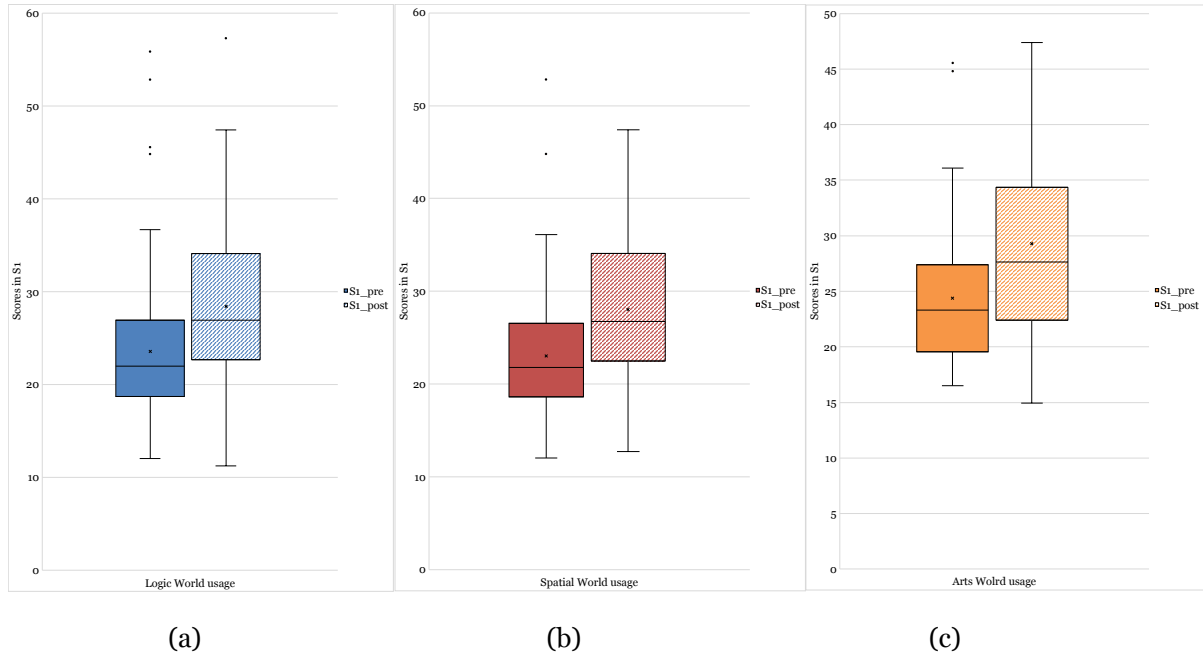
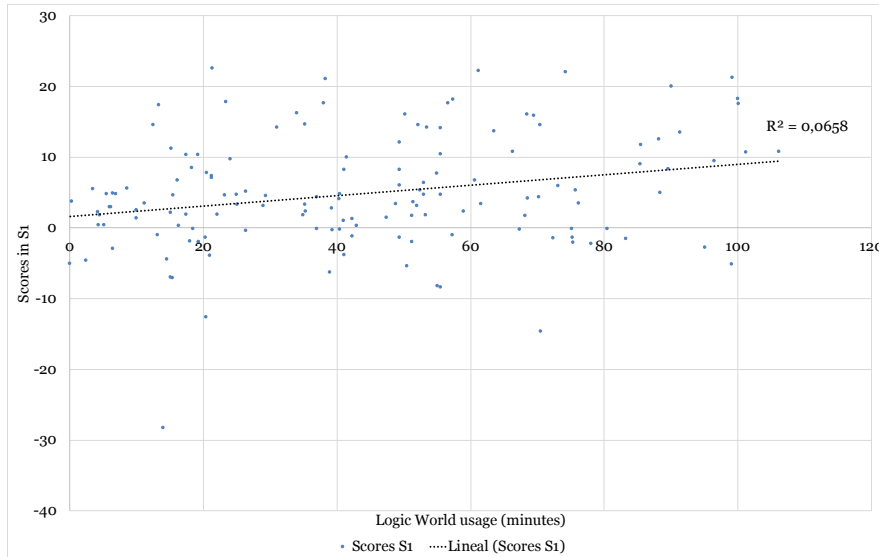


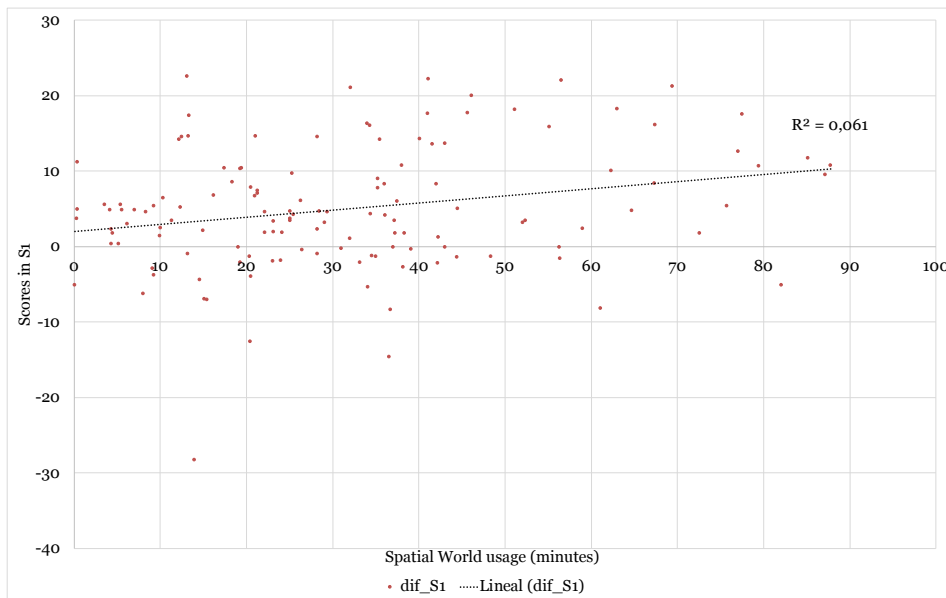
Figure 4. (a) Graphic of S1 Scores from students that played the Logic World. (b) Graphic of S1 Scores from students that played the Spatial World. (c) Graphic of S1 Scores from students that played the Arts World.

In relation to the results about the differences that may be found among grades, significance is only obtained with Arts: $F(2) = 4,392$, $p = .019$ ($p < .05$), $\eta^2 = .173$. This might be due to differences in time of usage, mode of use by teachers, and the number of students using the applications of this world.

Secondly, in order to deepen the analysis of the effects and the type of relationship that can be found among the variables, a linear regression was carried out on the significant tests analyzed above. In Logic ($N = 145$), $R^2 = .066$, Adjusted $R^2 = .053$, $t = 2.958$, $p = .004$ ($p < .05$), $\beta = .252$. In Spatial ($N = 133$), $R^2 = .071$, Adjusted $R^2 = .057$, $t = 2.911$, $p = .004$ ($p < .05$), $\beta = .246$. No significance is obtained in relation to the students' grade. With the Arts world, no significance is obtained from linear regression, neither with the time of use nor with the grade. This may indicate effects upon Grey Trails (S1) test scores, with increased use of the Logic and Spatial worlds' games (Figure 5). Although the effects obtained through linear regression are limited, showing a positive trend. Nonetheless, as no significance was found with the use of applications within the Art world, no relationship has been established with the use of these games and the scores obtained from the Grey Trails test (S1).



(a)



(b)

Figure 5. (a) Graphic of regression analysis with the usage of Logic world and its relation with scores from S1. (b) Graphic of regression analysis with the usage of Spatial world and its relation with scores from S1.

5.2.1. Post hoc design to contrast the effect of the use of digital material on executive functions

In order to investigate the effects of the relationship between differences in use and the scores obtained, a post hoc experimental design was carried out, dichotomizing the independent variable of usage by its mean. In this manner, a group with less use recorded (0) and another with more use recorded (1) were created. Thus, the group with less use can serve as a control group and the group with more use can operate as a pilot group. These groups were made for each world (i.e.: Science, Logic, Spatial and Arts). Statistics describing these groups are shown in Table 2.

Table 2. Descriptive statistics of children by groups created for the post hoc experiment. Abbreviations' references: Number of users (N), Mean (MD), Standard Deviation (SD).

	Science (N= 35)								Arts (N= 46)							
	Group 0 (N=25)				Group 1 (N=10)				Group 0 (N=33)				Group 1 (N=13)			
	Pre-test		Post-test		Pre-test		Post-test		Pre-test		Post-test		Pre-test		Post-test	
	MD	ST	MD	ST	MD	ST	MD	ST	MD	ST	MD	ST	MD	ST	MD	ST
Phonological fluency (F1)	10.04	4.21	11.28	4.31	8.00	2.75	11.80	2.20	9.88	4.45	11.97	4.65	9.38	3.57	11.85	2.48
Semantic fluency (F2)	15.96	5.54	18.08	4.05	15.90	4.89	16.20	3.19	15.91	5.07	18.55	4.25	16.23	4.66	17.00	2.65
Grey Trails (S1)	24.02	6.38	29.86	8.25	21.65	3.38	27.04	6.95	24.93	7.27	30.20	9.85	22.93	4.35	26.97	5.69
Color Trails (S2)	13.45	5.32	15.79	5.21	12.61	3.81	15.04	3.94	13.45	4.86	16.22	5.19	13.95	3.91	16.21	3.51
Rings task (A)	194.13	42.04	159.76	26.73	209.81	43.20	163.82	26.72	197.38	36.51	163.38	30.77	195.53	44.88	158.80	22.82
Interference (IN)	64.96	17.37	76.38	15.97	62.07	9.87	77.93	18.42	67.21	15.63	79.29	16.74	63.71	18.23	79.67	16.22
	Logic (N= 145)								Spatial (N= 133)							
	Group 0 (N=78)				Group 1 (N=67)				Group 0 (N=71)				Group 1 (N=62)			
	Pre-test		Post-test		Pre-test		Post-test		Pre-test		Post-test		Pre-test		Post-test	
	MD	ST	MD	ST	MD	ST	MD	ST	MD	ST	MD	ST	MD	ST	MD	ST
Phonological fluency (F1)	9.86	3.78	11.47	3.98	10.34	3.63	11.48	3.33	9.65	3.83	11.01	3.61	10.31	3.73	11.53	3.42
Semantic fluency (F2)	16.10	4.58	18.73	4.70	16.79	4.28	18.76	4.09	15.76	4.50	18.35	4.37	16.66	4.22	18.52	4.06
Grey Trails (S1)	23.26	6.87	26.67	7.59	23.95	6.93	30.49	8.04	22.74	6.37	26.11	6.61	23.32	5.77	30.19	7.79
Color Trails (S2)	12.14	4.38	15.26	4.88	14.84	4.66	17.91	5.12	12.25	4.53	15.37	4.87	14.28	4.05	17.10	4.43
Rings task (A)	203.53	36.57	167.91	28.77	196.68	41.73	159.23	27.68	206.92	35.33	171.19	28.73	195.18	44.03	157.94	27.37
Interference (IN)	60.32	14.78	74.37	17.40	68.84	17.65	84.78	18.18	60.65	15.39	74.51	17.13	66.93	17.39	83.15	18.26

With the aim of analyzing the effect of usage on the dependent variable of the scores obtained from the ENFEN tasks between the two groups, a general linear multivariate model was applied. The statistical results of the MANOVA for the independent variables of dichotomized 'time of usage' are Logic $F(6)=1.383$, $p=.226$ ($p>.05$); Spatial $F(6)=1.531$, $p=.173$ ($p>.05$); Arts $F(6)=.365$; $p=.896$ ($p>.05$); Science $F(6)=.658$; $p=.683$ ($p>.05$). Each one of these groups created by the use of the activities of the worlds analyzes the effect between subjects of each one of the ENFEN tasks, in this way the results can be compared with the previous analysis. To provide more information about the study, it is noted from the results obtained whether there are differences between the subjects in the pre-test and post-test in the different tasks. These results are presented by each of the ENFEN tasks, following the scheme of the previous section.

No relationship of usage between the groups in tasks Phonological fluency (F1) and Semantic fluency (F2) is observed. These tasks could have been worked with applications from the Literacy world when assessing students' phonological and semantic skills. The scarce usage of the Literacy activities did not allow said analysis. Thus, H_0 is accepted because there is no relationship between time of the activities done in the worlds analyzed (Science, Logic, Spatial and Arts) and scores taken by Phonological fluency and Semantic fluency.

As for the Grey Trails task (S1), a significant difference is observed between the group with the lowest and the highest use of Logic activities, $F(2) = 4,605$, $p = .012$ ($p < .05$), $p = .772$, $\eta^2 = .061$, and Spatial, $F(2) = 5,378$, $p = .006$ ($p < .05$), $p = .835$, $\eta^2 = .076$ (Figure 6, p.198). This is consistent with the results obtained in the analyses of ANOVA of repeated measures. Explorations also found that the effects among subjects were significant in the post-test scores for both types of activities. Similar to analysis before, no relationship was found between the differences in the use of Science activities, nor among subjects in the pre-test or the post-test. No significant effect was obtained with the differences in the use of Arts activities, nor among subjects in the pre-test and the post-test. This scenario corresponds to the results of the linear regression analysis. Therefore, H_0 is accepted with time of activities done in the worlds of Science and Arts because no relationship is observed on scores taken by Grey Trails task. In the case of the Logic and Spatial worlds, H_0 is rejected and H_1 is accepted by obtaining a relationship between more usage and higher scores in Grey Tails task (S1).

In the case of Color Trails task (S2), results only show significant differences among subjects in students who have used the Logic and Spatial applications, both in pre-test and post-test results. However, such effects are not obtained with Science or Arts, which may be due to the small number of students from these groups using said applications. In this sense, H_0 is accepted, as no relationship was found between the use of digital activities and the scores obtained in the Color Trails task (S2). The same results are obtained in the Interference task (IN), with effect on groups both in the pre-test and in the post-test. However, in Interference task (IN) significant differences are also obtained between the groups with greater use and less use with Logic, $F(2) = 6,640$, $p = .002$ ($p < .05$), $p = .908$, $\eta^2 = .086$, and Spatial, $F(2) = 4,008$, $p = .020$ ($p < .05$), $p = .708$, $\eta^2 = .058$ (Figure 7, p.199). Accordingly, H_0 is rejected for the use of Logic and Spatial activities. H_1 is accepted since the time of use of the activities of the Logic and Space worlds is related to the scores obtained in the Interference task (IN). This relationship with use may be due to the impact of said activities on the executive function of inhibition, but not to that of resistance to interference, which meant that no transference of these was observed in previous analysis. It may be a task not transferred as easy as others to the different types of activities. On the other hand, since effect was found among the subjects

in both types of tests, it could indicate differences in the progress of students with inhibition skills or resistance to interference, provided the fact that they are developed at these ages. Consequently, differences among students are likely to be based on their cognitive development.

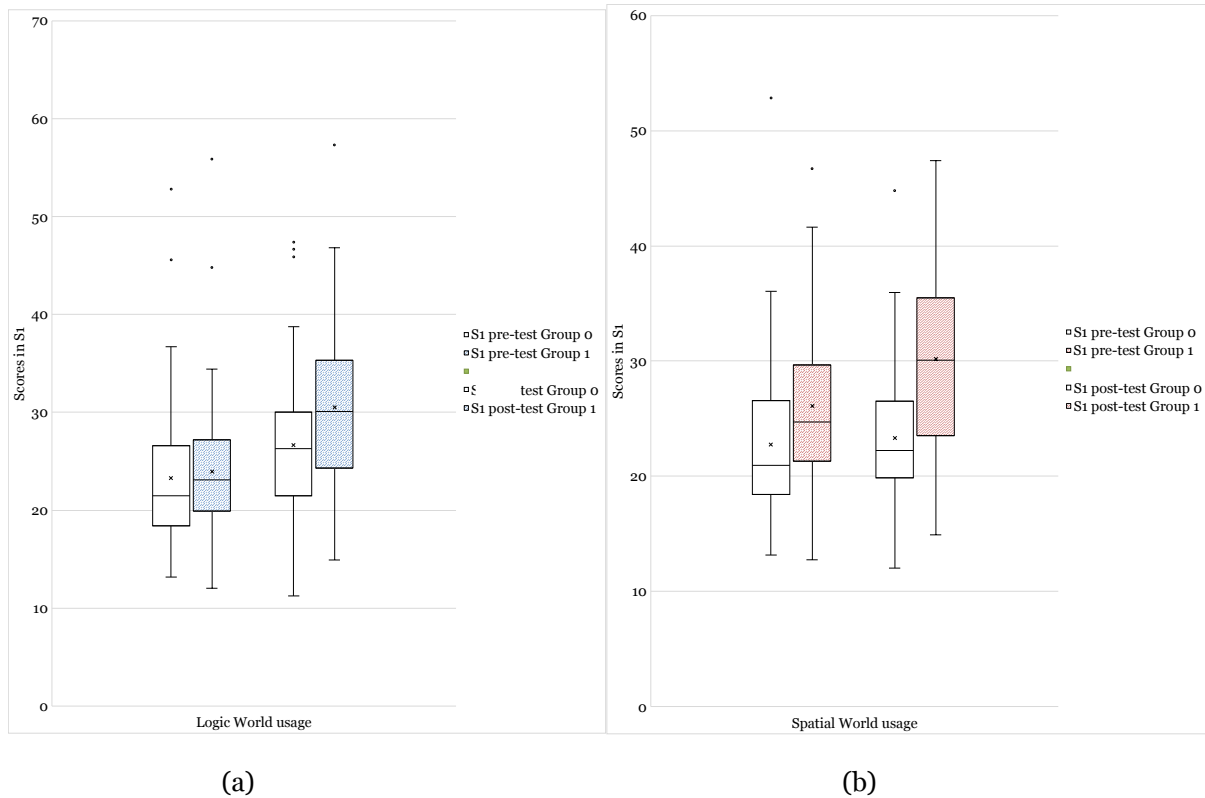


Figure 6. Graphics of the differences between group 0 (less use) and group 1 (more use) to scores taken from S1: (a) with the use of Logic activities; (b) with the use of Spatial activities.

In the Rings task, significance is obtained among the groups with different uses of Spatial world activities: $F(2) = 3.649$, $p = .029$ ($p < .05$), $p = .664$, $\eta^2 = .053$ (Figure 8, p.199). This may indicate a relationship with the processing speed in this test given the reduced time of execution. Thus, H_0 is rejected with the use of Spatial. H_1 is accepted since the time of use of the Space activities is linked with the scores obtained in the Ring task (A). For the use of the rest of the worlds, H_0 is accepted, no relationship is found between the time of use of the Logic, Science or Art applications with the scores obtained in the Ring task (A). Effects among subjects show significance among students, given the results obtained in the post-test. However, no effect was obtained from the scores in ANOVA of repeated measures analyses. At this point, it would be advisable to investigate the level of students' transference and extrapolation of knowledge to different tasks.

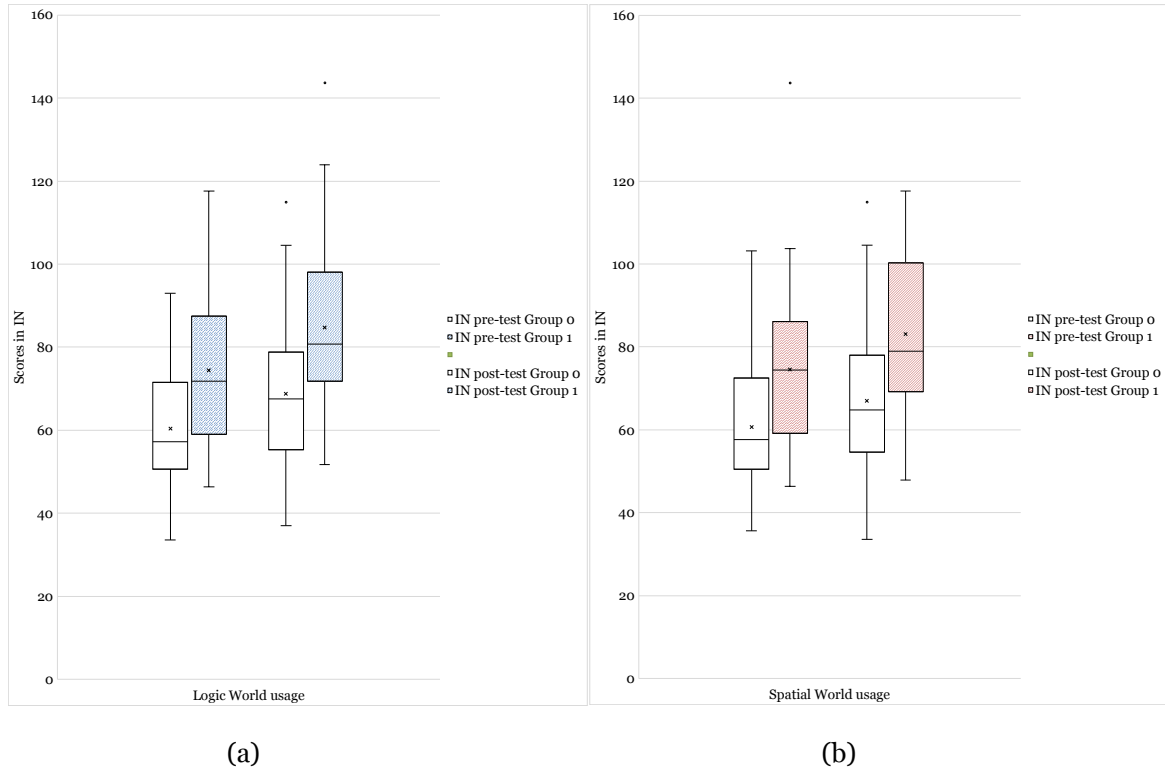


Figure 7. Graphics of the differences between group 0 (less use) and group 1 (more use) to scores taken at IN (a) with the use of Logic activities (b) with the use of Spatial activities.

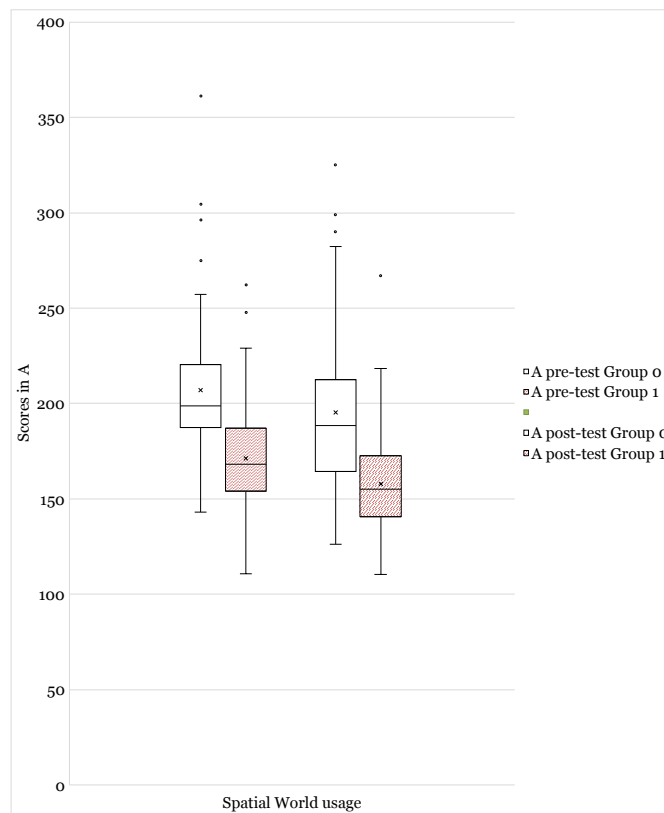


Figure 8. Graphics of the differences between group 0 (less use) and group 1 (more use) showing scores obtained from A with the use of Spatial activities. Scores at task A are measured in time, being thus inverse to progress.

6. Discussion

6.1. Discussion of implementation and usefulness

The analysis of usage reveals preference for digital material focused on activities that work logic, visual-spatial, science and artistic skills and knowledge. Nevertheless, no homogeneous usage is found within their lessons. One explanation addresses the lack of time for implementing the platform within their lessons, as reported by teachers during the follow-ups. Some of them were able to introduce digital activities as part of the lessons, meanwhile, others allow students to merely play freely at the end of the lesson's tasks. This can explain the differences in usage found between Logic and Spatial worlds vs Science and Arts world's usage. A combination of curricular activities (especially dealing with Logic, Science and Arts) and non-curricular activities (as Spatial) is then the most used. Similar results were obtained from the analysis of usage at pilot schools from different regions in Spain (Lara et al., 2020). All things considered, preference of usage of materials more suitable as support for the lessons for activities of Logic and Spatial can be observed.

In the analysis of use by grade, differences can be observed between the grade corresponding to the first cycle (3rd of primary) and the grades of the second cycle (4th and 5th). Thus, the use of activities in the second cycle of primary is noteworthy. In the 4th year, there was a more homogeneous use of the activities of the different worlds. In this way, the 4th grade is the year in which the application of the material has been carried out most effectively. This may be due to the amount of content developed for this age group compared to 5th grade, which also had the same teachers. However, in the 3rd grade, yet having a considerable amount of material to be implemented at classroom, time of usage comes lower than for those of the 4th and 5th grades. These differences in use could also be equated by improving teacher training in the use of digital material as support to their class. Likewise, more studies among the educational community would be necessary to determine to what extent this implementation is affected by the teachers' derivation of use, by the disposition of the material in the classrooms, or by the contents of the digital activities.

6.2. Discussion of the effect of the use of digital material on the different tasks of the ENFEN battery

Results show that an effect with the use of activities of Spatial and Logic may explain the improvement at Grey Trails tasks (S1). No effect of age is found. Moreover, this analysis approaches a positive relation between the higher use of these activities and higher scores at Grey Trails tasks (S1). In *post hoc* design analysis, results this same relationship. Thus, these kinds of activities can be useful for tasks that involve spatial perception, processing speed, logical reasoning, working memory, visual efficiency, anticipation and forecasting (Portellano et al., 2011). Activities in the logical-mathematical area include those of calculus and coding that may have contributed to the improvement, as well as those activities based on puzzles from the Spatial world. This coincides with studies, such as that of Castellar et al. (2015), in which students were observed to be able to improve executive functions, relating to working memory, through logical-mathematical skills. A further characteristic that may have influenced task performance comes with playability, or the possibility of repeating multiple times activities from this world, thanks to their variability (Lieberman et al., 2009; Diamond, 2012; Blumberg and Fisch, 2013). Other activities, like tales or escape rooms from the Literacy world are designed to be played once, thus impeding students to train the required skills by repetition.

Furthermore, the use of technology helps in the more effective processing of information, as it is based on visual and auditory channels. This may help to reinforce the executive functions involved in Grey Trails tasks (S1) by storing and handling information in a conscious and active manner (Mayer, 2005; Diamond, 2012, 2013). Likewise, working with visuospatial activities could contribute to a better coordination in this task and competence in spatial processing (Latham et al., 2013). Nevertheless, the training may not have led to develop enough changes at a neuronal level, as for engaging transference of these skills to other tasks within the ENFEN battery (Klingberg, 2010). Improvement accompanying the use of logical-mathematical and spatial applications may be due to a longer time spent, compared to all the other applications in other areas. In this way, literature shows that executive functions, such as reasoning or processing speed, can be improved with digital activities training (Cf. Mackey et al. 2011). Both these areas complement each other, leading to reciprocal improvement, as mathematical and spatial skills share neuronal routes at prefrontal cortex (Bavelier et al., 2012). Studies such as Wei et al. (2012) or Titz and Karbach (2014) have shown that the training of visuospatial tasks may help to improve such skills, as they correlate in a directly proportional manner to mathematical performance.

In our studies, results suggest that Spatial and Logic activities are useful to improve certain executive functions combining spatial perception, processing speed, logical reasoning, working memory, visual-motor efficiency, anticipation and foresight (Portellano et al., 2011). In relation to age, only significant differences are observed between the scores obtained from the different tasks of the ENFEN battery. Age is not observed to have an effect along the use of the Logic and Spatial applications. It can be expected to observe a relation with the usage of activities into Logic and Spatial World with other tasks sharing specific executive functions. Obtention of relationships with improvement on Grey Trials (S1) and not with Color Trials (S2) could be explained since in S2, unlike S1, inhibition is involved along with resistance to interference. As observed in the Study 2, there could be some relationship between the Interference task (IN), similar to the Stroop tasks, with the use of Logic and Spatial activities. Nonetheless, no effect of improvement or transference has been detected with ANOVA of repeated measures analysis (Bull and Scerif, 2001).

Inhibition and resistance to interference are tested on Color Trials (S2) and Interference (IN): their effect with other executive functions might show strong to the point of interfering with the transfer of acquired knowledge. Also, in Stroop task (in the present study referred as IN) no effect in the use of digital materials can be found on scores improvement with ANOVA of repeated measures analysis. It has also been noticed that the instruction sessions with digital activities improved the performance through the transfer of the training of the working memory, although this same process does not happen to occur with other executive functions, such as inhibition, or resistance to interference. Several studies relate working memory to the capacity for inhibition, as regards the choice of relevant information for the achievement of the task. In this sense, due to joint work, there may be an overlapping effect in our study on these observable functions' results (Cf. Davidson et al., 2006; Bavelier et al., 2012). Additionally, our not obtaining an effect on inhibition or resistance to interference can be explained by differences among students at these ages, given changes of development at cognitive levels. In *post hoc* design analysis, there are significances in pre-test and post-test in both tasks.

Although there are differences between the scores obtained from the different grades, ages effect is not observed in conjunction with the use of digital materials. Thus, significance

with the grade is only obtained in Art world activities. On the other hand, the first analysis obtained effect with the variables of grades and usage of digital material. However, when analyzing it to identify the type of relationship, said effect was lost. In such a way, it could be claimed that the initial effect was related to the students' worked graphomotricity, which, as the applications of Art do not have a generalized use among students, makes this effect disappear. Likewise, results could indicate a relationship with age and not so much with usage, since in the *post hoc* design no relationship is obtained either.

Moreover, no effect or relationship is found among the use of the Science world, students age, and the ENFEN tasks, perhaps because of their limited use. Likewise, in *post hoc* design results show relation with the Rings task and use of activities within the Spatial world. The Ring task's results could indicate an improvement in students' processing speed, as its score is formulated by the time of performance. Furthermore, a highlight in the improvement of visuospatial skills is the training based on action video games or repetition games (Oei and Patterson, 2013), which are also observed to help improving processing speed. There is no noticeable improvement of any significance with the use of activities from any of the tasks, but there is a reduction in the performance time that could be due to the trained processing speed. One question here arises about whether a significant improvement could be obtained from other executive functions too (inhibition, cognitive flexibility, etc.), that are related to the different ENFEN tests, by increasing the use of all the areas of digital material included in the platform. Improvement in the ENFEN tasks could be due to the enhancement in both processing speed, by reducing the time spent on the tasks, and in accuracy, by reducing the number of mistakes. The balance between processing speed and accuracy varies with age, although no effect was observed in our results (Davidson et al., 2006; Best et al., 2011; Bavelier et al., 2012). A reason for not detecting an improvement in other tasks may be answered exploring the higher effort required for their resolution, lacking transference of other trained skills into this one (Cf. Bavelier et al., 2012; Davidson et al., 2006; Karbach and Unger, 2014).

6.3. Limitations of the study

It is necessary to consider the limitations of the study, for the understanding of the analysis of digital material and its effect, in order to avoid misinterpretations. The importance of executive functions lies in their prediction of children's academic performance and that these can improve or strengthen their proper development through their reinforcement by instruction in children aged up to early adulthood (Mackey et al., 2011; Karbach and Kray, 2009; Diamond, 2012, 2013; Davidson et al., 2006). There is still a need to continue studying how transference takes place to different daily or school activities, and whether this can be adapted according to students' individual needs (Karbach and Kray, 2009). There are still limitations in the studies on training and transference depending on the executive functions, tasks being trained, and the goals to be achieved (Titz and Karbach, 2014; Karbach and Unger, 2014; Bavelier et al., 2012). In this case, some transference of the skills worked with the digital material has been observed in tasks such as Grey Trials (S1). This may lead us to question what school tasks could this skills transference be observed with. This study also raises limitations on training and transfer of specific executive functions. That is, task scores may be due to the coordination of multiple executive functions. Another consideration could be that interventions based on working executive functions require more time, as discussed in their study Sulik et al. (2020) The present assessment hinders an individual rating of the functions trained the most through the different skills, which could have been developed according to the schema of the development of the digital educational material. On the other hand, the

effect observed in the linear regression of study 1 are limited. This effect shows a slightly trend that digital material could add something to the performance of some tasks. It should also be noted that the variables used in the study are not marked by major changes. Improvement in all the scores may be due to the skills acquired during the year, however lacking a control group this observation resists a precise answer and any further explanation (Cf. Mackey et al., 2011). Therefore, a *post hoc* study was designed to see the comparison assumption between a pilot group and a control group generated. Otherwise, these studies focus actual conditions of usage at school with all daily life troubles, reason why designing a *post hoc* study applies for analyzing differences between time of usage.

This study is based on an external evaluation of digital material using a neuropsychological test to assess progress of executive functions. To be able to give a better response to the progress of the students, metrics could be implemented in the platform through the 'Learning analytics system'. That point would provide a more exhaustive evaluate on of the same variables as the neuropsychological tests such as ENFEN to improve the comparative studies of the quality of the material. In addition, using different programs could improve these evaluations. It would also be interesting to evaluate different pedagogical aspects, teaching, teacher profiles, times and mode of use, among others. This would help to give more accurate feedback on aspects to be improved. Further research including longitudinal studies are required to verify the effects of long-term training and knowledge transference versus sporadic training or uses Additionally, extending the study samples would allow an analysis of the diverse variables that may be influencing the learning process, the contexts, and other factors. A study on the transference of these learning processes will help to design interventions to develop the competences required for future management, as yet undefined; e.g.: the competence of learning to learn (Cf. Lieberman et al., 2009; Patino et al., 2016).

Sundry studies have sought to analyze executive functions individually (Miyake et al., 2000; Davidson et al., 2006; Lopez-Rosenfeld et al., 2013), which is appropriate for a study that explores and addresses their functioning. Nevertheless, isolating the different executive functions in activities designed for classroom use is a complex matter (Best et al., 2011). Multi-domain tasks, such as the ENFEN battery, assess several executive functions simultaneously, which complicates any specific study of their separate development and their interactions between in skills transference (Karbach and Unger, 2014). The usage of an instrument such as ENFEN can also be a limitation when evaluating multiple cognitive processes within executive functions. The evaluation and application of these tasks is applied according to the publisher's manual (Portellano et al., 2011; see additional material) and contrasts with theories such as that of Miyake et al. (2000). Although certain pieces of literature (Cf. Miyake et al. 2000) consider the model of study the executive functions as separable components for specificity studies, school tasks however require of a more accurate description of plurality via multi-domain tasks engaging the combined application of multiple executive functions as ensemble (Davidson et al., 2006). The Smile and Learn Platform has designed activities in game, video and quiz format; similar to the activities that can be posed in the classroom to work on the school curriculum. This manner, the applied ENFEN instrument was selected as being the most appropriate one for the general analysis addressing this educational platform. However, as studies of the effect of digital material with elementary school students and materials in Spanish were so scarce. Another limitation that can be pointed out in relation to academic performance is that the intelligence quotient as a variable has not been controlled. However,

the heterogeneity and size of the sample, as well as the other variables analyzed can provide sufficient value and ecological validity to the study.

7. Conclusions

As commented in the discussion, it is important to consider the limitations of this study for its interpretation, such as the lack of a control group. For the analyses of the data, the times of use correspond to the groups of students who have used the digital activities according to the worlds of Logic, Space, Science and Art. Thus, for each of these groups of students who have used the digital material, their results have been analyzed in the ENFEN tasks (F1, F2, S1, S2, IN, A).

One of the key aspects comes with our methodology, given it centers the importance of a proper implementation and use in the classrooms to show more precise results or gather more data. As well as a suitable teachers' training, along the guides for selecting digital materials that best fit their educational purposes. The aim of many of these materials tends to facilitate teaching practice through resources customization. Teachers may thus exercise and focus on mentoring and enhancing social relationships in the classroom to enrich the learning process (Lopez-Rosenfeld et al., 2013). The classrooms' usage of Smile and Learn has been freely undertaken by the teachers in order to study the actual implementation this material may have at a school, considering preference and interests upon the different study areas. Establishing a strict use within the school timetable performance could have been improved; nevertheless, by ceasing to be a complementary aspect thus becoming mandatory it could lose its motivational trait, impacting the students' performance.

There is still a need to continue investigating for improving the material's design and assessment in order to achieve specific learning goals, good interactivity, immersion, etc. (Revelle, 2013; Arnab et al., 2015; Abdelali et al., 2016). This stream of research could focus on exploring the relationship and interaction between the gaming elements for learning, in the same way that there are established patterns based on the mechanics of games for prompting actions in players. Furthermore, there is a need to consider the effort and time required when designing and developing digital materials, involving a proper gathering of data through Learning Analytics Systems through intrinsic assessment of games, among other matters (Hickmott et al., 2016). This requires interdisciplinary teams of researchers, educators, designers and developers of educational applications that should work together to continue improving materials on the market, proposing solutions to limitations in terms of development which involve common vocabulary, and more flexible approaches extending beyond each area's disciplinary perspectives (Cf. Arnab et al., 2012; Arnab et al., 2015; Bellotti et al., 2011; Hirsh-Pasek et al., 2015; Hickmott et al., 2016; Arnab and Clarke, 2017).

Systematically, following the design guidelines, the mechanics or elements of the activities of the Logic and Spatial worlds include repetition possibilities, error and success feedbacks, time spent on the task, and rewards. These characteristics, as well as the logical-mathematical and visuospatial skills worked through these activities may have helped students to improve in tasks involving executive functions such as spatial perception, processing speed, logical reasoning, working memory, visual-motor efficiency, anticipation and foresight. Based on our results, the design of more variegated games focusing the training of executive functions and visual-spatial fields is advised. This would help researchers in clarifying the relationships among executive functions and visual-spatial skills, especially those of inhibition and resistance to interference, in different tasks. Deeper analyses on said

characteristics will show new ideas for designing further activities for other worlds of the platform.

Further research is needed to define the specific game elements included in these types of activities for determining their link to learning. Despite studies as Baptista et al. (2015) address performance on skills focusing operations, decision making, problem solving, or organization with games and quizzes, more research is needed to establish definitive relationships with learning variables. Likewise, it would be advisable to implement built-in metrics that could evaluate executive functions internally, from the design of such activities, as well as neuropsychological tests. Studies such as Homer et al. (2018) have used commercialized games to see the effect of their use on students' cognitive skills, such as executive functions. This study pointed out the usefulness of some commercialized games as opposed to others developed for analysis in educational interventions. Moreover, the use of digital games and technology may help to build a knowledge base for a subsequent transference of learning, supporting the acquisition of more complex knowledge; nevertheless, this should not be considered the only means (Cf. Blumberg and Fisch, 2013). By including metrics in activities, internal assessment of activities could be contrasted with external assessments to address relationships between different variables. This would allow checking the consequential transference of skills and knowledge among different tasks.

8. Implications of the study

As for this study's approach, our work concerns upon a complete variety of school areas (all curricular areas were included), in contrast with other studies that focused on an isolated specific area. We could find a sheer lack of said open-scope articles in the literature. Thus, this study provides a general external evaluation of digital educational material in the school context. For this purpose, the similarities of the instrument used with the tasks carried out in the different worlds of activities of the platform analyzed were considered. This general study gives an overview of the areas in which the use of technology in schools seems to have a greater interest and effect.

As a result of this interdisciplinary evaluation study on digital material design, UX Research and education could extract other future implications for the industrial and academic sectors:

- Discussing the relationship between our results and said areas, those including logical and visuospatial game activities contributed with the most significant results. Thus, deepening in such games research would provide more efficient contrast for further comparisons within the literature and design.
- More open-scope studies will be necessary for understanding how these materials get implemented at schools, by trained teachers, and upon specific children niches. In this sense, more research on the differences among areas is required. Digital educational material is far from being adapting and fully incorporating all pedagogical theories in order to obtain significant results at children's development without any teachers' support (self-regulated learning).
- Specific results in each of the areas could be completed from the field of cognitive psychology, including more variables of academic performance as intelligence quotient. To this end, it could be recommended to the industrial community to consider both the pedagogical objectives to be included in game design and skills

through executive functions. In this way, training studies of specific components of executive functions could be considered through these materials.

- Further research in these areas could help to relate more comprehensively the relationship between the design of digital material and its mechanics to learning processes. This would support the possibility of creating design and development guides useful for EdTech companies.
- Investigate the relationship of executive functions with self-regulated learning supported by digital material.

Supplementary Material

More information about the materials used with the test ENFEN (Portellano, et al., 2011) can be found online: <http://web.teaediciones.com/ENFEN--EVALUACION-NEUROPSICOLOGICA-DE-LAS-FUNCIONES-EJECUTIVAS-EN-NINOS.aspx>

Didactic guides and contents used in this study can be found online: <https://smileandlearn.com/schools/?lang=en>

References

- Abdelali, S., Mateu, S., Imma, B., Fatiha, E., & Mohammed, B. (2016). Improving serious game design through a descriptive classification: a comparison of methodologies. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 92(1), 130-143. <https://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/13913/IMPROVING-SERIOUS.pdf?sequence=1>
- Anderson, V. (2001). Assessing executive functions in children: biological, psychological, and developmental considerations. *Pediatric rehabilitation*, 4(3), 119-136. <https://doi.org/10.1080/713755568>
- Arnab, S., Berta, R., Earp, J., De Freitas, S., Popescu, M., Romero, M., Stanescu, I., & Usart, M. (2012). Framing the adoption of serious games in formal education. *Electronic Journal of e-Learning* 10(2), 159-171. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ985419.pdf>
- Arnab, S., & Clarke, S. (2017). Towards a trans-disciplinary methodology for a game-based intervention development process. *British journal of educational technology* 48(2), 279-312. <https://doi.org/10.1111/bjet.12377>
- Arnab, S., Lim, T., Carvalho, M. B., Bellotti, F., De Freitas, S., Louchart, S., Suttie, N., Berta, R., & De Gloria, A. (2015). Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. *British Journal of Educational Technology* 46(2), 391-411. <https://doi.org/10.1111/bjet.12113>
- Baptista, R., Coelho, A., & de Carvalho, C. V. (2015). Relationship between game categories and skills development: Contributions for serious game design. In Munkvold, R., & Kolas, L. (Eds.), *Proceedings of the 9th European Conference on Game Based Learning 1*, (pp. 34-42). Academic Conferences International Limited. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=XQloCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA34&dq=Baptista,+R.%3B+Coelho,+A.%3B+de+Carvalho,+C.+V.+Relationship+between+game+categories+and+skills+development:+Contributions+for+serious+ga>

me+design.+In+ECGBL+9th,+2015&ots=GZm4XkQrio&sig=u_WiyEKj9PfmHsZ
aI5GPowmUsZI#v=onepage&q&f=false

- Bavelier, D., Green, C. S., Pouget, A., & Schrater, P. (2012). Brain plasticity through the life span: learning to learn and action video games. *Annual Review of Neuroscience* 35, 391-416. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-060909-152832>
- Bellotti, F., Ott, M.; Arbab, S., Berta, R., De Freitas, S., Kiili, K. & De Gloria, A. (2011). Designing serious games for education: from pedagogical principles to game mechanism. In Gouscos, D., Meimaris, M. (Eds.), *Proceedings of the 5th European Conference on Games Based Learning* (pp. 26-34). Academic Publishing Limited. https://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/98/58/00/PDF/BELLOTTI_ET_AL.pdf
- Best, J. R., Miller, P. H., & Jones, L. L. (2009). Executive functions after age 5: Changes and correlates. *Developmental Review* 29(3), 180-200. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2009.05.002>
- Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (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. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.01.007>
- Bowie, C. R., & Harvey, P. D. (2006). Administration and interpretation of the Trail Making Test. *Nature protocols*, 1(5), 2277–2281. <https://doi.org/10.1038/nprot.2006.390>
- Blumberg, F. C., & Fisch, S. M. (2013). Introduction: Digital games as a context for cognitive development, learning, and developmental research. In F. C. Blumberg y S. M. Fisch (Eds.), *Digital Games: A Context for Cognitive Development. New Directions for Child and Adolescent Development*, 139, (pp. 1–9). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/cad.20026>
- Brocki, K. C., & Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study. *Developmental neuropsychology*, 26(2), 571-593. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2602_3
- Bull, R., y Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19(3), 273-293. https://doi.org/10.1207/S15326942DN1903_3
- Bull, R., Espy, K. A., & Senn, T. E. (2004). A comparison of performance on the Towers of London and Hanoi in young children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(4), 743-754. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2004.00268.x>
- Castellar, E. N., All, A., De Marez, L., & Van Looy, J. (2015). Cognitive abilities, digital games and arithmetic performance enhancement: A study comparing the effects of a math game and paper exercises. *Computers and Education* 85, 123-133. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2014.12.021>
- Cheung, A. C. & Slavin, R. E. (2012). How features of educational technology applications affect student reading outcomes: A meta-analysis. *Educational Research Review* 7(3), 198-215. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2012.05.002>

- Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, *44*(11), 2037-2078. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006>
- Diamond, A. (2012). Activities and programs that improve children's executive functions. *Current directions in psychological science*, *21*(5), 335-341. <https://doi.org/10.1177/0963721412453722>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology* *64*, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- García F. T., González-Castro, P., Areces, D., Cueli, M., & Rodríguez P. C. (2014). Executive functions in children and adolescents: The types of assessment measures used and implications for their validity in clinical and educational contexts. *Papeles del Psicólogo*, *35*(3), 215-223. https://www.researchgate.net/profile/Celestino_Rodriguez/publication/286105142_Executive_functions_in_children_and_adolescents_The_types_of_assessment_measures_used_and_implications_for_their_validity_in_clinical_and_educational_contexts/links/583c0c2e08aef0f3bfea160/Executive-functions-in-children-and-adolescents-The-types-of-assessment-measures-used-and-implications-for-their-validity-in-clinical-and-educational-contexts.pdf
- Gardner, H. (1983). *Multiple Intelligences*. Basic Books.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., & Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, *18*(1), 1-16. <https://doi.org/10.1002/acp.934>
- Goldin, A.P., Hermida, M.J., Shalom, D.E., Costa, M.E., Lopez-Rosenfeld, M., Segretin, M.S., Fernández-Slezak, D., Lipina, S.J., & Sigman, M. (2014). Far transfer to language and math of a short software-based gaming intervention. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, *111*(17), 6443-6448. <https://doi.org/10.1073/pnas.1320217111>
- Hickmott, D., Smith, S. P., Bille, R., Burd, E., Stephens, L., & Southgate, E. (2016). Building apostrophe power: lessons learnt for serious games development. In *16th Proceedings of the Australasian Computer Science Week Multiconference* (pp. 1-10). Association for Computing Machinery. <http://dx.doi.org/10.1145/2843043.2843475>
- Hirsh-Pasek, K., Zosh, J.M., Golinkoff, R.M., Gray, J.H., Robb, M.B., & Kaufman, J. (2015). Putting education in "educational" apps: Lessons from the science of learning. *Psychological Science in the Public Interest*, *16*(1), 3-34. <https://doi.org/10.1177/1529100615569721>
- Homack, S., & Riccio, C. A. (2004). A meta-analysis of the sensitivity and specificity of the Stroop Color and Word Test with children. *Archives of clinical Neuropsychology*, *19*(6), 725-743. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2003.09.003>

- Homer, B. D., Plass, J. L., Raffaele, C., Ober, T. M., & Ali, A. (2018). Improving high school students' executive functions through digital game play. *Computers and Education*, *117*, 50-58. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.09.011>
- Howieson, D. (2019). Current limitations of neuropsychological tests and assessment procedures. *The Clinical Neuropsychologist*, *33*(2), 200-208. <https://doi.org/10.1080/13854046.2018.1552762>
- Hunicke, R., LeBlanc, M., & Zubek, R. (2004). MDA: A formal approach to game design and game research. In *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI*, *4*(1), 1722. AAAI. <https://www.aaai.org/Papers/Workshops/2004/WS-04-04/WS04-04-001.pdf>
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Shah, P. (2011). Short-and long-term benefits of cognitive training. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *108*(25), 10081-10086. <https://doi.org/10.1073/pnas.1103228108>
- Karbach, J., & Kray, J. (2009). How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training. *Developmental Science*, *12*(6), 978-990. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00846.x>
- Karbach, J., & Unger, K. (2014). Executive control training from middle childhood to adolescence. *Frontiers in Psychology*, *5*, 390. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00390>
- Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, *14*(7), 317-324. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.05.002>
- Lara Nieto-Márquez, N., Baldominos, A., Cardeña Martínez, A., & Pérez Nieto, M.Á (2020). An Exploratory Analysis of the Implementation and Use of an Intelligent Platform for Learning in Primary Education. *Applied Sciences*, *10*(3), 983. <https://doi.org/10.3390/app10030983>
- Latham, A. J., Patston, L. L., & Tippett, L. J. (2013). The virtual brain: 30 years of video-game play and cognitive abilities. *Frontiers in Psychology*, *4*, 629. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00629>
- Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, *21*(1), 59-80. <https://doi.org/10.1348/026151003321164627>
- Lieberman, D. A., Bates, C. H., & So, J. (2009). Young children's learning with digital media. *Computers in the Schools*, *26*(4), 271-283. <https://doi.org/10.1080/07380560903360194>
- Lim, T., Carvalho, M.B., Bellotti, F., Arnab, S., De Freitas, S., Louchart, S., Suttie, N., Berta, R., & De Gloria, A. (2015). The lm-gm framework for serious games analysis. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.678.6172&rep=rep1&type=pdf>
- Lopez-Rosenfeld, M., Goldin, A. P., Lipina, S., Sigman, M., & Slezak, D. F. (2013). Mate Marote: A flexible automated framework for large-scale educational interventions.

- Computers and Education*, 68, 307-313.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.05.018>
- Mackey, A. P., Hill, S. S., Stone, S. I., & Bunge, S. A. (2011). Differential effects of reasoning and speed training in children. *Developmental science*, 14(3), 582-590.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2010.01005.x>
- Martins, D.N., & Gotuzo, S. A. (2017). Intervention for executive functions development in early elementary school children: effects on learning and behaviour, and follow-up maintenance. *Educational Psychology*, 37(4), 468-486.
<https://doi.org/10.1080/01443410.2016.1214686>
- Mateos, M. J., Muñoz-Merino, P. J., Kloos, C. D., Hernández-Leo, D., & Redondo-Martínez, D. (2016). Design and evaluation of a computer based game for education. In 2016 *IEEE Frontiers in Education Conference* (pp. 1-8). IEEE. doi: 10.1109/FIE.2016.7757356
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, (pp. 31-48). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.004>
- Meixner, J. M., Warner, G. J., Lensing, N., Schiefele, U., y Elsner, B. (2019). The relation between executive functions and reading comprehension in primary-school students: A cross-lagged-panel analysis. *Early Childhood Research Quarterly*, 46, 62-74. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.04.010>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., y Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49 –100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Norma UNE 71362:2017, de 14 de junio de 2017. Calidad de los materiales educativos digitales. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- Oei, A. C., y Patterson, M. D. (2013). Enhancing cognition with video games: a multiple game training study. *PloS One*, 8(3).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058546>
- Patino, A., Romero, M., & Proulx, J. N. (2016). Analysis of Game and Learning Mechanics according to the Learning Theories. In *8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)* (pp. 1-4). IEEE. doi: 10.1109/VS-GAMES.2016.7590337
- Pérez, M. D. M., Duque, A. G., y Garcia, L. F. (2018). Game-based learning: Increasing the logical-mathematical, naturalistic, and linguistic learning levels of primary school students. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 7(1), 31-39. doi: 10.7821/ear.2018.1.248
- Portellano, J. A., Martínez-Arias, R., & Zumárraga, L., (2011). *ENFEN. Evaluación Neuropsicológica de las funciones ejecutivas en niños*. TEA Ediciones, S.A.U.

- Porteus, S. D. (1933). The maze test and mental differences. The Smith Printing and Publishing House. <https://doi.org/10.1037/11351-000>
- Redick, T. S., Calvo, A., Gay, C. E., y Engle, R. W. (2011). Working memory capacity and go/no-go task performance: Selective effects of updating, maintenance, and inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(2), 308–324. <https://doi.org/10.1037/a0022216>
- Revelle, G. (2013). Applying developmental theory and research to the creation of educational games. *New Directions for Child and Adolescent Development*, 139, 31-40. <https://doi.org/10.1002/cad.20029>
- Rinat K., Ora K., & Andrea B. (2005) Analysis of word clustering in verbal fluency of school-aged children. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20(8), 1087–1104, <https://doi.org/10.1016/j.acn.2005.06.012>
- Rutherford, T., Buschkuehl, M., Jaeggi, S. M., & Farkas, G. (2018). Links between achievement, executive functions, and self-regulated learning. *Applied Cognitive Psychology*, 32(6), 763-774. <https://doi.org/10.1002/acp.3462>
- Sajjadi, P., Vlieghe, J., & De Troyer, O. (2016). Evidence-based mapping between the theory of multiple intelligences and game mechanics for the purpose of player-centered serious game design. En *8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)* (pp. 1-8). IEEE. doi: 10.1109/VS-GAMES.2016.7590348
- Santiago, K., Lukas, J. F., Etxeberria, J., & Gobantes, A. (2009). Evaluation of the IKASYS programme. *Research, Reflections and Innovations in Integrating ICT in Education*. Badajoz: FORMATEX, 51-54. <https://pdfs.semanticscholar.org/1035/483ae0a70c9c4db6947faf1f7e9e1e45778d.pdf>
- Siang, A. C., & Rao, R. K. (2003). Theories of learning: a computer game perspective. In Werner, B. (Ed.), *Proceedings 5th International Symposium on Multimedia Software Engineering* (pp. 239-245). IEEE Computer Society. doi:10.1109/mmse.2003.1254447
- Simmonds, D. J., Pekar, J. J., & Mostofsky, S. H. (2008). Meta-analysis of Go/No-go tasks demonstrating that fMRI activation associated with response inhibition is task-dependent. *Neuropsychologia*, 46(1), 224-232. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.07.015>
- Slussareff M., Braad E., Wilkinson P. y Strååt B. (2016) Games for Learning. En Dörner R., Göbel S., Kickmeier-Rust M., Masuch M., Zweig K. (Eds.) *Entertainment Computing and Serious Games. Lecture Notes in Computer Science*, 9970. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46152-6_9
- Sulik, M. J., Finch, J. E., y Obradović, J. (2020). Moving beyond executive functions: Challenge preference as a predictor of academic achievement in elementary school. *Journal of Experimental Child Psychology*, 198, 104883. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2020.104883>

- Tan, P. H., Ling, S. W., & Ting, C. Y. (2007). Adaptive digital game-based learning framework. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts*, (pp. 142-146). http://www.fi.uu.nl/publicaties/literatuur/endnote_ecgbl_932_tan.pdf
- Titz, C., & Karbach, J. (2014). Working memory and executive functions: effects of training on academic achievement. *Psychological Research* 78(6), 852-868. <https://doi.org/10.1007/s00426-013-0537-1>
- Wei, W., Yuan, H., Chen, C., & Zhou, X. (2012). Cognitive correlates of performance in advanced mathematics. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 157-181. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2011.02049.x>
- Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R. O. & Nunamaker Jr, J. F. (2006). Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness. *Information and Management*, 43(1), 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.im.2005.01.004>
- Zysset, S., Müller, K., Lohmann, G., & Von Cramon, D. Y. (2001). Color-word matching Stroop task: separating interference and response conflict. *Neuroimage*, 13(1), 29-36. <https://doi.org/10.1006/nimg.2000.0665>

9 | Assessing Impact of Self-Regulated Learning Using Educational Games on Intelligent Platform

Este capítulo se basa en el artículo VII:

Lara Nieto-Márquez, N., Sillaots, M., Cardeña Martínez, A., & Pérez Nieto, M.Á. (2020). Assessing Impact of Self-Regulated Learning Using Educational Games on Intelligent Platform. In Fotaris, P. (Ed.), *14th International Conference on Game Based Learning ECGBL 2020*(pp. 408 - 416). Academic Conferences International Limited. doi: 10.34190/GBL.20.120

CAPÍTULO 9

Assessing Impact of Self-Regulated Learning Using Educational Games on Intelligent Platform

Abstract

Nowadays, developing competences in our students to face future learning and work is an educational necessity. This can be committed by training students for personalized, Self-Regulated Learning (SRL). In this sense, digital materials oriented through game mechanics, involving feedback and rewards associated with curricular contents, can help students in cultivating SRL. In this article, after comparing the present variety of SRL models in the literature, we gathered their conclusions in order to assess the level of application of SLR strategies in the usage of game activities within the educational intelligent platform Smile and Learn. Our main goal is to analyse the impact on SRL that games designed by Smile and Learn make in children of elementary education. As second goal, we purpose to describe the most common traits supporting SRL appearing in these games and, thus, satisfying the characteristics according to scientific literature. As of March 2020, the platform Smile and Learn offers more than 5000 educational games activities, targeted for children aged 3-12. Activities are classified in different topic-related worlds, corresponding with most of the curricular subjects: Mathematics, Science, Literacy, Spatial, Emotional Intelligence, Multiplayer, and Arts plus a personal world. To test the games' effect, we ran a series of usage experiments with students aged 7-11, corresponding with 3rd, 4th and 5th grades of elementary education. Participants were selected from a state school in the Community of Madrid (Spain). The instrument chosen for measuring SRL is the Self-Rating Scale (Self-Reg). This questionnaire records data from 7 SRL variables: Distractibility, Sustained Attention, Emotional Control, Motor Activity, Motivation, Inhibition, and Speed of Processing. Both, variability in usage among the different worlds, and their specific impact on SRL, are rates assessed via data collected from users' performance interacting with games. Data are analysed by a linear regression analysis. Implications on educational field and connections with SRL models are discussed. We suggest to explore implementing more variegated types of games, as a future direction, especially promoting collaboration, teamwork troubleshooting and emotional intelligence while evaluating their impact on SRL.

Keywords: Self-regulated learning (SRL), Educational Technology, Game Design, Assessment, Primary Education

1. The Smile and Learn Platform

Smile and Learn is a platform in the EdTech area. This educational platform composes various digital activities for children aged 3-12, such as games, tales, quizzes and videos. Activities are organized in 7 topic-related worlds that cover the elementary school curriculum, being Science, Logic, Literacy, Arts, Spatial, Multiplayer, and Emotions topic-centred worlds. In addition, there is an eighth world in which children can manage their resources, earned by playing activities, and thus building their own city.

As of March 2020, more than 5000 different activities can be played. Activities are developed by a pedagogical team in collaboration with the design, video, coding and learning

analytics teams. These digital materials can help students to get motivated while learning and improve their skills (Arnab et al., 2012; Hirsh-Pasek et al., 2015). Likewise, through the feedbacks included in the activities, they can start regulating their metacognitive processes for a better performance in daily school tasks (Bellotti et al., 2011; Ke, 2008). Thus, games designed for the Smile and Learn platform can support student learning, being included as supplementary material in the classroom. According to Baptista et al. (2015), Smile and Learn games could be classified into puzzle or quizzes. These games would work skills such as problem solving, organization and planning, decision making processes, and operating skills among others.



Figure 1. Main menu of the platform Smile and Learn.

The types of feedback to be found in said platform games include: time to complete the activity, error and success rates, progress, and progress in levels. Feedbacks vary according to the selected activity. (Lara Nieto-Márquez et al., 2020). These feedbacks are collected using a system of learning metrics that shows results in graphs to teachers and parents. Likewise, the platform incorporates a recommendation system that shows the children via artificial intelligence activities that they can perform to improve their progress (Baldominos & Quintana, 2019).

Smile and Learn's goal is the development of support material for teachers in the classroom. This is an attempt to facilitate the teaching practice by automating processes such as activities correction or reviewing and assessing the progress of students in their tasks through the platform. Likewise, the pedagogical team develops additional materials such as teaching guides to use of classroom activities with the designed materials (<https://smileandlearn.com/schools/?lang=en>).

2. Introduction

Self-regulated learning (SRL) encompasses multiple tokens, such as motivation, cognition, metacognition, which are multidimensional and complex to assess. One approach to SRL addresses the metacognitive perspective, accordingly working within metacognitive

regulation (Azevedo, 2009; Efklides, 2011). In this sense, self-regulation can be related to metacognitive aspects through self-generated actions and thoughts that promote achieving certain goal. On the other hand, in the motivational area (Boekaerts, 1996), self-regulation would be linked to personal initiatives, the individual's emotions and their perseverance. In this way, the role that self-regulation plays on learning is expressed as the ability to describe and predict the effects of control over personal actions (Azevedo, 2009; Sperling et al. 2004). Modern literature exposes how significant is to develop students' self-regulation for learning: in doing so, the competence of learning to learn would develop (Allen & Vander Velden, 2012).

The goal of this article is to analyse the impact that using games in primary education has with variables on SRL. Research questions for our objective are: (1) what is the effect of using Smile and Learn platform on SRL? (2) What are the relationships among SRL variables? Aimed at this, the explanation of the platform and games will be exposed first. In section 2, the theoretical framework on the various SRL models is presented. Section 3 outlines the methodology applied in this study, which will define the results obtained in section 4. Results are discussed in section 5, making explicit the relations found among the use of educational games and SRL variables. Conclusions on the study and the educational implications address the significance that games have on motivation and inhibition. Moreover, SRL models can be joined to games with technology advances.

3. Theoretical Background

This section outlines a brief explanation on the SRL perspective by comparing various models. The educational bases of game design are also discussed in order to propose their links with SRL.

3.1. Self-Regulated Learning models

Since the term SRL came into being, there have been several studies proposing models to define the variables involved; some of those can be synthesized as follows below:

- McCombs (1988). This model starts from the metacognitive perspective to define the variables intervening in knowledge and its regulation, forming its main variables, thus, around metacognitive tenets. Metacognition interacts with cognitive and affective systems determining the student's perception of a given task.
- Boekaerts (1996, 1999). This model organizes learning strategies according to the cognitive regulation of mental processes and the motivational regulation of the student's behaviour.
- Winee (2001). This model focuses on the cognitive information processes influencing SRL, based on the variables of a given task and the suitable cognitive conditions. These variables are influenced by evaluative processes and strategies, and their outcomes. It highlights the importance of learning goals and planning strategies; e.g., adaptation for the task achievement.
- Pintrich (2000, 2004). Based on the social-cognitive perspective, this model focuses on four constructs: motivation or affect, cognition, behaviour and context.
- Zimmerman (2002). As well from the social-cognitive perspective, this model highlights the importance of feedbacks on students' self-regulation. Its variables on

learning regulation include cognition, motivation, behaviour and learning environment.

- Efklides (2009, 2011). This model raises from the point of view of tasks performance, as it focuses how SRL can be influenced at a personal level, according to self-concept, ability, motivation, affection and beliefs. Personal traits and tasks gather in the main variables, being cognition, metacognition and affect, and self-regulation.

Despite the differences that may be found among them, a common framework can be outlined within which the variables of cognition, metacognition and motivation, as approached by the different perspectives, stand out. Likewise, in most of these theories different steps are proposed for scheming the processes of SRL, including task tracking, self-assessment, and reflection. These models helped to develop instruments oriented to its evaluation. Nonetheless, most of these questionnaires have been designed for adults (Rizzo et al., 2010; Rovers et al., 2019; Sperling et al., 2004).

In all SRL models' motivation plays an important role in the selection and application of learning strategies. Similarly, researches in this area expose motivation as predictor of academic success (Boekaerts, 1999, Pintrich, 2000). Thus, the mastery of various motivational variables, and usage of the knowledge acquired according to them, may generate new learning advances (Azevedo, 2009). In this sense, learning is linked straightforward to emotional aspects. Studies on motivation suggest that emotions and beliefs about the interest on, and value of, a given tasks generate a necessary commitment in the students for learning (McCombs, 1988; Efklides, 2011).

Despite perspectives of SRL models' the students' cognitive and metacognitive development will determine the acquisition of knowledge with the resources provided (Rizzo et al., 2010; McCombs, 1988). A flat knowledge about the learning processes and strategies does not enable students to perform better as such. In order for this to happen, it would be necessary to put knowledge into practice, and be able to observe what happens with the use of each strategy. This would help improve students' learning experiences and extrapolate knowledge to other tasks. If students are involved in their learning process, they will be able to learn how to regulate their capacity for reflection, understanding, self-awareness and self-control, among other skills proper to SRL that would allow them to progress in their academic performance (Pintrich, 2000; Efklides, 2011; Winee, 2001).

3.2. Educational Games Design

Designing educational games is supported by multiple pedagogical models: depending on the type of game, its approach can be related to theories from the cognitive science, such as Mayer's (2005). Other models based on the theory of multiple intelligences (Sajjadi et al., 2018). Like other theories based on the educational models of constructivism, behaviourism or cognitivism, such as the design frameworks of Arnab et al. (2012, 2015), Bellotti et al. (2011), Mateos et al. (2016); among others.

These models try to establish connections that can explain the effect that have the elements of a game upon the students' learning process. Various theories are often used to define current games, making difficult to study the different variables (Patino et al., 2016). The majority of said game theories has in common multiple variables for rating learning that can be found collected in SRL models. Throughout these variables we can distinguish a trait on said games promoting student's motivation, as their effect on working skills as cognitive

processes. In this way, SRL models can also be taken into account to design educational games. Given the complexity of determining the constructs that can form a part of SRL, this study attempted to adapt its evaluation based on variables that could provide an approximation at primary school stage.

4. Methodology

4.1. Procedure

While preparing this study, the selected school's educational community was informed of the procedures. The conditions for conducting the test during class time were notified under the supervision of the tutor, and further on consents were requested. The proposed study has a pre-experimental design, with post-test data collection and no control group. Results taken with Self-Reg record data from 7 SRL variables. Those are our dependent variables. Time of using games is our independent variable. Platform implementation was carried out in October and 2018. After six months of using the platform, data was collected.

Prior to the implementation of Smile and Learn, specific training was held for the management team and for teachers. Likewise, booklets were produced for teachers in order to guide them in their use, as well as additional material prepared by Smile and Learn. The teachers were free to select those contents that fit best the dynamics of their classes.

4.2. Participants

300 students from a public school in the Community of Madrid, Spain, participated in this study. The school was selected via the implementation program for the Community of Madrid of educational platform Smile and Learn. Students were selected as a non-random sample, in the 3rd, 4th and 5th grade of elementary school. These courses correspond to students along the ages of 7 and 11 —the average age in this study is 9.36 years.

4.3. Instruments

The instrument selected to measure the variables of SRL is the Self-Reg Questionnaire (Rizzo et al., 2010). This questionnaire is designed for students aged 8-10. Introducing 28 items, questions are based on the student's day-to-day life, which they have to answer as identified with the situations on a Likert scale ranking 1-5 (consult Rizzo et al, 2000; p.127). Within the Self-Reg Questionnaire (<https://eric.ed.gov/?id=EJ906940>), two mains are distinguished:

- *Behavioural Regulation*, evaluating the regulation of students' behaviour from 4 subscales: Emotional Control, Motivation, Motor Activity, and Inhibition.
- *Cognitive Regulation*, assessing regulation of students' cognitive processes via 3 subscales: Speed of Processing, Distractibility, and Sustained Attention.

In order to adapt it to the Spanish population, the test was translated and analysed by experts, and a final one was validated with a student's sample. Adaptation into Spanish was carried out in order to apply it in the students' mother tongue. This adaptation followed the basic recommendations of Muñiz et al. (2013). The α -Cronbach obtained was 0.926. Although questionnaire adaptation is well feasible, there appears certain level of controversy along the literature with self-report tests evaluating these variables. However, these tests continue in use for gathering information from large samples (Rizzo et al., 2010; Sperling et al., 2004).

The instrument selected to collect the time of use of the platform was the proper learning analytics system included in the Smile and Learn platform. Accordingly, the time spent using each of the activities per student has been selected and added to obtain the total time.

4.4. Data Analysis

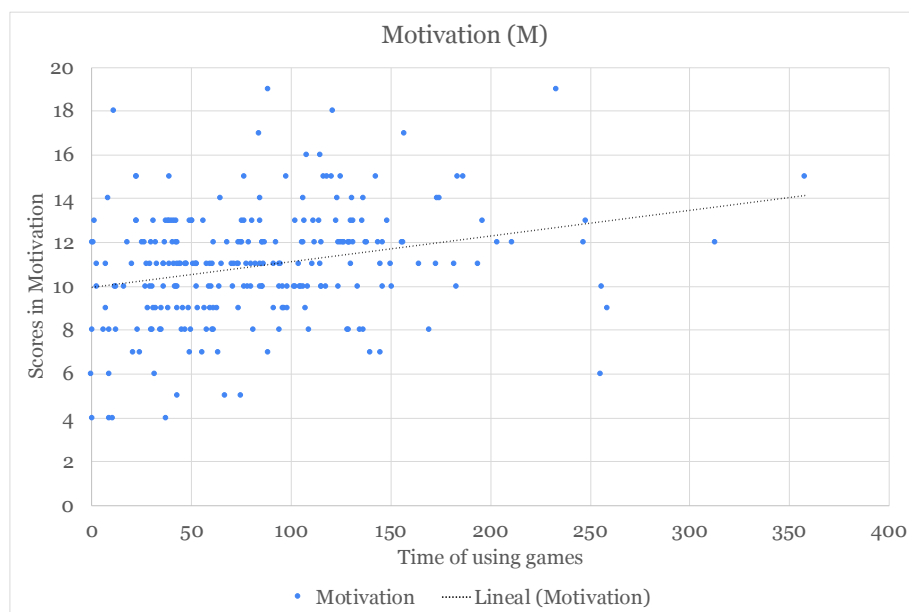
The design of this research is quantitative. The database was developed by tagging students and relating their time of use on the platform to the scores obtained from the test. Incomplete tests were discarded.

SPSS Statistics was the statistical software implemented for analysing data. With the goal of analysing possible relationships among the measured variables of SRL, and in order to describe their relationship, a Pearson correlation was performed. In addition, regarding our main goal, analysing the impact of the use of games on SRL, linear regression analysis was applied.

5. Results

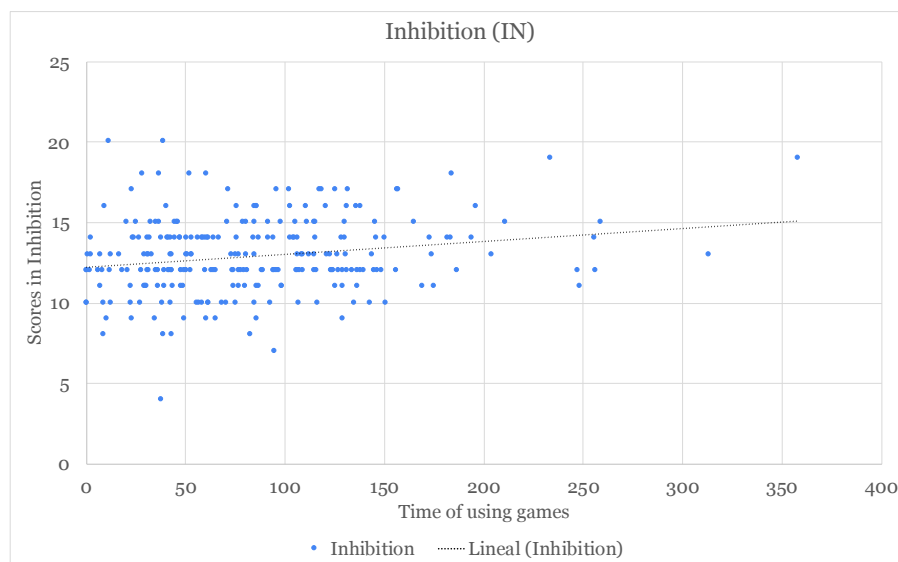
5.1. Analysis of the effect of using games on SRL

In order to analyse the effect of the games' usage on the different variables, linear regression analysis have been performed along said variables. The following results were obtained, indicating significant relationships among time of use and the Motivation (M) $R^2=0.072$, $t=4.392$, $p<0.001$, $\beta=0.26$ and Inhibition (IN) $R^2=0.040$, $t=3.205$, $p=0.002$ ($p<.05$), $\beta=0.199$. The effect found in Figure 2 is depicted below. Results show an effect of using games on the behavioural regulation of students' motivation and inhibition.



(a)

Figure 2. Representation of the effect of the use of games on the Motivation (a) and Inhibition (b) of the students.



(b)

Figure 2 (continuation). Representation of the effect of the use of games on the Motivation (a) and Inhibition (b) of the students.

5.2. Analysis of the relationships among our variables on SRL

From the Self-Reg questionnaire, for the variables measured in Behavioural Regulation and Cognitive Regulation, results of descriptive statistics are represented in Table 1.

Table 1. Descriptive statistics for each of the variables analysed. The total sample of the students who completed the questionnaire is N = 300.

Behavioural Regulation						Cognitive Regulation						SelfReg			
EC		M		MA		IN		SP		D		SA		MD	SD
MD	2.04	10.92	2.55	12.67	2.99	12.83	2.33	10.41	2.57	11.65	2.31	11.48	1.96	82.14	8.79

The average time of usage (in minutes) of Smile and Learn’s games per student is 85.27, SD = 59.64. In this case, only 264 students used the Smile and Learn platform as supporting material at classroom. As exposed before, in order to analyse the possible relationships that could be found among our variables, a Pearson correlation was performed. Results obtained are shown in Table 2.

Table 2. Analysis of the Pearson correlation among the different variables analysed with the Self-Reg questionnaire, and the time of use (TU) of the games designed by Smile and Learn. ** Correlation is significant at the 0.01 level. *Correlation is significant at the 0.05 level.

	TU	EC	M	MA	IN	SP	D
EC	.027						
M	.268**	.238**					
MA	-.006	.163**	.160**				
IN	.199**	.181**	.265**	.086			
SP	.054	.196**	.109	.022	.155**		
D	-.012	-.008	.106	.077	.064	.199**	
SA	.037	.162**	.199**	.219**	.255**	.192**	.174**

The analysis of correlation shows a higher significance between the usage and behavioural variables (BR, M, IN). Accordingly, the use of said educational games would affect variables more related to behavioural areas than to cognitive ones. Significance is also observed among some of the different variables measured with the Self-Reg questionnaire. In this way, results obtained applying the correlation analyses could be related with the most relevant processes in SRL in primary education students.

6. Discussion

The obtained results show the effect of educational games on the regulation of the students' behaviour. More specifically, this effect is observed in relation to their motivation and inhibition. Various studies, such as those of Huffaker and Calvert (2003) or Ke (2008) coincide with our results in the effect and role that games can play on behavioural regulation. On the other hand, as Rovers et al. (2019) point out, the data obtained via self-evaluation on behaviour are much more precise than those of other variables. This could be the reason why no relationship with variables of cognitive regulation has been found. Nevertheless, our results contrast with the study of Pellas (2014) where the use of this technology correlates negatively with behaviour.

Abundant research relates the use of educational games in students' engagement and their increased motivation for learning (Blumberg & Fisch, 2013; Clark et al., 2016; Duffi & Azevedo, 2015). Said relationship with motivation may be due to the presence of tokens or badges integrated in the games, as well as the feedback received as progress in activities is achieved; these elements of the game would, thus, foster students' motivation. Likewise, proposing these educational activities as games, students may have felt protagonists in their decisions, leading to an intervention in cognitive activity (McCombs, 1988; Pintrich, 2000). Students' motivation towards attaining the goals of the given tasks increased as games were more played.

On the other hand, inhibition plays its part as an executive function. In this case, Inhibition can be described as the skill of overriding habitual responses or applying self-control (Diamond, 2012). Effects of games usage on inhibition regulation are less noticeable than those on motivation. This may be due to the fact that inhibition processes develop in children aged 7-11 (Davidson et al., 2006). Observing this effect in games use, these could have also helped in such development, which can be related to the control children must have when responding to activities in order to have a better performance.

No effects on the use of digital activities, with all, are observed for the other variables of behaviour regulation. These results could be understood as said variables frame and require a bigger social component than the sheer interaction with a device. Its regulation may be worked with other forms of training, or perhaps with more elaborate games (social gaming interaction). Thus, educational games design would better focus on working these behavioural skills via cooperative games (Ke, 2008), with genres as role-playing, strategy or managerial simulation (Baptista et al., 2015).

Secondly, no relationship was found among the use of educational games and the variables of cognition regulation. This may be due to the characteristics of their design, with different pedagogical models escaping the focus on cognitive theories: students' work on cognitive regulation has been thus hindered. Another perception on the matter may be the need for more training time, especially on cognitive skills with digital activities, so that knowledge would have been transferable to other tasks (Huffaker & Calvert, 2003; Ke, 2008;

Blumberg & Fisch, 2013). In this sense, our results differ from those of other studies in which processing speed, sustained attention or distraction, improve with the use of digital games (Baptista et al., 2015; Diamond, 2012). In order to work these areas and improve their training, their design shall be improved by bringing their contents and playability together with and along cognitive theories' results (Mayer, 2005).

In relation to the links among the variables of our SRL evaluation, correlations can be explained using models such as those of McCombs (1988) or Efklides (2011). These models, like our instrument, start from the standpoint of metacognitive regulation over the rest of the variables. These relationships found in the variables provide a guide for the SRL processes in primary education students. Although there are several ways of evaluating SRL (Rovers et al., 2019), including markers that can collect information in games would help a supplementary the data collection. This would improve the methodology used by further studies on SRL and the relationship that may exist among its variables. Advances in technology and the analysis of data collected with the help of technology can deepen students' monitoring and regulation (Chassignol et al., 20018; Duffy & Azevedo, 2015). In this line, it would be easier to include the variety of SRL factors, providing with a basis for planning future games that promote awareness, reflection, and regulation while documenting the students' movements and actions (Boekaerts, 1996). Aiming improvement, parameters such as eye tracking or clicks and keystrokes on the screen, could be incorporated in games, as smart tutors supplying intelligent feedbacks (Chassignol et al., 20018; Duffy & Azevedo, 2015; Ke, 2008). Said parameters would allow us to cross over more data to support SRL studies in their assessing of cognitive aspects.

In summary, self-regulation skills are developed when the student faces the need to know something new, in stimulating, contextualized situations and challenges. For this reason, SRL can rely on educational games. Knowledge about the users' interaction with this type of digital materials is important to make improvements on the games' design oriented to support SRL (Chassignol et al., 20018; Huffaker & Calvert, 2003; Pellas, 2014). Depending on the challenges presented, students can determine different strategies to decide the most appropriate for their goal (Efklides, 2009).

7. Conclusion

This study investigated the effects that the use of games in primary school students could have on SRL. Results show its relations on generated motivation and inhibition. In general terms, conclusions outline how the use of educational games impacts positively on student behaviour. We suggest to explore implementing more variegated types of games, as a future direction, especially promoting collaboration, teamwork troubleshooting and emotional intelligence while evaluating their impact on SRL. Improvement is still needed to be made in connecting the different theories on game design with learning, and vice versa, as the design of educational games should be improved to support SRL for students. Deeper research on the assessment of how students interact with devices is also concluded necessary. Establishing internal (built-in the platform/game) markers for achieving a broader and contrastable data collection system would be of much aid for evaluations.

Including metacognitive and regulatory variables is complex in primary education as it coincides with its proper development. In this way other SRL models, such as Zimmerman's (2002) or Winne's (2001), could better fit the evaluation of SRL through games. These models evaluate processes with more specific variables on tasks, escaping the conceptual usage of metacognition as it being a too abstract notion for ages 7-11.

References

- Allen, J. P., & van der Velden, R. K. W. (2012). Skills for the 21st century: implications for education. *ROA Research Memoranda*, 11. Maastricht: Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt, Faculteit der Economische Wetenschappen. <http://staff.uks.ac.id/%23LAIN%20LAIN/KKNI%20DAN%20AIPT/Undangan%20Muswil%2023-24%20Jan%202016/references/kkni%20dan%20skkni/referensi%20int%20dan%20kominfo/job%20descriptions/mobile%20computing/file25776.pdf>
- Arnab, S., Berta, R., Earp, J., De Freitas, S., Popescu, M., Romero, M., Stanescu, I., & Usart, M. (2012). Framing the adoption of serious games in formal education. *Electronic Journal of e-Learning* 10(2), 159-171. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ985419.pdf>
- Arnab, S., Lim, T., Carvalho, M. B., Bellotti, F., De Freitas, S., Louchart, S., Suttie, N., Berta, R., & De Gloria, A. (2015). Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. *British Journal of Educational Technology* 46(2), 391-411. <https://doi.org/10.1111/bjet.12113>
- Azevedo, R. (2009). Theoretical, conceptual, methodological, and instructional issues in research on metacognition and self-regulated learning: A discussion. *Metacognition and Learning*, 1(4), 87-95. <https://doi.org/10.1007/s11409-009-9035-7>
- Baldominos, A., & Quintana, D. (2019) Data-Driven Interaction Review of an Ed-Tech Applications. *Sensors*, 19(8), 1910. <https://doi.org/10.3390/s19081910>
- Baptista, R., Coelho, A., & de Carvalho, C. V. (2015). Relationship between game categories and skills development: Contributions for serious game design. In Munkvold, R., & Kolas, L. (Eds.), *Proceedings of the 9th European Conference on Game Based Learning* 1, (pp. 34-42). ACPI. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=XQloCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA34&dq=Baptista,+R.+%3B+Coelho,+A.+%3B+de+Carvalho,+C.+V.+Relationship+between+game+categories+and+skills+development:+Contributions+for+serious+game+design.+In+ECGBL+9th,+2015&ots=GZm4XkQrio&sig=u_WiyEKj9PfmHsZaI5GPowmUsZI#v=onepage&q&f=false
- Bellotti, F., Ott, M.; Arbab, S., Berta, R., De Freitas, S., Kiili, K. & De Gloria, A. (2011). Designing serious games for education: from pedagogical principles to game mechanism. In Gouscos, D., & Meimaris, M., (Eds.), *Proceedings of the 5th European Conference on Games Based Learning* (pp. 26-34). Academic Publishing Limited. https://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/98/58/00/PDF/BELLOTTI_ET_AL.pdf
- Blumberg, F. C., & Fisch, S. M. (2013). Introduction: Digital games as a context for cognitive development, learning, and developmental research. In F. C. Blumberg y S. M. Fisch (Eds.). *Digital Games: A Context for Cognitive Development. New Directions for Child and Adolescent Development*, 139, (pp. 1-9). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/cad.20026>

- Boekaerts, M. (1996). Self-regulated learning at the junction of cognition and motivation. *European psychologist*, 1(2), 100-112. <https://doi.org/10.1027/1016-9040.1.2.100>
- Boekaerts, M. (1999). Metacognitive experiences and motivational state as aspects of self-awareness: Review and discussion. *European journal of psychology of education*, 14(4), 571-584. <https://doi.org/10.1007/BF03172980>
- Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., & Bilyatdinova, A. (2018). Artificial Intelligence trends in education: A narrative overview. *Procedia Computer Science*, 136, 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.233>
- Clark, D. B., Tanner-Smith, E. E., & Killingsworth, S. S. (2016). Digital games, design, and learning: A systematic review and meta-analysis. *Review of educational research*, 86(1), 79-122. <https://doi.org/10.3102/0034654315582065>
- Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, 44(11), 2037-2078. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006>
- Diamond, A. (2012). Activities and programs that improve children's executive functions. *Current directions in psychological science*, 21(5), 335-341. <https://doi.org/10.1177/0963721412453722>
- Duffy, M. C., & Azevedo, R. (2015). Motivation matters: Interactions between achievement goals and agent scaffolding for self-regulated learning within an intelligent tutoring system. *Computers in Human Behavior*, 52, 338-348. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.05.041>
- Efklides, A. (2009). The role of metacognitive experiences in the learning process. *Psicothema*, 21(1), 76-82. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1031.6590&rep=rep1&type=pdf>
- Efklides, A. (2011). Interactions of metacognition with motivation and affect in self-regulated learning: The MASRL model. *Educational psychologist*, 46 (1), 6-25. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.538645>
- Hirsh-Pasek, K., Zosh, J.M., Golinkoff, R.M., Gray, J.H., Robb, M.B., & Kaufman, J. (2015). Putting education in "educational" apps: Lessons from the science of learning. *Psychological Science in the Public Interest*, 16(1), 3-34. <https://doi.org/10.1177/1529100615569721>
- Huffaker, D. A. & Calvert, S. L. (2003). The new science of learning: Active learning, metacognition, and transfer of knowledge in e-learning applications. *Journal of Educational Computing Research*, 29(3), 325-334. <https://doi.org/10.2190/4T89-30W2-DHTM-RTQ2>
- Ke, F. (2008). Computer games application within alternative classroom goal structures: cognitive, metacognitive, and affective evaluation. *Educational Technology Research and Development*, 56, 539- 556. doi: 10.1007/s11423-008-9086-5

- Lara Nieto-Márquez, N., Baldominos, A., & Pérez-Nieto, M.Á. (2020) Digital Teaching Materials and Their Relationship with the Metacognitive Skills of Students in Primary Education. *Education Sciences*, 10, 113. <https://doi.org/10.3390/educsci10040113>
- Mateos, M. J., Muñoz-Merino, P. J., Kloos, C. D., Hernández-Leo, D., & Redondo-Martínez, D. (2016). Design and evaluation of a computer based game for education. In *2016 IEEE Frontiers in Education Conference* (pp. 1-8). IEEE. doi: 10.1109/FIE.2016.7757356
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, (pp. 31-48). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.004>
- McCombs, B. (1988). Motivational skills training: Combining metacognitive, cognitive, and affective learning strategies. In C. Weinstein, E. Goetz y P. Alexander (Eds.), *Learning and study strategies, Issues in Assessment, Instruction, and Evaluation*, (pp. 141-169). Academic Press, Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-742460-6.50015-3>
- Muñiz, J., Elosua, P. & Hambleton, R.K. (2013). Directrices para la traducción y adaptación de los tests: Segunda edición. *Psicothema*, 25, 151–157. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4654026>
- Patino, A., Romero, M., & Proulx, J. N. (2016). Analysis of Game and Learning Mechanics according to the Learning Theories. In *2016 8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)* (pp. 1-4). IEEE. doi: 10.1109/VS-GAMES.2016.7590337
- Pellas, N. (2014). The influence of computer self-efficacy, metacognitive self-regulation and self-esteem on student engagement in online learning programs: Evidence from the virtual world of Second Life. *Computers in Human Behavior*, 35, 157-170. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.02.048>
- Pintrich, P. (2000). An achievement goal theory perspective on issues in motivation terminology, theory, and research. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 92-104. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1017>
- Pintrich, P. R. (2002). The role of metacognitive knowledge in learning, teaching, and assessing. *Theory into practice*, 41(4), 219-225. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_3
- Pintrich, P. R. (2004). A conceptual framework for assessing motivation and self-regulated learning in college students. *Educational psychology review*, 16(4), 385-407. <https://doi.org/10.1007/s10648-004-0006-x>
- Rizzo, P., Steinhausen, H. C., & Drechsler, R. (2010). Self-Perceptions of Self-Regulatory Skills in Children Aged Eight to 10 Years: Development and Evaluation of a New Self-Rating Scale. *Australian Journal of Educational and Developmental Psychology*, 10, 123-142. <https://eric.ed.gov/?id=EJ906940>

- Rovers, S. F., Clarebout, G., Savelberg, H. H., de Bruin, A. B., & van Merriënboer, J. J. (2019). Granularity matters: comparing different ways of measuring self-regulated learning. *Metacognition and Learning*, 14(1), 1-19. <https://doi.org/10.1007/s11409-019-09188-6>
- Sajjadi, P., Vlieghe, J., & De Troyer, O. (2016). Evidence-based mapping between the theory of multiple intelligences and game mechanics for the purpose of player-centered serious game design. En *8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)* (pp. 1-8). IEEE. doi: 10.1109/VS-GAMES.2016.7590348
- Sperling, R., Howard, B., Staley, R., & DuBois, N. (2004). Metacognition and self-regulated learning constructs. *Educational Research and Evaluation*, 10(2), 117-139. <https://doi.org/1380-3611/04/1002-117>
- Winne, P. H. (2001). Self-regulated learning viewed from models of information processing. In Zimmerman, B.J., y Schunk, D.H., (Eds.), *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives* (pp. 153-189). Taylor & Francis.
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=og4hVOcjcqMC&oi=fnd&pg=PA145&dq=Winne,+P.+H.+\(2001\).+Self-regulated+learning+viewed+from+models+of+information+processing.+Self-regulated+learning+and+academic+achievement:+Theoretical+perspectives,+&ots=sXO79AR_Ty&sig=Qi9u2syB7rTAyKopULV5zmiE240#v=onepage&q=Winne%2C%20P.%20H.%20\(2001\).%20Self-regulated%20learning%20viewed%20from%20models%20of%20information%20processing.%20Self-regulated%20learning%20and%20academic%20achievement%3A%20Theoretical%20perspectives%2C&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=og4hVOcjcqMC&oi=fnd&pg=PA145&dq=Winne,+P.+H.+(2001).+Self-regulated+learning+viewed+from+models+of+information+processing.+Self-regulated+learning+and+academic+achievement:+Theoretical+perspectives,+&ots=sXO79AR_Ty&sig=Qi9u2syB7rTAyKopULV5zmiE240#v=onepage&q=Winne%2C%20P.%20H.%20(2001).%20Self-regulated%20learning%20viewed%20from%20models%20of%20information%20processing.%20Self-regulated%20learning%20and%20academic%20achievement%3A%20Theoretical%20perspectives%2C&f=false)
- Zimmerman, B. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into practice*, 41(2), 64-70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2

10 | Discusión y Conclusiones Generales

CAPÍTULO 10

Discusión y Conclusiones generales

Este capítulo comienza con una recopilación de los resultados generales del proyecto IND2017/SOC-7874. En primer lugar, se exponen aquellos resultados de los sub-objetivos preliminares (O1, O2, O3) señalados en el capítulo 3 (C3) para la evaluación del diseño, uso de las actividades digitales y relaciones que pueden encontrarse entre las variables. A continuación, se presentan los resultados de los objetivos específicos (O6, O7, O8) en relación con el objetivo general. Esta segunda parte se evalúa el aprendizaje que puede promoverse con estos juegos al estudiar el efecto de uso sobre las variables de los objetivos 6, 7, y 8. Así, mediante este resumen de objetivos se expondrán en los siguientes apartados la discusión y conclusiones generales. Se concluye el capítulo con perspectivas de trabajo futuras que pueden derivar como nuevas líneas a partir de este trabajo o como estudios en los que podría profundizarse para continuar la evaluación del material.

1. Resultados generales

En relación a los sub-objetivos preliminares (C3) se introducen los resultados obtenidos en el conjunto del proyecto de investigación considerando el contexto académico y empresarial. Así, el primer objetivo (O1) era indagar en marcos de diseño de los juegos educativos para la evaluación y creación de contenido (C4). Se han analizado los modelos y teorías de la literatura que pudieran establecer las relaciones entre los elementos de juego y los objetivos pedagógicos de las actividades en el proceso de diseño de los juegos (C1). Así, se han seguido como referencias principales los marcos teóricos de Arnab et al. (2015); y Lim et al. (2015), en conjunto con el de Hunicke et al. (2004).

Este análisis da un marco teórico basado en literatura académica a las diferentes actividades diseñadas en el entorno empresarial (C4; 4.1.). Por otra parte, en el contexto empresarial se ha trabajado en el diseño de las siguientes actividades:

- Colección del cuerpo humano: Las partes de tu cuerpo (teoría, juego y quiz), Sistemas del cuerpo humano (teoría, juego y quiz).
- Colección de problemas matemáticos: Problemas de sumas y restas (juego), Problemas de sumas y multiplicaciones (juego).
- Colección de cálculo adaptativo (juegos de cálculo ágil): sumas, sumas y restas, restas, multiplicaciones, divisiones, porcentajes, potencias, operaciones combinadas (sumas, restas y multiplicaciones).
- Colección de plantas: Las partes de la planta (teoría, juego y quiz), La nutrición de las plantas (teoría, juego y quiz), Huerto verduras (juego), Huerto frutas (juego).
- Cambios de estado de la materia (teoría, juego y quiz).
- Colección de animales vertebrados (cada uno con teoría, juego y quiz): mamíferos, aves, peces, anfibios, reptiles.
- Colección de la Tierra: Capas de la Tierra (juego y quiz), Geosfera (juego, juego 3D y quiz), Atmósfera (juego y quiz), El ciclo del agua (teoría, juego y quiz).

- Colección de animales invertebrados (cada uno con teoría, juego y quiz): Artrópodos, Moluscos, Gusanos, Equinodermos, Celentéreos, Esponjas.
- Colección de hábitos de higiene: Hábitos de higiene (vídeo, quiz y juego de asociaciones), Lavado de dientes (vídeo, quiz y juego), Lavado de manos (vídeo, quiz y juego), Lavado de cara (juego), Juego de vestirse.
- Colección de microorganismos: Vídeo de COVID-19, Virus (vídeo, juego y quiz), Bacterias (vídeo y quiz), Bacterias laboratorio (juego), Bacterias alimentos (juego), Vídeo de bacterias vs. virus, Microorganismos (video, juego y quiz), Hongos (vídeo y quiz), Hongos: elabora pan (juego), Hongos: identificar (juego), Medicamentos (vídeo, quiz y juego).
- Colección de ecosistemas: ecosistemas (quiz y vídeo), hábitats terrestres (quiz y vídeo), hábitats acuáticos (quiz y vídeo), juego de ecosistemas.
- Colección de alimentación saludable: alimentación saludable (quiz y vídeo), hidratos de carbono (quiz y vídeo), proteínas (quiz y vídeo), grasas (quiz y vídeo), vitaminas y sales minerales (quiz y vídeo), juego de elaborar un menú saludable.

Dentro de las funciones de diseño de actividades destacan los siguientes procesos en la producción:

1. Elaboración del documento de funcionalidad para definir y explicar el flujo y el diseño del juego.
2. Elaboración de los textos para definir el contenido.
3. Revisión de los textos, del diseño de la aplicación y consulta con profesores para feedback del diseño.
4. Gestión de las traducciones y locuciones de los textos elaborados.
5. Coordinación con el departamento de diseño para los elementos de arte necesarios en el desarrollo de la actividad.
6. Coordinación con el departamento de programación para el desarrollo de la aplicación o con el departamento de vídeo para la producción.
7. Elaboración de los documentos de programación para la estructura del juego.
8. Coordinación con el departamento de Learning Analytics para la recogida de datos.
9. Gamificar la actividad (teoría, vídeo, quiz o juego). Es decir, establecer el rango de smiles que se darán al realizar la aplicación.
10. Testar la apk de la aplicación.
11. Testar la aplicación en la plataforma en las diferentes versiones y sistemas operativos.
12. Redacción de las guías didácticas para ayudar en la implementación del material a los docentes (se pueden consultar algunos ejemplos en el Anexo II).

En el estudio de los juegos más utilizados, destacan aquellos con elementos interactivos y la posibilidad de socialización o trabajar la actividad en equipos, como características en común (C4; 4.2.). Bajo el marco LM-GM (Arnab et al., 2015; Lim et al., 2015) pueden definirse las mecánicas (GM) más utilizadas en los juegos de la plataforma: orientación, fichas, gestión de recursos, puntos de acción, movimiento, evaluación y recompensas. Estas mecánicas están

conectadas a mecánicas de aprendizaje (LM) como la retroalimentación, la planificación, la experimentación, la repetición, la simulación, la evaluación o la motivación. De este modo, los objetivos pedagógicos en relación a las habilidades de pensamiento dentro de los juegos son la retención, la comprensión, la aplicación o puesta en práctica de conocimientos, el análisis y la evaluación. Si se analizan las actividades realizadas según su tipología (juego o quiz), se observa una mayor preferencia por los juegos digitales interactivos o tipo puzzles que por los juegos tipo quiz. En el análisis del uso general de las actividades más utilizadas (C4; 4.2.) las encontramos dentro de los géneros de juego de puzzles (Ajedrez, Trivia, Conecta caras, Damas) puzzles y quizzes (experimentos y juegos de cocina) o creación de mundos (Aldea Fantasía, Aldea Global) y simulaciones de actividades a realizar (Ciudad Verde), según la clasificación de Baptista et al. (2015).

En el análisis inicial del uso de la plataforma de Smile and Learn en los colegios (C5) se observa un mayor uso general de las actividades de Ciencia y Lógica en el aula entre toda la selección que podría hacerse de las actividades digitales incluidas en la plataforma. Le sigue el uso de los mundos de Arte, Multijugador y Espacial, esta variación depende de los centros escolares en los que se ha utilizado la plataforma, así como del curso de los estudiantes. Las actividades de los mundos de Multijugador y Espacial, se focaliza en el desarrollo de las competencias de los alumnos con el trabajo de áreas inter-curriculares o habilidades cognitivas. Por otra parte, el uso de las actividades incluidas en los mundos de emociones y literatura es reducido. Si el análisis se realiza por cursos escolares, se detecta un mayor uso por los cursos intermedios de educación primaria. Este mayor uso según el curso escolar puede deberse a que hay más actividades desarrolladas para los cursos de 1º a 5º de educación primaria, dentro de la plataforma de Smile and Learn (c.f. catálogo de contenidos, <https://smileandlearn.com/colegios/>). Este mayor uso de las actividades de Lógica y Ciencias, así como Espacial y Arte se mantiene en los estudios empíricos realizados en un colegio concreto. Aunque en este caso destacan el mundo de Lógica y Espacial como los más usados (como puede verse también en C7, C8).

El tercer objetivo (O3) era estudiar la relación de la motivación con la metacognición y las funciones ejecutivas de los estudiantes (C6). Los resultados obtenidos en este estudio muestran una correlación de los alumnos orientados a metas de aprendizaje en relación a un mayor rendimiento cognitivo en las tareas de Senderos de Color (S2) e Interferencia (IN). Estas dos tareas destacan por evaluar la inhibición como función ejecutiva principal, aunque también implicaría la memoria operativa y la flexibilidad de cambio. Así, la tarea de Senderos de color según el manual de aplicación de Portellano et al. (2011; p.88) evalúa los siguientes procesos: capacidad de programación y toma de decisiones, memoria prospectiva, estrategia, atención selectiva, atención sostenida, capacidad para inhibir, coordinación visomotora, percepción espacial, razonamiento lógico, rapidez perceptiva, capacidad de anticipación y previsión, programación dual y coordinación grafomotriz. La tarea de Inhibición, evalúa procesos como la atención selectiva, la atención sostenida, la capacidad para inhibir, resistencia a la interferencia, flexibilidad mental o capacidad para clasificar (Portellano et al., 2011; p.88). De este modo, podría resumirse de este resultado que aquellos estudiantes orientados a metas de aprendizaje tendrían un mejor desempeño de las funciones ejecutivas. Aquellos estudiantes con puntuaciones más bajas en las tareas cognitivas, estarían orientados a resultados según el cuestionario MAPE-I (Tapia y Ferrer, 1992). También se observa correlación entre la disposición al esfuerzo y una mayor regulación metacognitiva. Es decir, aquellos estudiantes que muestran mayor capacidad de persistir en las tareas también trabajarán más su regulación metacognitiva. De este modo, se subraya la importancia de la

motivación en las metas de aprendizaje y la disposición al esfuerzo de los estudiantes para la mejora del rendimiento académico. No se observan correlaciones entre el resto de las variables.

En segundo lugar, se resumen los resultados obtenidos de los objetivos específicos en relación al objetivo general de esta tesis (C3). De este modo, el cuarto objetivo del trabajo (O4) es evaluar el impacto del uso del material digital en la metacognición de los estudiantes. Este estudio (C7) muestra relación entre el uso de las actividades digitales que trabajan las habilidades del mundo de lógica y visoespacial con el conocimiento metacognitivo. Se podría decir que las habilidades que se trabajan en los mundos de lógica y visoespacial, así como los feedbacks que tienen integrados estas actividades pueden mejorar el conocimiento metacognitivo de los estudiantes. Sin embargo, no se ha encontrado efecto en la regulación metacognitiva.

En relación al quinto objetivo (O5), se plantea una investigación para analizar el efecto del uso del material digital en las funciones ejecutivas de los estudiantes (C8). Los resultados de este estudio exponen un efecto significativo en la tarea de Senderos Gris (S1) de la batería ENFEN con el uso de las actividades que trabajan las habilidades de lógica y de espacial. La tarea de Senderos gris evalúa principalmente la memoria operativa, lo que podría ayudar a la mejora en actividades que requirieran los mismos procesos cognitivos. Siguiendo las directrices del manual de la batería de pruebas ENFEN (Portellano et al., 2011; P.88), esta prueba involucra diversos procesos cognitivos como la percepción visual y espacial, la velocidad de procesamiento, el razonamiento lógico, la anticipación y la previsión. Es decir, el uso de las actividades de lógica y espacial digitales pueden mejorar en los estudiantes el rendimiento en aquellas tareas que involucran principalmente la actuación de la memoria operativa. Un segundo análisis en este estudio mediante un diseño *post hoc* indaga en las relaciones entre las funciones ejecutivas involucradas en las tareas de Senderos gris (S1), Interferencia (IN) y Anillas (A) con el uso del material digital. Estos resultados en los que se han mostrado resultados significativos pueden ser debidos a los procesos cognitivos que confluyen en las actividades realizadas. Así, las habilidades como la percepción visual y espacial, la velocidad de procesamiento, el razonamiento lógico, la memoria operativa, el control de la inhibición, anticipación y previsión; serían factores que podrían entenderse como comunes entre estas tareas. Por otra parte, en el análisis inicial este efecto no es observable este efecto, habría que indagar en las diferencias encontradas y a qué podrían deberse. No se observa efecto en el resto de tareas de la batería ENFEN: Fluidez Verbal (F1), Fluidez Fonológica (F2), Senderos de Colores (S2) (Portellano et al., 2011), con el uso del material digital educativo.

Finalmente, el sexto objetivo (O6) indaga en el impacto del uso del material digital en el aprendizaje autorregulado. En primer lugar, los resultados de este estudio muestran efecto del uso de juegos educativos sobre variables del comportamiento de los estudiantes, en concreto en la motivación e inhibición. No se observan resultados con las variables de regulación cognitiva del aprendizaje autorregulado. En segundo lugar, se extrae que podrían utilizarse modelos de aprendizaje autorregulado para el diseño de juegos educativos. Estas relaciones que se encuentran en las variables proporcionan un punto de inicio que podría utilizarse para trabajar los procesos de SRL en los estudiantes de educación primaria.

2. Discusión general

Con relación al sub-objetivo previo (O1) en el que se indaga y revisa el diseño de los juegos para la creación de contenido se ha podido adaptar el modelo LM-GM (Arnab et al., 2015; Lim et al., 2015) (C 4; 4.1.). Según este modelo se ha realizado el análisis y se ha orientado la creación de nuevos contenidos de material digital educativo en el contexto de la empresa Smile and Learn Digital Creations. Sin embargo, el estudio teórico de la evaluación o análisis de los juegos no debería quedarse ahí ya que este modelo no establece una base empírica en las relaciones que pueden encontrarse entre las mecánicas de aprendizaje y las mecánicas de juego. Se necesitan más estudios sobre diferentes marcos teóricos que puedan aplicarse, así como profundizar en las relaciones entre elementos de juego específicos con los procesos de aprendizaje que podrían promover. A pesar del interés de diversas áreas académicas todavía no se ha podido definir un modelo o características de diseño que deberían incorporar los juegos educativos (ver C1).

Por otra parte, en el análisis general del uso de los materiales digitales de la plataforma (C4, 4.2.), se encuentra predisposición por parte de los usuarios de las actividades catalogadas como juegos. Destaca el uso de las actividades que pueden promover la cooperación o competencia de los estudiantes como pueden ser las simulaciones o juegos como el ajedrez o las damas. En primer lugar, estos resultados podrían dar lugar a una dirección de creación de contenido que pueda centrarse en modelos online colaborativos o multijugador (Mayer, 2019). Esto coincidiría con los estudios de Anastasiadis et al. (2018), Bellotti et al. (2011) o Chen et al. (2019); entre otros, que estudian el uso de MMOs y juegos de simulación. Así, diversos los autores que afirman que estos juegos son los que facilitarían entornos de aprendizaje más significativos para los estudiantes (e.g Bellotti et al., 2011; De Freitas, 2006; Farber, 2018; Mayer, 2019). Igualmente, en este tipo de juegos destacaría el componente social en el aprendizaje (Bandura, 1977; 1993). Por otra parte, estos juegos tendrían una perspectiva más constructivista del aprendizaje (Bruckman, 1999; Dakich, 2014; Dondlinger, 2007; Gros, 2007; Slussareff et al., 2016). Estos resultados, junto con los obtenidos en los C5, C7, C8 y C9 evidencia que diferentes tipos de diseños o juegos, así como géneros podrían promover diferentes tipos de aprendizaje, como se expone en el C1 y C2.

En el estudio del uso de la plataforma en los colegios piloto (O2; C5) los resultados confirman un mayor uso de las actividades digitales en las áreas de Lógica, Espacial y Ciencias. Aunque actualmente en la literatura se encuentran juegos serios para todas las áreas (Chauhan, 2017; Ritterfeld et al., 2009), estas son las que más resultados han aportado a la literatura (Arias, 2014; Bekker et al., 2015; Mayo, 2009). Así, en el caso del área de lógico matemática se encuentran estudios como los de Forkides (2018) o Gathercole et al. (2004); en el área viso-espacial estarían estudios como los de Bavelier et al. (2012) o Greenfield et al. (1994); y en el área de ciencias, Holbert y Wilensky (2014), Schraw et al. (2006) o Selwyn y Cooper (2015). Igualmente, el área STEM para el desarrollo de materiales digitales es la que ha llamado más la atención a la hora de recibir fondos europeos para investigación (e.g. Arnab et al., 2012; Bogusevschi et al., 2019). Esto puede deberse al interés social en los últimos años de trabajar las habilidades científicas (Margot y Kettler, 2019). Otra posible explicación puede residir en que estas actividades sean más sencillas de implementar para los docentes en el aula con sus metodologías al compartir características más comunes con otras tareas que ya se realizaban en esas asignaturas (McKnight et al., 2016; Uluyol y Şahi, 2016; Weller, 2018). Apenas se encuentra uso de las actividades del mundo de Literatura o Lengua. Aunque se encuentran estudios con resultados prometedores con el uso de libros digitales (Bikowski y Casal, 2018; Cheung y Slavin, 2012), quizás esta área no está tan digitalizada como las áreas

STEM. De este modo, puede que se necesite incidir más en las formaciones de los docentes o mejorar los materiales de apoyo proporcionados para ayudar en la comprensión de cómo podrían utilizarse estos recursos en el aula (Gros, 2007; Turkay et al., 2014). En general, como se comentan en los estudios de Patino et al. (2016), Slussareff et al. (2016) o Tan et al. (2007), también se podría decir que el uso de la plataforma de Smile and Learn apoyaría metodologías como aprendizaje basado en juegos, dado que su implementación se considera satisfactoria. A pesar de la complejidad para diseñar juegos que se adapten a los diferentes tipos de metodologías y de docentes, la diversidad de contenido proporciona múltiples opciones de uso (Turkay et al., 2014).

En relación al último sub-objetivo previo (O3), puede extraerse en función de las relaciones encontradas, que los estudiantes de la muestra seleccionada disponen de motivación por el aprendizaje, lo que les ayudará a progresar en sus habilidades cognitivas. Igualmente, presentan disposición al esfuerzo que les facilitará utilizar estrategias de regulación metacognitiva. Esta motivación predispone a los estudiantes para el aprendizaje coincidiendo en este punto con estudios como los de Barca-Lozano et al. (2012), Gaeta et al. (2006) o Landine y Stewart (1998). Así, esta contextualización define unos perfiles generales de estudiantes en el aula que según la literatura podrán mostrar preferencia por juegos con las características que se han definido en el C4 (4.2.). Al no hacerse un uso libre en el aula, esta disposición o motivación de los estudiantes hacia el uso del material digital podría variar (Marti-Parreño et al., 2018). Igualmente, el tipo de motivación en relación a las metas de los estudiantes puede predisponer a los estudiantes a utilizar unas estrategias u otras para la realización de las tareas. De este modo, estudiantes orientados al aprendizaje valoran más las tareas en las que no se les controla y disponen de autonomía (Duffi y Azevedo, 2015), aunque según como se perciba una tarea se le atribuirá un valor por parte del estudiante (Azevedo, 2009; Borkowski et al., 2000). Esto puede ser parte del éxito cuando los niños utilizan otros métodos diferentes a los tradicionales (Bikowski y Casal, 2018; Castellar et al., 2015; Ke, 2008). También puede que al cambiar de tipo de actividad perciban que no están tan “controlados”. Por otra parte, para el logro de las metas de aprendizaje con las que el alumno persigue desarrollar habilidades o dominar nuevos conocimientos es importante que el estudiante esté motivado intrínsecamente (McCombs, 1984; Sulik et al., 2020). Igualmente, la motivación extrínseca que puede producirse por los elementos de juego, podría apoyar el aprendizaje y el compromiso hacia estas tareas (Anastasiadis et al., 2018; Erhel y Jamet, 2013). Del mismo modo se tendría que incidir en que los juegos desarrollados para educación primaria siguen flujos sencillos (consultar C1 y C2 apartados 1.3, 2.4, 3.3), y esto quizás no suponga un desafío suficiente para los estudiantes.

Los objetivos específicos (O4, O5 y O6) buscan dar respuesta al objetivo general de este trabajo al evaluar el material digital educativo para promover la metacognición, el funcionamiento ejecutivo y el aprendizaje autorregulado. Así, los resultados obtenidos muestran que los materiales digitales educativos pueden tener efecto en el conocimiento metacognitivo y en las funciones ejecutivas, principalmente en la memoria operativa con el uso de las actividades de Lógica y Espacial. En relación al aprendizaje autorregulado los resultados muestran efecto del uso de las actividades clasificadas como juegos en la regulación del comportamiento, concretamente en la motivación e inhibición.

De este modo, el efecto del uso del material digital a través de elementos como los feedbacks y niveles de las actividades de Lógica y Espacial, en el conocimiento metacognitivo puede ayudar a hacer más conscientes a los estudiantes de sus éxitos y fracasos para seguir mejorando su rendimiento (Bellotti et al., 2011; Pintrich, 2000). Así, la retroalimentación

ayudaría a guiar al estudiante en su aprendizaje y a procesar la información para conseguir los objetivos de aprendizaje. Es decir, el conocimiento metacognitivo se vería favorecido con el uso de material digital en este sentido, según estudios como el de Cameron y Dwyer (2005). Igualmente, según el perfil del alumno y experiencias esto puede tener un efecto u otro, se necesitarían más estudios para definir estas características con el uso del material digital (C1, C7). Sin embargo, no se obtiene efecto en la regulación metacognitiva, a pesar de los resultados obtenidos en C6. Estos resultados se contradicen en el estudio C9, donde se observa efecto en la regulación de variables comportamentales con el uso general de las actividades. Así, podría decirse que quizás los estudiantes necesiten mayores desafíos o retos en los juegos para trabajar la regulación metacognitiva. Por ejemplo, estudios como el de Pellas (2014), que analiza el efecto de la autoeficacia, regulación metacognitiva y autoestima en *Second Life*, se correlacionaron con los factores cognitivos, emocionales y de comportamiento para la inmersión y compromiso en el juego. Así, juegos complejos como este ejemplo podrían trabajar las múltiples variables presentados en este trabajo. Esta quizás sería la dirección que deberían seguir en un futuro los juegos educativos (Farber, 2018). Del mismo modo, habría que seguir indagando desde la perspectiva metacognitiva el efecto que el uso de los materiales digitales podría tener en el desarrollo de estas habilidades. Por otra parte, desde la perspectiva de diseño habría que integrar flujos en los juegos o elementos que permitan trabajar tanto procesos de orden inferior, como procesos de orden superior, donde se relacionarían la metacognición y las funciones ejecutivas (Follmer y Sperling, 2016; García et al., 2016). Continuando en esta línea, estudios como el de Ke (2008) obtiene que los materiales digitales ayudan a la motivación de los estudiantes, pero contradice los hallazgos de los estudios (C7 y C8), ya que no obtiene efectos con la cognición o la metacognición. Esto puede deberse al diseño de las actividades, como se ha comentado en el C1 e influirá también en el aprendizaje que pueden promover en los estudiantes.

En el estudio C8 se encuentra efecto del uso de las actividades de Lógica y Espacial en la tarea de Senderos 1. Al contrario que Ke (2008), Roebers (2017) en su estudio expone que tanto las funciones ejecutivas como las habilidades metacognitivas se relacionan con el rendimiento en las tareas escolares. Esta relación podría extraerse en este trabajo principalmente entre el conocimiento metacognitivo y las tareas que trabajen la memoria operativa. Por una parte, estos efectos encontrados podrían mejorar el rendimiento académico de los estudiantes al trabajar habilidades necesarias para el aprendizaje como se encuentra en los estudios de Konrad (2015). Igualmente, el efecto en la mejora en algunas habilidades cognitivas con el uso del material digital o juegos educativos apoyaría estudios que establecen estas relaciones teóricas como los de Blumberg y Fisch (2013) o Boyan y Sherry (2011). Asimismo, coincide con los resultados de otros estudios empíricos como los de Lopez-Rosenfeld et al., 2013 o Pérez et al., 2018. Y también podría apoyarse en evidencias de habilidades cognitivas mejoradas con el uso de videojuegos como serían los estudios de Bavelier et al. (2012) u Oei y Patterson (2013). Sin embargo, serían necesarios más estudios para poder realizar esta afirmación en el trabajo actual ya que los efectos son limitados.

Así, los resultados obtenidos en el estudio (C8) con el uso de actividades de Lógica y Espacial corroboran estudios como los de Bull y Scerif (2001), Castellar et al., (2015) o Roebers (2017), Titz y Karbach (2014). En estos estudios se establecen relaciones entre las funciones ejecutivas y las habilidades matemáticas o visoespaciales. Es decir, los resultados obtenidos en ambos mundos pueden deberse al nexo entre las habilidades de espacial y lógica a la hora de observar la transferencia del aprendizaje (Wei et al., 2012). Igualmente, Best et al. (2011) o Gathercole et al. (2004) exponen que la memoria de trabajo puede relacionarse con el

rendimiento en matemáticas en esta edad escolar. Así, con el uso de las actividades que trabajan las habilidades de lógica, matemática y visoespacial, se han obtenido resultados significativos en las funciones ejecutivas (C8). Por otra parte, este efecto puede deberse también a los elementos de juego presente en esas actividades. En este aspecto, se encuentran estudios como el de Sajjadi et al. (2016) que correlacionan elementos como los niveles en los juegos con la lógica-matemática. Este elemento es una característica muy presente en las actividades de Lógica y Espacial en comparación con las actividades de otros mundos. Se encuentran así, niveles por edades y niveles de progresos específicos de los juegos (como por ejemplo en cálculo adaptativo). Por el contrario, no se han obtenido efectos con el uso de otros mundos en el resto de actividades en el análisis inicial del C8. Klingberg (2010) también determina que la capacidad de la memoria de trabajo es un predictor del rendimiento escolar. Aunque en su estudio también destaca el área de matemáticas, esta mejora de rendimiento podría extrapolarse a diferentes áreas. Así, Best et al. (2011), Martins y Gotuzo (2017) o Miexner et al. (2019), encuentran relaciones con el uso de material digital en los procesos de orden superior y la mejora del rendimiento en la comprensión lectora. El no haber obtenido efectos puede ser debido al menor uso de esas actividades, siendo necesario mejorar la implementación o su uso en las aulas. Además, en otras áreas como ciencias se contradicen los resultados obtenidos por Gathercole et al. (2004), en los que también encuentran efecto de la memoria de trabajo en el rendimiento de las actividades de ciencias.

A pesar de las relaciones obtenidas, en este estudio también se muestra una transferencia limitada del conocimiento o habilidades adquiridas a otras tareas como el resto de las pruebas de la batería de ENFEN utilizada. Un punto clave que mejoraría el uso de estos recursos en el aula sería continuar la indagación de cómo se podría producir la transferencia del aprendizaje a diferentes tareas escolares (Mayer et al., 2019). Actualmente, se encuentran pocos estudios en los que esta transferencia haya sido significativa en contextos escolares (Educapital, 2020; Jenson y de Castel, 2018). Al contrario que Karbach y Kray (2009), que encuentran transferencia general a otras tareas al trabajar las funciones ejecutivas o en el caso de estudios como los de Gathercole et al. (2004) o Martins y Gotuzo (2017) a las tareas matemáticas, aprendizaje de idiomas y ciencias. En lo que se coincide en la literatura es que las funciones ejecutivas, como la memoria de trabajo puede mejorarse con el entrenamiento (Castellar et al., 2015; Diamond, 2013). Todavía hay que seguir indagando en el efecto de la transferencia que pueden tener los procesos educativos y elementos de los juegos en relación a las funciones ejecutivas para las tareas escolares. A través de las evidencias halladas en estudios clínicos sobre el efecto de estos materiales en el rendimiento, se podría continuar explorando el efecto en el entorno escolar (e.g. Goldin et al., 2014; Karbach y Unger, 2014; Lehto et al. 2003; Titz y Karbach, 2014). Como comenta Klingberg (2010), evaluar las funciones ejecutivas en un contexto externo a los entornos de laboratorio suele involucrar dificultades prácticas que necesitan seguir abordándose para mejorar los estudios. Así, se podrá analizar mejor la transferencia, así como los elementos de juego y la motivación.

En este trabajo un punto a continuar estudiando sería el efecto de los materiales digitales sobre la inhibición. Diamond (2013) defiende que el uso de actividades a través de su componente visual y procesamiento de la información a través de este canal, podría apoyar la mejora de la inhibición. Así, en el segundo análisis realizado a *post hoc* del estudio C8, se encuentra efecto en la inhibición. Siendo un efecto que no se detectó en el primer análisis general al no hacer la diferenciación por grupos de estudiantes. En primer lugar, esto destacaría la importancia de analizar los diferentes perfiles de estudiantes. Igualmente, esto mejoraría la comparación de los estudios entre múltiples variables (externas e internas), así

como sus limitaciones. En segundo lugar, este efecto en la inhibición se obtiene también en el estudio C9. Esto podría explicarse a través de estudios como los de Best et al. (2009); Brocki y Bohlin (2004) o Diamond (2013), que exponen que la inhibición se apoyaría en la memoria operativa. Así, es sobre la memoria operativa sobre la que se observa un mayor efecto en el primer análisis de C8 y en conjunto con la inhibición solo en el segundo análisis del capítulo 8. Otro punto a desarrollar en la investigación estaría en la relación que puede encontrarse en estas edades entre la inhibición y la memoria operativa. Esto ayudaría a esclarecer los resultados obtenidos con el uso de material digital educativo. Por otra parte, la flexibilidad de cambio influiría en procesos como la velocidad de procesamiento de los estudiantes (Karchach y Kray, 2009). Así, estudios como el de Latham et al. (2013) o Mackey et al. (2011), muestran resultados de mejora en el razonamiento fluido y en la velocidad de procesamiento con el uso de juegos digitales. Este punto quizás explicaría el efecto encontrado con el uso de material que trabaja las habilidades de espacial en la tarea de anillas (A) (segundo análisis del C8). Las pruebas neuropsicológicas recogen muchas de las puntuaciones a través del tiempo (Portellano et al., 2011), característica en común con los materiales digitales. Esto podría estudiarse en mayor profundidad para establecer relaciones, como las que se encuentran en estudios como el de Mackey et al. (2011). Comprender mejor las relaciones entre los procesos cognitivos con el uso del material digital ayudaría a mejorar la autorregulación de los estudiantes (Brocki y Bohlin, 2004).

En relación a la inhibición también cabría desarrollar el debate en su relación con la memoria de trabajo. Estudios como el de Davidson et al., (2006) afirman que las demandas inhibitorias afectan al rendimiento en las tareas al interactuar con la memoria operativa. Así, Redick et al., (2011) también exponen que los estudiantes con mayor memoria operativa tienen en mejor desempeño en las tareas y esta puede estar relacionada con la inhibición en algunos aspectos. Igualmente, sería posible considerar que los resultados obtenidos en relación al efecto en la inhibición discrepen en los estudios (C8, C9) ya que es un área en desarrollo, y los estudiantes podrían estar todavía regulando procesos como la precisión, velocidad de procesamiento que tendrían relación para la ejecución de la inhibición y de la memoria de trabajo (Best et al., 2009; Brocki y Bohlin, 2004; Diamond, 2013). Otro aspecto a considerar, es que podría ser un resultado por los diferentes instrumentos utilizados.

En el estudio C9 en el que se estudia el efecto del uso generalizado de los materiales digitales se observa cierto efecto en el la regulación del comportamiento, en concreto con motivación y también con la inhibición. Estos resultados del objetivo específico coinciden con los resultados del objetivo previo (C6) y el segundo análisis de C8 en relación a la inhibición. El efecto sobre el comportamiento de los estudiantes, en concreto en la motivación y en la inhibición, coincide con los estudios analizados en el meta-análisis de Sauvé et al. (2011). Es decir, los materiales digitales podrían apoyar a la actitud de los estudiantes (C9), como se comenta en investigaciones que utilizan el material digital educativo (Blumberg y Fisch, 2013; Boendermaker et al., 2017; Tan et al., 2007).

Así, podría decirse que parte de los alumnos muestran motivación hacia el aprendizaje y esto ayudaría a mejorar los procesos de inhibición de los estudiantes. Al igual que otros estudios de evaluación de material digital, hay que ser crítico con los resultados obtenidos en este aspecto. Se necesitarían más estudios para poder confirmar esta relación de mejora con del material digital. Sin embargo, en base a los estudios anteriores podría debatirse que las funciones ejecutivas tienen relación con la orientación a metas (Kane y Engle, 2003). Si el estudiante tiene claro el objetivo de aprendizaje se esperaría que demostrara un buen desempeño de la memoria de trabajo e inhibiera los distractores de la tarea para mantener sus

acciones en la resolución de la tarea (C6-C8). Esto se relacionaría también con las características de la muestra en este trabajo (C6). Al estudiar el efecto del uso del material digital en las funciones ejecutivas se obtiene mayor significación en aquellas tareas que requieren principalmente la actuación de la memoria operativa como predictor de rendimiento académico, coincidiendo con el estudio de Kane y Engle (2003). Así, los resultados de la inhibición estarían sujetos a otros tipos de efectos que no pueden concluirse por no haberse analizado otras variables de efecto. Igualmente, este estudio expone que estudiantes con un mayor rendimiento en la memoria operativa tendrán también una mayor regulación sobre el control inhibitorio en las tareas, lo que puede explicar los resultados obtenidos en el segundo análisis del C8 y los resultados del C6 en relación a la inhibición en las tareas. Concretando el efecto en la motivación, este podría producirse principalmente a través de las recompensas, que también facilitan los cambios en las conductas de los estudiantes (Boendermaker et al., 2017; Duffy y Azevedo, 2015; Marczewski, 2015). Este efecto del uso de materiales en la motivación de los estudiantes a nivel de comportamiento, ayudaría a los estudiantes a establecer un punto de partida para regular sus procesos de aprendizaje. Es decir, apoyaría el trabajo del aprendizaje autorregulado en el aula (Azevedo, 2009; Martins y Gotuzo, 2017; Meixner et al., 2019). Para el aprendizaje autorregulado se requiere que los estudiantes estén motivados para poner en práctica las estrategias y habilidades tanto metacognitivas como cognitivas (Karlen, 2016; Sperling et al., 2004). Así, las actividades digitales que tengan la capacidad de promover la motivación, favorecerán que se apliquen diferentes procesos para mejorar en el aprendizaje. Puede que los resultados obtenidos no muestren significación el resto de las áreas evaluadas para el aprendizaje autorregulado, ya que como expone Clark et al. (2016), el uso de los juegos debería ser constante y prolongado en el tiempo para observar una mejora en el aprendizaje.

Como se ha expuesto a nivel teórico, existe relación entre las diferentes variables del estudio y los elementos de juego (C1). En este estudio se analizan sus efectos de forma general, sin embargo, sería interesante en la mejora de esta línea de investigación analizar sus efectos de forma individual en base a la literatura. Por ejemplo, para mejorar la evaluación de las habilidades cognitivas, Mayer (2019) propone realizar investigaciones de valor agregado. Esto contribuiría a esclarecer flujos de los juegos o elementos que promuevan patrones de aprendizaje en los estudiantes. Esta podría ser una propuesta de mejora metodológica para hallar evidencias que confirmen la efectividad del uso de los juegos en el aula, así como en diferentes procesos de instrucción. Se respondería así a cuestiones planteadas en relación a las controversias que general el uso de estos materiales en relación al apoyo del aprendizaje (Tüzun, 2007). Otra opción para la mejora de la metodología y resultados obtenidos sería la combinación de estudios cualitativos y cuantitativos. Esto permitiría mejorar la interpretación de los hallazgos (Lieberman et al., 2009). Sin embargo, este tipo de evaluaciones requieren más recursos temporales, lo que dificulta la implementación en los sectores empresariales. Habría que buscar soluciones para las críticas en esta área y mejorar los instrumentos o metodologías utilizadas (Clark et al., 2016; Dale y Green, 2017; Lehto et al. 2003). Igualmente, serían necesarios estudios longitudinales que muestren el efecto a lo largo de las etapas académicas, así también podría trabajarse el diseño de los juegos según el desarrollo de los estudiantes o habilidades requeridas en cada una de ellas (Boekaerts, 1996). Como se ha comentado a lo largo de la presente disertación, todavía queda trabajo para mejorar en esta área y que los juegos educativos cumplan con diseños de calidad que fomenten un aprendizaje integral, así como metodologías de análisis y evaluación que muestren resultados concretos (Erhel y Jamet, 2013; Jenson y de Castell, 2018; Mitgutsch y Alvarado, 2012). Para progresar

en la mejora de los materiales y en su evaluación hay que seguir cuestionándose los resultados obtenidos y ser críticos con las posibilidades que ofrecen estos recursos.

Un punto clave que ayudaría en la mejora de la evaluación y metodologías de investigación son los sistemas de análisis de aprendizaje a través de la recolección de datos. Por medio de elementos de juego como las insignias o logros, retroalimentación y acciones de los jugadores podría profundizarse en el estudio de los procesos de aprendizaje como afirman los estudios de Azevedo (2009) o Weller (2018). Así, se conseguiría evaluar todo el proceso desde el inicio de la tarea hasta su evaluación final por medio de herramientas informáticas, incluyendo las variables a recoger en los materiales digitales. Quizás el reto aquí sería definir y concretar las variables a recoger por el conflicto actual en las nomenclaturas y los diferentes modelos. Actualmente, esto obligaría a analizar bajo diferentes perspectivas que los datos que se recogen son válidos. Otro factor a considerar es que estos estudios son recientes y es importante comprender tanto las implicaciones éticas, como las posibilidades que conllevaría el uso y recopilación de todos estos datos (Weller, 2018). Sin embargo, a través de modelos online o tecnológicos se pueden elaborar otras herramientas de analíticas para recoger el proceso, mejorando así las metodologías de estos estudios (Azevedo, 2009; Bavelier et al., 2017; Rovers et al., 2019).

No hay que olvidar que estos materiales digitales deberían compartir y aportar soluciones a los retos que presenta la educación actualmente. Así, estos materiales deberían centrarse en la capacitación de los alumnos para el desarrollo de habilidades que necesitarán para el aprendizaje a lo largo de su vida, así como en la adquisición de conocimientos (Anastasiadis et al., 2018; Dondlinger, 2007). El nexo que puede establecerse entre los principios del aprendizaje y los elementos de juego todavía es un área de estudio en la que se desconocen cómo ayuda a cada uno de los perfiles de los estudiantes (Boyan y Sherry, 2011). Trabajar el aprendizaje autorregulado en el aula de educación primaria puede ayudar a fomentar la autonomía de los estudiantes y trabajar la competencia de aprender a aprender (Bavelier et al. 2012; Boekaerts, 1996; Muria, 1994; Ritterfeld y Weber, 2005; Zimmerman, 2002). En este aspecto, la figura del docente es esencial, a la hora de implementar los recursos, organizar el espacio de aprendizaje y utilizar metodologías como el aprendizaje activo (McKnight et al., 2016). Por ello, debería trabajarse la autorregulación por parte de los docentes (Boekaerts, 1996; Zimmerman, 2002). Así, la perspectiva del uso de material está en el soporte y apoyo de la actividad del docente en el aula, así como promotor de los procesos de aprendizaje (Bekker et al., 2015; De Smul et al., 2018). Igualmente, sería interesante para el aprendizaje de los alumnos y mejorar la función docente analizando el efecto de factores externos e internos (Barca-Lozano et al., 2012; Gathercole et al., 2004; Schraw et al., 2006). Es importante realizar una buena implementación y uso de las nuevas tecnologías en el aula para trabajar las habilidades del siglo XIX, entre las que se encontrarían la gestión, la flexibilidad, la interpretación de datos o el pensamiento crítico, creatividad o comunicación (Bekker et al., 2015; Choppin y Borys, 2017; Patino et al., 2016). Según Choppin y Borys (2017) los recursos digitales deberían permitir experiencias de aprendizaje transformadoras, ser de calidad y fácil disponibilidad, que puedan personalizarse e incluyan sistemas de evaluación integrados que se adapten a las necesidades del alumno. Por medio de trabajos o proyectos como el actual se pueden establecer las vías o líneas de mejora para poder conseguir estos objetivos. También se coincide con Jaeggi et al. (2011) en el debate en que las próximas investigaciones no deberían centrarse en si el uso de materiales digitales funciona, debería especificarse qué tipos de materiales en concreto podrían funcionar, que requisitos tendrían que cumplir, cómo se podría obtener transferencia a otras tareas escolares. A través de esta

investigación se ha intentando esclarecer el efecto, ahora que pueden definirse unas líneas de características comunes de los juegos y efectos significativos, se tendría que profundizar en este análisis. Por último, podría decirse que el aprendizaje autorregulado tendría la posibilidad de apoyarse y desarrollarse a través del trabajo de las funciones ejecutivas y de la orientación a metas, así como con el comportamiento y procesos de regulación con el rendimiento escolar (Rutherford et al., 2018).

3. Conclusiones generales

El uso de material digital educativo gamificado, juegos o juegos serios es un área reciente para muchos profesores e investigadores en el área. Esto hace que todavía no haya unas delimitaciones claras entre estos conceptos, teorías o diseños. Por parte de los investigadores queda la labor de seguir explorando los nexos, para poder establecer relaciones que sean útiles entre los elementos de juego y los procesos de aprendizaje de los estudiantes. Así, en la globalidad de este trabajo puede concluirse:

- El modelo de análisis de juegos LM-GM es de utilidad a la hora de entender y evaluar los juegos empresariales por parte de los docentes (C4). Sin embargo, se considera necesario seguir trabajando en guías de diseño que establezcan un nexo entre la industria y la academia, para futuros análisis e investigaciones. Una futura línea para nuevos diseños podrían ser los modelos de aprendizaje autorregulado (C9).
- Los resultados positivos de la implementación y uso apuntan a continuar creando más contenido digital (C5). Este nuevo contenido podría ampliarse tanto para las edades con mayor uso actual de la plataforma, como para las edades que no tienen tanta diversidad de actividades. De este modo, podría analizarse más en profundidad si el contenido seleccionado se debe al curso académico en el que se encuentran los estudiantes.
- Se sugiere seguir trabajando en las formaciones docentes para el uso y la implementación de material digital en el aula (C5). Igualmente, habría que incidir en la mejora del uso de las actividades de literatura en el aula o indagar el por qué de los datos de menor uso.
- Se encuentra vinculación entre la teoría de motivación a metas, la regulación metacognitiva y las funciones ejecutivas (C6).
- El uso de materiales digitales promovería el conocimiento metacognitivo de los estudiantes (C7).
- El uso de materiales digitales ayudaría a entrenar algunos aspectos de las funciones ejecutivas para su mejora (C8).
- Se sugiere a partir de los resultados obtenidos en C7 y C8, continuar con la indagación entre las actividades de los mundos de Espacial y Lógica con las habilidades metacognitivas y funciones ejecutivas con las que se han encontrado efectos significativos. Esto ayudaría a esclarecer las relaciones aportando resultados más sólidos.
- En relación a diseños futuros, también se sugiere desarrollar actividades digitales que apoyen el trabajo cooperativo o interacciones sociales, al igual que incrementar los desafíos presentes en los juegos.
- El uso de materiales digitales en el aula podría ayudar al desarrollo del aprendizaje autorregulado (C9). Esto contribuirá a que los estudiantes desarrollen las competencias necesarias para su progreso personal. Comenzar a trabajar estos

aspectos en la educación primaria puede favorecer que el alumno vaya familiarizándose con estos conceptos y mejore en etapas educativas superiores.

- Los modelos de aprendizaje autorregulado podrían ayudar a establecer relaciones entre los elementos de juego y el aprendizaje de los estudiantes.
- Sería importante analizar otras variables, como el ambiente del aula o actitud del docente, a la hora de evaluar el efecto que el material digital tiene en los estudiantes.
- Se sugiere seguir mejorando en la recogida de datos a través del material digital educativo para mejorar las evaluaciones internas que puedan realizarse.
- Se recomienda ampliar los tiempos de uso o implementación del material digital para futuros análisis, así como la realización de estudios longitudinales que ayudarían a mejorar la comprensión de esta área.

4. Prospectivas de trabajos futuros

Del presente trabajo podría extraerse el siguiente mapa mental (Figura 1) entre las áreas que se han abordado tanto a nivel teórico como a través de estudios empíricos y de la práctica. A continuación, se plantean diferentes líneas de investigaciones futuras que podrían continuar con la evaluación y la mejora del diseño del material digital que se está implementando en las aulas de educación primaria.



Figura 1. Mapa mental de los conceptos o áreas que pueden relacionarse a partir de la presente disertación.

En el área del diseño de juegos se podría plantear una línea de estudio en el contexto del aprendizaje autorregulado para establecer posibles nexos entre las variables y los elementos de juego. Un punto interesante en el área del diseño también sería la indagación de los juegos desde una perspectiva neurocientífica y de experiencia del usuario para su mejora. Esta línea se podría realizar, por ejemplo, en base al trabajo realizado por Celia Hodent (2018).

Igualmente, para seguir indagando en el aprendizaje que puede promoverse a través de los materiales digitales habría que incluir en los estudios variables externas e internas, tanto de los estudiantes como de su contexto. Estos estudios multivariados podrían apoyarse en las nuevas tecnologías y áreas del conocimiento, como la ciencia de datos, para el análisis múltiple necesario. Quizás hasta ahora no se han podido extraer conclusiones más sólidas por la interrelación que puede encontrarse entre todas las variables del aprendizaje autorregulado. Así, la digitalización de los contenidos, las métricas de aprendizaje o la inteligencia artificial, pueden ayudar al análisis de estas variables a través de otras metodologías que anteriormente no eran posibles de aplicar. También sería necesario continuar indagando en nuevas herramientas o metodologías para el estudio del aprendizaje; para ello, la investigación podría apoyarse en estudios interdisciplinarios que combinen el diseño de juegos, con investigaciones en la experiencia de usuarios, entre otras. Con la mejora de las metodologías sería posible la replicación de los estudios con diferentes materiales y extraer conclusiones más consistentes sobre el aprendizaje basado en juegos. Otra opción de análisis sería unificar estudios en las intervenciones o instrucciones que se realizan con los estudiantes. De este modo se podrían extraer vías que clarifiquen metodologías efectivas de evaluación.

Desde el área de experiencia del usuario también se podrían explorar los diferentes tipos de estudiantes, según sus estrategias de aprendizaje, la diversidad de perfiles de jugadores según sus preferencias por los tipos de juego y de aprendices autorregulados. Así, se podrían extraer patrones comunes y sería posible definir el tipo de actividades gamificadas o juegos que irían mejor para cada tipo de estudiante. Determinar diferencias y semejanzas entre la diversidad de perfiles, puede ser un punto de inicio para la mejora de personalización del aprendizaje. Para mejorar la educación centrada en el estudiante y los procesos de aprendizaje convendría continuar indagando en las posibilidades de personalización de las plataformas. Una opción para cumplir con este objetivo es integrar los cuestionarios de evaluación en las plataformas mediante métricas de aprendizaje. Además de los datos recopilados, deberían estudiarse las relaciones entre los diferentes datos que se recogen y poder aportar información fiable.

También se podrían realizar otras líneas de investigación que analicen el efecto de los juegos desde otras teorías motivacionales o en otros contextos que no sean el aula escolar. Otros aspectos que no se han analizado en este trabajo son los factores emocionales de los estudiantes. Así como ha podido establecerse en la introducción de este trabajo los aspectos afectivos influyen también en la regulación de las diferentes variables de estudio como la metacognición, la motivación y las funciones ejecutivas. El aprendizaje autorregulado cuenta también con variables sociales y de cooperación importantes para su desarrollo. Así, esta perspectiva habría que tenerla en cuenta para poder analizar los juegos bajo marcos que pueden aplicarse a educación primaria como el de Zimmerman (2002). Esto podría conseguirse a través del trabajo grupal de las actividades o de desarrollar juegos online para conectar a los usuarios.

Por otra parte, los modelos de aprendizaje autorregulado también podrían ayudar como soporte a los docentes para una mayor comprensión de los procesos de aprendizaje y poder guiar a los alumnos para el desarrollo de competencias. Para los maestros todavía sigue siendo complejo identificar los objetivos de aprendizaje de algunos tipos de juegos para justificarlos en el *currículo*. La mejora del material digital para el apoyo a la labor docente, así como las formaciones para su implementación, podría contribuir a que los profesores dedicaran más tiempo a tareas enfocadas a los alumnos y cumplir con un papel de mentor en el aula que acompañe los procesos de aprendizaje de los alumnos que no puede apoyar la

tecnología. Para ello también tendría que trabajarse en la recopilación y visualización de los datos, para ello se podrían seguir las directrices de trabajos como el de Vieira et al. (2018).

En resumen, se proponen nuevas líneas de investigación para la mejora de la evaluación y el diseño de materiales digitales en conjunto con áreas de análisis de datos y métricas de aprendizaje, de experiencia de usuario, de formación docente y del aprendizaje autorregulado.

REFERENCIAS

- Abdelali, S., Mateu, S., Imma, B., Fatiha, E., y Mohammed, B. (2016). Improving serious game design through a descriptive classification: a comparison of methodologies. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 92(1), 130-143. <https://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/13913/IMPROVING-SERIOUS.pdf?sequence=1>
- Aguilera, M. D., y Mendiz, A. (2003). Video games and education: education in the face of a "parallel school". *ACM Computers in Entertainment*, 1(1). <https://doi.org/10.1145/950566.950583>
- Anastasiadis, T., Lampropoulos, G., y Siakas, K. (2018). Digital Game-based Learning and Serious Games in Education. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*, 4(12), 139-144. <http://doi.org/10.31695/IJASRE.2018.33016>
- Anderson, L.W., y Krathwohl, D. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman. <https://www.uky.edu/~rsand1/china2018/texts/Anderson-Krathwohl%20-%20A%20taxonomy%20for%20learning%20teaching%20and%20assessing.pdf>
- Anderson, V. (2001). Assessing executive functions in children: biological, psychological, and developmental considerations. *Pediatric rehabilitation*, 4(3), 119-136. <https://doi.org/10.1080/713755568>
- Annetta, L. A. (2008). Video games in education: Why they should be used and how they are being used. *Theory into practice*, 47(3), 229-239. <https://doi.org/10.1080/00405840802153940>
- Annetta, L. A. (2010). The "I's" have it: A framework for serious educational game design. *Review of General Psychology*, 14(2), 105-113. <https://doi.org/10.1037/a0018985>
- Arias, M. (2014). Using video games in education. *Journal of Mason Graduate Research*, 1(2), 49-69. <https://doi.org/10.13021/G8jmgr.v1i2.416>
- Arnab, S., Berta, R., Earp, J., De Freitas, S., Popescu, M., Romero, M., Stanescu, I., y Usart, M. (2012). Framing the adoption of serious games in formal education. *Electronic Journal of e-Learning* 10(2), 159-171. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ985419.pdf>
- Arnab, S., y Clarke, S. (2017). Towards a trans-disciplinary methodology for a game-based intervention development process. *British journal of educational technology* 48(2), 279-312. <https://doi.org/10.1111/bjet.12377>

- Arnab, S., Lim, T., Carvalho, M. B., Bellotti, F., De Freitas, S., Louchart, S., Suttie, N., Berta, R., y De Gloria, A. (2015). Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. *British Journal of Educational Technology* 46(2), 391-411. <https://doi.org/10.1111/bjet.12113>
- Arsenault, D. (2009). Video game genre, evolution and innovation. *Eludamos. Journal for computer game culture*, 3(2), 149-176. <https://www.eludamos.org/index.php/eludamos/article/download/vol3no2-3/126>
- Atkinson, J. W. (1957). Motivational determinants of risk-taking behavior. *Psychological Review*, 64(6), 359-372. <https://doi.org/10.1037/h0043445>
- Azevedo, R. (2009). Theoretical, conceptual, methodological, and instructional issues in research on metacognition and self-regulated learning: A discussion. *Metacognition and Learning*, 1(4), 87-95. <https://doi.org/10.1007/s11409-009-9035-7>
- Baek, Y. K. (2008). What hinders teachers in using computer and video games in the classroom? Exploring factors inhibiting the uptake of computer and video games. *CyberPsychology & Behavior*, 11(6), 665-671. <https://doi.org/10.1089/cpb.2008.0127>
- Bahri, A., y Corebima, A. D. (2015). The contribution of learning motivation and metacognitive skill on cognitive learning outcome of students within different learning strategies. *Journal of Baltic Science Education*, 14(4), 487-500. http://eprints.unm.ac.id/11457/1/Bahri_JBSE_Vol.14_No.4%20487-500..pdf
- Baker, L. y Brown, A. (1984). Metacognitive skills and reading. En Pearson, P.D. (Ed.), *Handbook of Reading Research* (pp. 1-99). Lawrence Erlbaum Associates. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED195932.pdf>
- Baker, L., y Cerro, L. (2000). Assessing metacognition in children and adults. En G. Schraw & J. Impara (Eds.), *Issues in the Measurement of Metacognition* (pp. 99-145). Lincoln, NE: Buros Institute of Mental Measurements. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1003&context=burosmetacognition>
- Baldominos, A., y Quintana, D. (2019) Data-Driven Interaction Review of an Ed-Tech Applications. *Sensors*, 19(8), 1910. <https://doi.org/10.3390/s19081910>
- Baleghizadeh, S. y Rahimi, A. (2011). The Relationship among Listening Performance, Metacognitive Strategy Use and Motivation from a Self-determination Theory Perspective. *Theory and Practice in Language Studies*, 1(1), 61-67. <https://doi.org/10.4304/tpls.1.1.61-67>
- Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-hall. http://www.asecib.ase.ro/mps/Bandura_SocialLearningTheory.pdf
- Bandura, A. (1993). Perceived self-efficacy in cognitive development and functioning. *Educational psychologist*, 28(2), 117-148. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2802_3

- Baptista, R., Coelho, A., y de Carvalho, C. V. (2015). Relationship between game categories and skills development: Contributions for serious game design. En Munkvold, R., y Kolas, L. (Eds.), *Proceedings of the 9th European Conference on Game Based Learning 1*, (pp. 34-42). Academic Conferences International Limited. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=XQloCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA34&dq=Baptista,+R.%3B+Coelho,+A.%3B+de+Carvalho,+C.+V.+Relationship+between+game+categories+and+skills+development:+Contributions+for+serious+game+design.+In+ECGBL+9th,+2015&ots=GZm4XkQrio&sig=u_WiyEKj9PfmHsZaI5GPowmUsZI#v=onepage&q&f=false
- Barab, S. A., Scott, B., Siyahhan, S., Goldstone, R., Ingram-Goble, A., Zuiker, S. J., y Warren, S. (2009). Transformational play as a curricular scaffold: Using videogames to support science education. *Journal of Science Education and Technology*, 18(4), 305-320. doi: 10.1007/s10956-009-9171-5
- Barca-Lozano, A., Almeida, L. S., Porto-Rioboo, A. M., Peralbo-Uzquiano, M., y Brenlla-Blanco, J. C. (2012). Motivación escolar y rendimiento: impacto de metas académicas, de estrategias de aprendizaje y autoeficacia [School motivation and performance: impact of academic goals, learning strategies and self-efficacy]. *Anales de Psicología*, 28(3), 848-859. <https://doi.org/10.6018/analesps.28.3.156101>
- Barr, M. (2018). Student attitudes to games-based skills development: Learning from video games in higher education. *Computers in Human Behavior*, 80, 283-294. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.11.030>
- Bartle, R. (1996). Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit MUDs. *Journal of MUD research*. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53430882/HEARTS_CLUBS_DIAMONDS_SPADES_PLAYERS_WHO20170608-3157-1reb1m.pdf?1496907752=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DHearts_Clubs_Diamonds_Spades_Players_Who.pdf&Expires=1607223256&Signature=Agx2m7EbE~8cLwjtdaxZNL92wgY54TF4yIqpKF7D7UBVgqMq8Su5NU2H1nWycOyBYXj3HZgjxFTofefS70-3wnaaBWhqoL-pbLi-CiThinOxwUZ4WLQrXxyoAItz3uvlv7JUEg1wgx17sPzLaK7SoeloIDnNbW73A2QoHaoC9yjE5uXTsEbptulsEGAv~PwEsxTDMh4AzicF~naibL5juu5Tqz~8bbd77R7cp5AfzWYk3gGKaOcP6qVwEFkjd4P1m45YMmXMwpxpGhP1JRaltsLrQeB3NoCAOJ31LQIdcmQN4kHF2k7OXeBMGj1D1PHFWQq8UJiSh-h5DATb8-1yw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Bavelier, D., Green, C. S., Pouget, A., y Schrater, P. (2012). Brain plasticity through the life span: learning to learn and action video games. *Annual Review of Neuroscience* 35, 391-416. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-060909-152832>
- Bavelier, D., Yanguéz Escalera, M., Green, C. S., y Dye, M. (2017). Niños conectados: para bien y para mal. En Eds. Lipina, S.J., Sigman, M., Slezak, D.F. *Pensar las TIC desde la ciencia cognitiva y la neurociencia* (pp. 33-68). Gedisa.

- Bekker, T., Bakker, S., Douma, I., Van Der Poel, J., y Scheltenaar, K. (2015). Teaching children digital literacy through design-based learning with digital toolkits in schools. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 5, 29-38. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2015.12.001>
- Bellotti, F., Ott, M., Arbab, S., Berta, R., De Freitas, S., Kiili, K. y De Gloria, A. (2011). Designing serious games for education: from pedagogical principles to game mechanism. En Gouscos, D., Meimaris, M. (Eds.), *Proceedings of the 5th European Conference on Games Based Learning* (pp. 26-34). Academic Publishing Limited. https://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/98/58/00/PDF/BELLOTTI_ET_AL.pdf
- Best, J. R., Miller, P. H., y Jones, L. L. (2009). Executive functions after age 5: Changes and correlates. *Developmental Review* 29(3), 180-200. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2009.05.002>
- Best, J. R., Miller, P. H., y Naglieri, J. A. (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. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.01.007>
- Biggs, J. (1988). The Role of Metacognition in Enhancing Learning. *Australian Journal of Education*, 32(2), 127-138. <https://doi.org/10.1177/000494418803200201>
- Bikowski, D., y Casal, J. E. (2018). Interactive digital textbooks and engagement: A learning strategies framework. *Language Learning & Technology*, 22(1), 119-136. <http://dx.doi.org/10125/44584>
- Blumberg, F. C., e Ismailer, S. S. (2009). What do children learn from playing digital games?. En Ritterfeld, U., Cody, M., y Vorderer, P (Eds.). *Serious Games Mechanisms and Effects* (pp. 153-164). Routledge.
- Blumberg, F. C., y Fisch, S. M. (2013). Introduction: Digital games as a context for cognitive development, learning, and developmental research. En F. C. Blumberg y S. M. Fisch (Eds.). *Digital Games: A Context for Cognitive Development. New Directions for Child and Adolescent Development*, 139, (pp. 1-9). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/cad.20026>
- Boekaerts, M. (1996). Self-regulated learning at the junction of cognition and motivation. *European psychologist*, 1(2), 100-112. <https://doi.org/10.1027/1016-9040.1.2.100>
- Boekaerts, M. (1997). Self-Regulated Learning: A new concept embraced by researchers, policy makers, educators, teachers, and students. *Learning and instruction*, 7(2), 161-186. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(96\)00015-1](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(96)00015-1)
- Boekaerts, M. (1999). Metacognitive experiences and motivational state as aspects of self-awareness: Review and discussion. *European journal of psychology of education*, 14(4), 571-584. <https://doi.org/10.1007/BF03172980>
- Boendermaker, W. J., Peeters, M., Prins, P. J., y Wiers, R. W. (2017). Using serious games to (re) train cognition in adolescents. En *Serious Games and Edutainment Applications* (pp. 307-321). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51645-5_14 10.1007/978-3-319-51645-5-14

- Bogost, I. (2005). Videogames and the future of education. On The Horizon-The Strategic Planning Resource for Education Professionals, 13(2), 119-125. <https://doi.org/10.1108/10748120510608151>
- Bogusevski, D., Maddi, M., y Muntean, G. M. (2019). Teachers' Impact and Feedback Related to Technology Enhanced Learning in STEM Education in Primary and Secondary Schools. In *Proceedings of the Ireland International Conference on Education.IICE*.<http://www.newtonproject.eu/wp-content/uploads/2019/08/DBogusevskiEtAll-IICE2019-Final.pdf>
- Bontchev, B., y Panayotova, R. (2017). Towards Automatic Generation of Serious Maze Games for Education. *Serdica Journal of Computing*, 11(3-4), 249-278. <http://serdica-comp.math.bas.bg/index.php/serdicajcomputing/article/viewFile/314/283>
- Borkowski, J. G. (1992). Metacognitive theory: A framework for teaching literacy, writing, and math skills. *Journal of learning disabilities*, 25(4), 253-257. <https://doi.org/10.1177/002221949202500406>
- Borkowski, J. G., Chan, L. K., y Muthukrishna, N. (2000). A process-oriented model of metacognition: Links between motivation and executive functioning. En Gregory Schraw y James C. Impara (Eds.). *Issues in the Measurement of Metacognition*, 2. Lincoln, NE: Buros Institute of Mental Measurements. <https://digitalcommons.unl.edu/burosmetacognition/2/>
- Boyan, A., y Sherry, J. L. (2011). The challenge in creating games for education: Aligning mental models with game models. *Child development perspectives*, 5(2), 82-87. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2011.00160.x>
- Brocki, K. C., y Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study. *Developmental neuropsychology*, 26(2), 571-593. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2602_3
- Brown, A.L. (1980). Metacognitive development and reading. In Spiro, R.J., Bruce, B.C., Brewer, W.F., (Eds.). *Theoretical Issues in Reading Comprehension* (pp. 453-481). Erlbaum:Hillsdale <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Srw8DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA453&dq=Brown,+A.L.+Metacognitive+development+and+reading.+&ots=QT62hUtiz9&sig=HGfY1mR-xPJtIzJfu04RJSgKKGo#v=onepage&q=Brown%2C%20A.L.%20Metacognitive%20development%20and%20reading.&f=false>
- Bruckman, A. (1999). Can Educational Be Fun? Proc. Game Developers Conference, 99, pp.75-79. <https://www.cc.gatech.edu/fac/Amy.Bruckman/papers/bruckman-gdc99.pdf>
- Bull, R., y Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19(3), 273-293. https://doi.org/10.1207/S15326942DN1903_3

- Burón, J. (1993). Enseñar a aprender: Introducción a la metacognición. Ediciones Mensajero.
- Burón, J. (1997). Motivación y aprendizaje. Ediciones Mensajero.
- Butler, D. L., y Winne, P. H. (1995). Feedback and self-regulated learning: A theoretical synthesis. *Review of educational research*, 65(3), 245-281. <https://doi.org/10.3102/00346543065003245>
- Cameron, B., y Dwyer, F. (2005) The effect of online gaming, cognition and feedback type in facilitating delayed achievement of different learning objectives. *Journal of Interactive Learning Research*, 16(3), 243-258. <https://www.learntechlib.org/p/5896/>
- Casado Goti, M. (1998). Metacognición y motivación en el aula. *Revista de Psicodidáctica*, (6), 99–107. <https://www.redalyc.org/pdf/175/17514484009.pdf>
- Castellar, E. N., All, A., De Marez, L., y Van Looy, J. (2015). Cognitive abilities, digital games and arithmetic performance enhancement: A study comparing the effects of a math game and paper exercises. *Computers and Education* 85, 123-133. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2014.12.021>
- Cázares, A. (2009). El papel de la motivación intrínseca, los estilos de aprendizaje y estrategias metacognitivas en la búsqueda efectiva de información online. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 35, 73-85. https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/22597/file_1.pdf;sequence=1
- Chatzipanteli, A., Grammatikopoulos, V., y Gregoriadis, A. (2014). Development and evaluation of metacognition in early childhood education. *Early child development and care*, 184(8), 1223-1232. <https://doi.org/10.1080/03004430.2013.861456>
- Chauhan, S. (2017). A meta-analysis of the impact of technology on learning effectiveness of elementary students. *Computers and Education*, 105, 14-30. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.11.005>
- Chaw, L. Y., y Tang, C. M. (2018). What makes learning management systems effective for learning?. *Journal of Educational Technology Systems*, 47(2), 152-169. <https://doi.org/10.1177/0047239518795828>
- Chen, M. H. M., Tsai, S. T., y Chang, C. C. (2019). Effects of game-based instruction on the results of primary school children taking a natural science course. *Education Sciences*, 9(2), 79. <https://doi.org/10.3390/educsci9020079>
- Cheung, A. C. y Slavin, R. E. (2012). How features of educational technology applications affect student reading outcomes: A meta-analysis. *Educational Research Review* 7(3), 198-215. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2012.05.002>
- Choppin, J. y Borys, Z. (2017). Trends in the design, development, and use of digital curriculum materials. *ZDM Mathematics Education*, 49(5), 663–674. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0860-x>

- Chou, C. C., Block, L., y Jesness, R. (2012). A case study of mobile learning pilot project in K-12 schools. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 5(2), 3. doi: 10.18785/jetde.0502.02
- Clark, D. B., Tanner-Smith, E. E., y Killingsworth, S. S. (2016). Digital games, design, and learning: A systematic review and meta-analysis. *Review of educational research*, 86(1), 79-122. <https://doi.org/10.3102/0034654315582065>
- Corno, L. (1986). The Metacognitive Control Components of Self-Regulated Learning. *Contemporary educational psychology*, 11(4), 333-346. [https://doi.org/10.1016/0361-476X\(86\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0361-476X(86)90029-9)
- Cornoldi, D.L.C. (1997). Mathematics and metacognition: What is the nature of the relationship?. *Mathematical cognition*, 3(2), 121-139. <https://doi.org/10.1080/135467997387443>
- Coutinho, S. y Neuman, G. (2008). A model of metacognition, achievement goal orientation, learning style and self-efficacy. *Learning environments research*, 11(2), 131-151. <https://doi.org/10.1007/s10984-008-9042-7>
- Cova, Á., Arrieta, X., y Reveros, V. (2008). Análisis y comparación de diversos modelos de evaluación de software educativo. *Enlace*, 5(3), 045-067. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-75152008000300004&lng=es&tlng=es
- Csikszentmihalyi, M. (2014). *Fluir (Flow)*. Editorial Kairós.
- Dakich E. (2014) Theoretical and Epistemological Foundations of Integrating Digital Technologies in Education in the Second Half of the 20th Century. In: Tatnall A., Davey B. (eds) *Reflections on the History of Computers in Education*. IFIP Advances in Information and Communication Technology, 424. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-55119-2_10
- Dale, G., y Green, C. S. (2017). The changing face of video games and video gamers: Future directions in the scientific study of video game play and cognitive performance. *Journal of Cognitive Enhancement*, 1(3), 280-294. <https://doi.org/10.1007/s41465-017-0015-6>
- Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., 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(11), 2037-2078. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006>
- De Freitas, S. I. (2006). Using games and simulations for supporting learning. *Learning, media and technology*, 31(4), 343-358. <https://doi.org/10.1080/17439880601021967>
- De Gloria, A., Bellotti, F., y Berta, R. (2014). Serious Games for education and training. *International Journal of Serious Games*, 1(1). <https://doi.org/10.17083/ijsg.v1i1.11>

- De Smul, M., Heirweg, S., Devos, G., y Van Keer, H. (2018). School and teacher determinants underlying teachers' implementation of self-regulated learning in primary education. *Research Papers in Education*, 1-24, <https://doi.org/10.1080/02671522.2018.1536888>
- Deci, E. L., y Ryan, R. M. (1980). Self-determination theory: When mind mediates behavior. *The Journal of mind and Behavior*, 1(1), 33-43. <https://www.jstor.org/stable/43852807>
- Deterding, S., Sicart, M., Nacke, L., O'Hara, K., y Dixon, D. (11 Mayo 2011). Gamification. using game-design elements in non-gaming contexts. In *CHI'11 extended abstracts on human factors in computing systems* (pp. 2425-2428). <https://doi.org/10.1145/1979742.1979575>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology* 64, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Diamond, A., y Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4-12 years old. *Science*, 333(6045), 959-964. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1204529>
- Dondlinger, M. J. (2007). Educational video game design: A review of the literature. *Journal of applied educational technology*, 4(1), 21-31. https://www.researchgate.net/profile/Mary_Dondlinger/publication/238444705_Educational_Video_Game_Design_A_Review_of_the_Literature/links/00b7d53395b5700e70000000/Educational-Video-Game-Design-A-Review-of-the-Literature.pdf
- Duffy, M. C., y Azevedo, R. (2015). Motivation matters: Interactions between achievement goals and agent scaffolding for self-regulated learning within an intelligent tutoring system. *Computers in Human Behavior*, 52, 338-348. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.05.041>
- Dweck, C. S. (1986). Motivational processes affecting learning. *American Psychologist*, 41(10), 1040-1048. <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.41.10.1040>
- Educapital (6 Mayo 2020). Measuring the Impact of an Edtech Product. https://www.educapital.fr/blog-old/https://static1squarespacecom/static/5935c1add2b8571dd44bbabo/t/5e739dfa8b70ba33fd90c1f3/1584635386494/measuring-impact/edtech/pdf-3xfnx-a2syt-7mhs4-wtnb3sv-pnbz5?mc_cid=5b0787608c&mc_eid=00f9484267
- Efklides, A. (2011). Interactions of metacognition with motivation and affect in self-regulated learning: The MASRL model. *Educational psychologist*, 46 (1), 6-25. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.538645>
- Efklides, A. (2009). The role of metacognitive experiences in the learning process. *Psicothema*, 21(1), 76-82. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1031.6590&rep=rep1&type=pdf>

- Elliott, E. S., y Dweck, C. S. (1988). Goals: An approach to motivation and achievement. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(1). doi: 10.1037//0022-3514.54.1.5
- Ellis, A., Bond, J., y Denton, D. (2012). An analytical literature review of the effects of metacognitive teaching strategies in primary and secondary student populations. *Asia Pacific Journal of Educational Development*, 1(1), 9-23. <https://doi.org/10.6228/APJED.01.01.02>
- Erhel, S., y Jamet, E. (2013). Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness. *Computers & education*, 67, 156-167. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.019>
- Expósito, J. y Manzano, B. (2010). Tareas educativas interactivas, motivación y estrategias de aprendizaje, en educación primaria, a partir de un currículum modulado por nuevas tecnologías. *Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 11(1), 330-351. <http://revistas.usal.es/index.php/revistatesi/index>
- Farber, M. (2018). *Game-based learning in action: How an expert affinity group teaches with games*. Peter Lang Incorporated, International Academic Publishers.
- Flavell, J. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-901. <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Follmer, D. J., y Sperling, R. A. (2016). The mediating role of metacognition in the relationship between executive function and self-regulated learning. *British Journal of Educational Psychology*, 86(4), 559-575. <https://doi.org/10.1111/bjep.12123>
- Fuertes-Alpiste, M. (29 octubre 2019). Las 'start-up' del sector 'edtech' quieren conquistar la educación. *El Diario de la Educación*. <https://eldiariodelaeducacion.com/convivenciayeduacionenvalores/2019/10/29/las-start-up-del-sector-edtech-quieren-conquistar-la-educacion/>
- Gaeta, M. L. (2006). Estrategias de autorregulación del aprendizaje: contribución de la orientación de meta y la estructura de metas del aula. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 9(1). <http://www.aufop.com/aufop/home/>
- Gaeta, M. L., Teruel, M. P., y Orejudo, S. (2012). Motivational, volitional and metacognitive aspects of self-regulated learning. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 10(1), 73-94. http://investigacion-psicopedagogica.com/revista/articulos/26/english/Art_26_640.pdf
- García F. T., González-Castro, P., Areces, D., Cueli, M., y Rodríguez P. C. (2014). Executive functions in children and adolescents: The types of assessment measures used and implications for their validity in clinical and educational contexts. *Papeles del Psicólogo*, 35(3), 215-223. https://www.researchgate.net/profile/Celestino_Rodriguez/publication/286105142_Executive_functions_in_children_and_adolescents_The_types_of_assessme

nt_measures_used_and_implications_for_their_validity_in_clinical_and_educational_contexts/links/583coc2e08ae0f3bfea160/Executive-functions-in-children-and-adolescents-The-types-of-assessment-measures-used-and-implications-for-their-validity-in-clinical-and-educational-contexts.pdf

- García, T., y Pintrich, P. R. (1994). Regulating motivation and cognition in the classroom: The role of self-schemas and self-regulatory strategies. En D. H. Schunk y B. J. Zimmerman (Eds.), *Self-regulation of learning and performance: Issues and educational applications* (pp. 101-124). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. https://www.researchgate.net/profile/Teresa-Duncan/publication/233896354_Regulating_motivation_and_cognition_in_the_classroom_The_role_self-schemas_and_self-regulatory_strategies/links/55def44208aeaa26af0f46f3/Regulating-motivation-and-cognition-in-the-classroom-The-role-self-schemas-and-self-regulatory-strategies.pdf
- García, T., Rodríguez, C., González-Castro, P., y Álvarez-García, D. (2016). Metacognition and executive functioning in Elementary School. *Anales de Psicología*, 32(2), 474-483. <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.32.2.202891>
- Garner, R., y Alexander, P. A. (1989). Metacognition: Answered and unanswered questions. *Educational psychologist*, 24(2), 143-158. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2402_2
- Gascoine, L., Higgins, S., y Wall, K. (2016). The assessment of metacognition in children aged 4–16 years: a systematic review. *Review of Education*, 5(1), 3-57. <https://doi.org/10.1002/rev3.3077>
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., y Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, 18(1), 1-16. <https://doi.org/10.1002/acp.934>
- Gee, J. P. (2009). Deep learning properties of good digital games: how far can they go?. En Ritterfeld, U., Cody, M., y Vorderer, P (Eds.). *Serious Games Mechanisms and Effects* (pp. 89-104). Routledge.
- Georghiades, P. (2004). From the general to the situated: Three decades of metacognition. *International journal of science education*, 26(3), 365-383. <https://doi.org/10.1080/0950069032000119401>
- Goldin, A. P., y López-Rosenfeld, M. (2017). Estimulación de procesos cognitivos en poblaciones infantiles. Incorporación de conocimiento neurocientífico para el desarrollo de contenido en plataformas digitales. En Eds. Lipina, S.J., Sigman, M., Slezak, D.F. *Pensar las TIC desde la ciencia cognitiva y la neurociencia* (pp. 121-146). Gedisa.

- Goldin, A.P., Hermida, M.J., Shalom, D.E., Costa, M.E., Lopez-Rosenfeld, M., Segretin, M.S., Fernández-Slezak, D., Lipina, S.J., y Sigman, M. (2014). Far transfer to language and math of a short software-based gaming intervention. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 111(17), 6443–6448. <https://doi.org/10.1073/pnas.1320217111>
- González Cabanach, R., Valle Arias, A., Núñez Pérez, J. C., y González García, J. A. (1996). Una aproximación teórica al concepto de metas académicas y su relación con la motivación escolar. *Psicothema*, 8(1). <http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/29565/1/Psicothema.1996.8.1.45-61.pdf>
- González Sánchez J.L., Padilla Zea N., y Gutiérrez F.L. (2009). From Usability to Playability: Introduction to Player-Centred Video Game Development Process. In: Kurosu M. (eds) Human Centered Design. HCD 2009. *Lecture Notes in Computer Science*, 5619. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02806-9_9
- González-Pienda, J. A. (2003). El rendimiento escolar. Un análisis de las variables que lo condicionan. *Revista Galego-Portuguesa de Psicoloxía e Educación*, 7(8), 247-258. <https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/6952/?sequence=1><https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/6952/?sequence=1>
- González, H., García, D., y Vázquez, F. (2014). Investigación Educativa: El aprendizaje autorregulado. Experiencias educativas desde la metacognición y motivación en la formación docente inicial. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 1(1), 1-18. <http://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/viewFile/29/47>
- Graesser, A., Chipman, P., Leeming, F., y Biedenbach, S. (2009). Deep learning and emotion in serious games. En Ritterfeld, U., Cody, M., y Vorderer, P (Eds.). *Serious Games Mechanisms and Effects* (pp. 83-102). Routledge.
- Green, C. S., y Bavelier, D. (2003). Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, 423, 534-537. <https://doi.org/10.1038/nature01647>
- Green, C. S., y Bavelier, D. (2007). Action-video-game experience alters the spatial resolution of vision. *Psychological science*, 18(1), 88-94. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01853.x>
- Green, C. S., y Bavelier, D. (2012). Learning, attentional control, and action video games. *Current biology*, 22(6), R197-R206. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.02.012>
- Greenfield, P. M., De Winstanley, P., Kilpatrick, H., y Kaye, D. (1994). Action video games and informal education: Effects on strategies for dividing visual attention. *Journal of applied developmental psychology*, 15(1), 105-123. [https://doi.org/10.1016/0193-3973\(94\)90008-6](https://doi.org/10.1016/0193-3973(94)90008-6)
- Gros, B. (2007). Digital games in education: The design of games-based learning environments. *Journal of research on technology in education*, 40(1), 23-38. <https://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782494>

- Hall, J. V., Wyeth, P. A., y Johnson, D. (2014). Instructional objectives to core-gameplay: a serious game design technique. En Nacke, L.E., y Graham, N. (Eds.), *Proceedings of the first ACM SIGCHI annual symposium on Computer-human interaction in play* (pp. 121-130). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2658537.2658696>
- Heins, M. C. (2017). "Video Games In Education" [Education and Human Development Master's Theses.] https://digitalcommons.brockport.edu/ehd_theses/625
- Heirweg, S., De Smul, M., Devos, G., y Van Keer, H. (2019). Profiling upper primary school students' self-regulated learning through self-report questionnaires and think-aloud protocol analysis. *Learning and Individual Differences*, 70, 155–168. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2019.02.001>
- Herder, T., Swiecki, Z., Fougat, S.S., Tamborg, A.L., Allsopp, B.B., Shaffer, D.W., & Misfeldt, M. (2018). Supporting teachers' intervention in students' virtual collaboration using a network based model. In Pardo, A., Bartimote-Aufflick, K., Lynch, G., Buckingham Shum, S., Ferguson, R., Merceron, A., y Ochoa, X. (Eds.), *Proceedings of the 8th International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, (pp. 21–25). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3170358.3170394>
- Hickmott, D., Smith, S. P., Bille, R., Burd, E., Stephens, L., y Southgate, E. (2016). Building apostrophe power: lessons learnt for serious games development. En 16th *Proceedings of the Australasian Computer Science Week Multiconference* (pp. 1-10). Association for Computing Machinery. <http://dx.doi.org/10.1145/2843043.2843475>
- Hodent, C. (2018). *The gamer's brain: How neuroscience and UX can impact video game design*. CRC Press.
- Hoffman, B. y Spatariu, A. (2008). The influence of self-efficacy and metacognitive prompting on math problem-solving efficiency. *Contemporary educational psychology*, 33(4), 875-893. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2007.07.002>
- Holbert, N. R. y Wilensky, U. (2014). Constructible authentic representations: Designing video games that enable players to utilize knowledge developed in-game to reason about science. *Technology, Knowledge and Learning*, 19(1-2), 53-79. doi: 10.1007/s10758-014-9214-8
- Homer, B. D., Plass, J. L., Raffaele, C., Ober, T. M., y Ali, A. (2018). Improving high school students' executive functions through digital game play. *Computers and Education*, 117, 50-58. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.09.011>
- Hopkins, N., Tate, M., Sylvester, A., y Johnstone, D. (2017). Motivations for 21st century school children to bring their own device to school. *Information Systems Frontiers*, 19(5), 1191-1203. <https://doi.org/10.1007/s10796-016-9644-z>
- Howard-Jones, P. (2017). Videojuegos, neurociencias y educación. En Eds. Lipina, S.J., Sigman, M., Slezak, D.F. *Pensar las TIC desde la ciencia cognitiva y la neurociencia* (pp. 69-92). Gedisa.

- Howieson, D. (2019). Current limitations of neuropsychological tests and assessment procedures. *The Clinical Neuropsychologist*, 33(2), 200-208. <https://doi.org/10.1080/13854046.2018.1552762>
- Huffaker, D. A. y Calvert, S. L. (2003). The new science of learning: Active learning, metacognition, and transfer of knowledge in e-learning applications. *Journal of Educational Computing Research*, 29(3), 325-334. <https://doi.org/10.2190/4T89-30W2-DHTM-RTQ2>
- Hunicke, R., LeBlanc, M., y Zubek, R. (2004). MDA: A formal approach to game design and game research. In *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI*, 4(1), 1722. AAAI. <https://www.aaai.org/Papers/Workshops/2004/WS-04-04/WS04-04-001.pdf>
- Imbriale, R., Schiner, N., y Elmendorf, D. (2017). Students and Teachers Accessing Tomorrow (STAT): Baltimore County Public School's One-to-One Digital Conversion Case in Practice. *Computers in the Schools*, 34(1-2), 3-8. <https://doi.org/10.1080/07380569.2017.1281705>
- INE [Instituto Nacional de Estadística]. (2020). Encuesta sobre el Equipamiento y Uso de Tecnologías de Información y Comunicación en los Hogares. https://www.ine.es/prensa/tich_2019.pdf
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., y Shah, P. (2011). Short-and long-term benefits of cognitive training. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(25), 10081-10086. <https://doi.org/10.1073/pnas.1103228108>
- Janarthanan, V. (2012). Serious video games: Games for education and health. En Latifi, S. (Ed.), 9th *International Conference on Information Technology-New Generations* (pp. 875-878). IEEE. doi: 10.1109/ITNG.2012.79
- Jenson J. y de Castell S. (2018). Videogames and Learning: Ethics, Ontology and Epistemology. En Smeyers P. (Eds.), *International Handbook of Philosophy of Education*. (pp. 1321-1335). Springer International Handbooks of Education. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72761-5_91
- Kane, M. J., y Engle, R. W. (2003). Working-memory capacity and the control of attention: the contributions of goal neglect, response competition, and task set to Stroop interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132(1), 47. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.323.3307yrep=rep1ytype=pdf>
- Karaali, G. (2015). Metacognition in the classroom: Motivation and self-awareness of mathematics learners. *PRIMUS*, 25(5), 439-452. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1027837>
- Karbach, J., y Kray, J. (2009). How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training. *Developmental Science*, 12(6), 978-990. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00846.x>

- Karbach, J., y Unger, K. (2014). Executive control training from middle childhood to adolescence. *Frontiers in Psychology* 5, 390. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00390>
- Karlen, Y. (2016). Differences in students' metacognitive strategy knowledge, motivation, and strategy use: A typology of self-regulated learners. *The Journal of Educational Research*, 109(3), 253-265. <https://doi.org/10.1080/00220671.2014.942895>
- Ke, F. (2008). Computer games application within alternative classroom goal structures: cognitive, metacognitive, and affective evaluation. *Educational Technology Research and Development*, 56, 539- 556. Doi: 10.1007/s11423-008-9086-5
- Kirriemuir, J. (2002). The relevance of video games and gaming consoles to the higher and further education learning experience. *Techwatch report TSW*, 2, 15. <http://bibliotecadigital.tamaulipas.gob.mx/archivos/descargas/13e519e6bf1bf0c57c6b99904ad6396edo8fa4bo.pdf>
- Kirriemuir, J.K., y McFarlane, A. (2003). Use of Computer and Video Games in the Classroom. En *Proceedings of the Level Up Digital Games Research Conference*. <http://www.silversprite.com/>
- Klimenko, O. (2009). La enseñanza de las estrategias cognitivas y metacognitivas como una vía de apoyo para el aprendizaje autónomo en los niños con déficit de atención sostenida. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 1(27), 1-19. <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/100>
- Klimenko, O. y Alvares, J. (2009). Aprender cómo aprendo: la enseñanza de estrategias metacognitivas. *Educación y Educadores*, 12(2), 11-28. <http://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/1483>
- Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(7), 317-324. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.05.002>
- Konrad, S. Č. (2015). “How and Why should I study?”: Metacognitive Learning Strategies and Motivational Beliefs as Important Predictors of Academic Performance of Student teachers. *The New Educational Review*, 42(4), 239-250. doi: 10.15804/tner.2015.42.4.20
- Krathwohl, D.R. (2002). A revision of Bloom’s taxonomy: An overview. *Theory into practice*, 41(4), 212–218. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2
- Kreijns, K., Van Acker, F., Vermeulen, M., y Van Buuren, H. (2013). What stimulates teachers to integrate ICT in their pedagogical practices? The use of digital learning materials in education. *Computers in human behavior*, 29(1), 217-225. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.08.008>
- Kuhl, J. (1984). Volitional aspects of achievement motivation and learned helplessness: Toward a comprehensive theory of action control. *Progress in Experimental Personality Research*, 13, 99-171. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-541413-5.50007-3>

- Kurtz, B. E., y Borkowski, J. G. (1984). Children's metacognition: Exploring relations among knowledge, process, and motivational variables. *Journal of Experimental Child Psychology*, 37(2), 335-354. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(84\)90008-0](https://doi.org/10.1016/0022-0965(84)90008-0)
- Landine, J., y Stewart, J. (1998). Relationship between Metacognition, Motivation, Locus of Control, Self-Efficacy, and Academic Achievement. *Canadian Journal of Counselling*, 32(3), 200-212. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ576966.pdf>
- Latham, A. J., Patston, L. L., y Tippett, L. J. (2013). The virtual brain: 30 years of video-game play and cognitive abilities. *Frontiers in Psychology*, 4, 629. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00629>
- Lee, C. Y., y Sloan, T. (2015). A comprehensive evaluation rubric for assessing instructional apps. *Journal of Information Technology Education*, 14, 21-53. <http://www.jite.org/documents/Vol14/JITEV14ResearchP021-053Yuan0700.pdf>
- Lehto, J. (1995). Working memory and school achievement in the Ninth Form. *Educational Psychology*, 15, 271-281. <https://doi.org/10.1080/0144341950150304>
- Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., y Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21(1), 59-80. <https://doi.org/10.1348/026151003321164627>
- Lieberman, D. A., Bates, C. H., y So, J. (2009). Young children's learning with digital media. *Computers in the Schools*, 26(4), 271-283. <https://doi.org/10.1080/07380560903360194>
- Lim, T., Carvalho, M.B., Bellotti, F., Arnab, S., De Freitas, S., Louchart, S., Suttie, N., Berta, R., y De Gloria, A. (2015). The lm-gm framework for serious games analysis. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.678.6172&rep=rep1&type=pdf>
- Lin, M. H., Chen, H. G. y Liu K. S. (2017). A study of the effects of digital learning on learning motivation and learning outcome. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3553-3564. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00744a>
- Liu, M., Scordino, R., Geurtz, R., Navarrete, C., Ko, Y., y Lim, M. (2014). A look at research on mobile learning in K-12 education from 2007 to the present. *Journal of research on Technology in Education*, 46(4), 325-372. <https://doi.org/10.1080/15391523.2014.925681>
- Lopez-Rosenfeld, M., Goldin, A. P., Lipina, S., Sigman, M., y Slezak, D. F. (2013). Mate Marote: A flexible automated framework for large-scale educational interventions. *Computers and Education*, 68, 307-313. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.05.018>
- Luo, Y. F., y Yang, S. C. (2016). The effect of the interactive functions of whiteboards on elementary students' learning. *Journal of Educational Computing Research*, 54(5), 680-700. <https://doi.org/10.1177/0735633115628032>

- Macías, A., Mazzitelli, C., y Maturano, C. (2007). Las estrategias metacognitivas y su relación con el contexto educativo. *Revista del instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales*. <http://www.feeye.uncu.edu.ar/web/posjornadasinve/area2/Aprendizaje%20-%20eleccion%20de%20carrera/009%20-%20Mazzitelli%20y%20Maturano%20-%20UN%20San%20Juan.pdf>
- Mackey, A. P., Hill, S. S., Stone, S. I., y Bunge, S. A. (2011). Differential effects of reasoning and speed training in children. *Developmental science*, 14(3), 582-590. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2010.01005.x>
- Magno, C. (2009). Investigating the Effect of School Ability on Self-efficacy, Learning Approaches, and Metacognition. *Online Submission*, 18(2), 233-244. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED509128.pdf>
- Magno, C. (2010). The role of metacognitive skills in developing critical thinking. *Metacognition and Learning*, 5(2), 137-156. <https://doi.org/10.1007/s11409-010-9054-4>
- Malone, T. W. (1981). Toward a theory of intrinsically motivating instruction. *Cognitive science*, 5(4), 333-369. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1207/s15516709cog0504_2
- Marchand, A., y Hennig-Thurau, T. (2013). Value creation in the video game industry: Industry economics, consumer benefits, and research opportunities. *Journal of interactive marketing*, 27(3), 141-157. <http://dx.doi.org/10.1016/j.intmar.2013.05.001>
- Marczewski, A. (2015). *Even Ninja Monkeys Like to Play: Gamification*. Gamified UK.
- Margot, K. C., y Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Marín-Díaz, V., Morales-Díaz, M., y Reche-Urbano, E. (2019). Educational possibilities of video games in the primary education stage according to teachers in training. A case study. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 8(1), 42-49. doi: 10.7821/naer.2019.1.330
- Marne, B., Wisdom, J., Huynh-Kim-Bang, B., y Labat, J. M. (2012). The six facets of serious game design: a methodology enhanced by our design pattern library. En Ravenscroft A., Lindstaedt S., Kloos C.D., Hernández-Leo D. (Eds.) *21st Century Learning for 21st Century Skills, European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 208-221). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33263-0_17
- Marquès, G.P. (2002). Evaluación y selección de software educativo. *Comunicación y pedagogía: Nuevas tecnologías y recursos didácticos*, 185, 31-37 <http://diversidad.murciaeduca.es/tecnoneet/docs/2002/62002.pdf>

- Marquès, G.P. (2009). Entornos formativos multimedia: elementos, plantillas de evaluación, criterios de calidad. <http://www.peremarques.net/calidad.htm>
- Martí-Parreño, J., Galbis-Córdova, A., y Miquel-Romero, M. J. (2018). Students' attitude towards the use of educational video games to develop competencies. *Computers in Human Behavior*, *81*, 366-377. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.12.017>
- Martí, E. (1995). Metacognición: Entre la fascinación y el desencanto. *Infancia y aprendizaje*, *18*(72), 9-32. <https://doi.org/10.1174/02103709560561131>
- Martins, D.N., y Gotuzo, S. A. (2017). Intervention for executive functions development in early elementary school children: effects on learning and behaviour, and follow-up maintenance. *Educational Psychology*, *37*(4), 468-486. <https://doi.org/10.1080/01443410.2016.1214686>
- Maslow, A. H. (1989). A theory of human motivation. En Leavitt, H.J., Pondy, L.R., y Boje, D.M., *Readings in managerial psychology*, *20*, (pp. 20-35). University of Chicago Press. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=dwTVE44DOgQC&oi=fnd&pg=PA20&dq=a+theory+of+human+motivation&ots=sTnOjX7KEf&sig=Y4fQXA6dxwVEOF-bRlQ1i9PVi-w#v=onepage&q=a%20theory%20of%20human%20motivation&f=false>
- Mateos, M. J., Muñoz-Merino, P. J., Kloos, C. D., Hernández-Leo, D., y Redondo-Martínez, D. (2016). Design and evaluation of a computer based game for education. In *2016 IEEE Frontiers in Education Conference* (pp. 1-8). IEEE. doi: [10.1109/FIE.2016.7757356](https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757356)
- Maturano, C. I., Soliveres, M. A., y Macías, A. (2002). Estrategias cognitivas y metacognitivas en la comprensión de un texto de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, *20*(3), 415-425. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21831/21665/0>
- Mayer, R. (1998). Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving. *Instructional science*, *26*(1-2), 49-63. <https://doi.org/10.1023/A:1003088013286>
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, (pp. 31-48). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.004>
- Mayer, R. E. (2019). Computer games in education. *Annual review of psychology*, *70*, 531-549. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102744>
- Mayo, M.J. (2009). Video games: A route to large-scale STEM education?. *Science*, *323*(5910), 79-82. doi: [10.1126/science.1166900](https://doi.org/10.1126/science.1166900)
- McCombs, B. (1984). Processes and skills underlying continuing intrinsic motivation to learn: Toward a definition of motivational skills training interventions. *Educational Psychologist*, *19*(4), 199-218. <http://dx.doi.org/10.1080/00461528409529297>

- McCombs, B. (1988). Motivational skills training: Combining metacognitive, cognitive, and affective learning strategies. En C. Weinstein, E. Goetz y P. Alexander (Eds.), *Learning and study strategies, Issues in Assessment, Instruction, and Evaluation*, (pp. 141-169). Academic Press, Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-742460-6.50015-3>
- McKnight, K., O'Malley, K., Ruzic, R., Horsley, M. K., Franey, J. J., y Bassett, K. (2016). Teaching in a digital age: How educators use technology to improve student learning. *Journal of research on technology in education*, 48(3), 194-211. <https://doi.org/10.1080/15391523.2016.1175856>
- McLean, J. F., y Hitch, G. J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74,240–260. <https://doi.org/10.1006/jecp.1999.2516>
- McLean, K. J. (2016). The implementation of bring your own device (BYOD) in primary [elementary] schools. *Frontiers in psychology*, 7, 1739. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01739>
- Meixner, J. M., Warner, G. J., Lensing, N., Schiefele, U., y Elsner, B. (2019). The relation between executive functions and reading comprehension in primary-school students: A cross-lagged-panel analysis. *Early Childhood Research Quarterly*, 46, 62-74. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.04.010>
- Mitgutsch, K., y Alvarado, N. (2012). Purposeful by design?: a serious game design assessment framework. En Seif El-Nasr, M., Consalvo, M., y Feiner, S. (Eds.), *12th Proceedings of the International Conference on the Foundations of Digital Games* (pp. 121-128). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2282338.2282364>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., y Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49 –100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Muria, V. (1994). La enseñanza de las estrategias de aprendizaje y las habilidades metacognitivas. *Perfiles educativos*, (65). <http://www.redalyc.org/html/132/13206508/>
- Nelson, M. J., y Mateas, M. (2009). A requirements analysis for videogame design support tools. En Whitehead, J., y Young, R.M., (Eds.), *Proceedings of the 4th International Conference on Foundations of Digital Games* (pp. 137-144). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/1536513.1536543>
- Norma UNE 71362:2017, de 14 de junio de 2017. Calidad de los materiales educativos digitales. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- Núñez Pérez, J. C., González García, J. A., García Rodríguez, M. S., González-Pumariega Solís, S., Roces Montero, C., Álvarez Pérez, L., y González Torres, M. D. C. (1998). Estrategias de aprendizaje, autoconcepto y rendimiento académico. *Psicothema*, 10(1) 97-109. <http://hdl.handle.net/10651/29244>

- Oei, A. C., y Patterson, M. D. (2013). Enhancing cognition with video games: a multiple game training study. *PloS One*, 8(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058546>
- Osses, S. y Jaramillo, S. (2008). Metacognición: un camino para aprender a aprender. *Revista Estudios pedagógicos*, 34(1), 187-197. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052008000100011>
- Papadakis, S., Kalogiannakis, M., y Zaranis, N. (2017). Designing and creating an educational app rubric for preschool teachers. *Education and Information Technologies*, 22(6), 3147-3165. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9579-0>
- Papinczak, T.; Young, L.; Groves, M. y Haynes, M. (2008). Effects of a Metacognitive Intervention on Students' Approaches to Learning and Self-Efficacy in a First Year Medical course. *Advances in Health Sciences Education*, 13(2), 213-232. <https://doi.org/10.1007/s10459-006-9036-0>
- Paris, S. G., y Oka, E. R. (1986). Children's reading strategies, metacognition, and motivation. *Developmental review*, 6(1), 25-56. [https://doi.org/10.1016/0273-2297\(86\)90002-X](https://doi.org/10.1016/0273-2297(86)90002-X)
- Park, S. B., y Bae, S. J. (2014). Different routes to metacognitive judgments: The role of accuracy motivation. *Journal of Consumer Psychology*, 24(3), 307-319. <https://doi.org/10.1016/j.jcps.2013.09.002>
- Pascualon, F. (2015). Pruebas de validez de un Diseñado a Escala de Metacognición infantil Clasificación. *Ajayu Órgano de Difusión Científica del Departamento de Psicología UC BSP*, 13(2), 25-33. <http://boliviarevista.com/index.php/ajayu/article/viewFile/3843/3841>
- Patino, A., Romero, M., y Proulx, J. N. (2016). Analysis of Game and Learning Mechanics according to the Learning Theories. En *2016 8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)* (pp. 1-4). IEEE. doi: 10.1109/VS-GAMES.2016.7590337
- Pellas, N. (2014). The influence of computer self-efficacy, metacognitive self-regulation and self-esteem on student engagement in online learning programs: Evidence from the virtual world of Second Life. *Computers in Human Behavior*, 35, 157-170. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.02.048>
- Pepin, B., Choppin, J., Ruthven, K., y Sinclair, N. (2017). Digital curriculum resources in mathematics education: foundations for change. *ZDM Mathematics Education*, 49(5), 645-661. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0879-z>
- Pereira, A. M. M. (2014). El proceso productivo del videojuego: fases de producción. *Historia y Comunicación Social*, 19, 791-805. <http://revistas.ucm.es/index.php/HICS/article/view/45178>
- Pérez, M. D. M., Duque, A. G., y García, L. F. (2018). Game-based learning: Increasing the logical-mathematical, naturalistic, and linguistic learning levels of primary school students. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 7(1), 31-39. doi: 10.7821/ear.2018.1.248

- Perry, J., Lundie, D., y Golder, G. (2019). Metacognition in schools: what does the literature suggest about the effectiveness of teaching metacognition in schools?. *Educational Review*, 71(4), 483-500. <https://doi.org/10.1080/00131911.2018.1441127>
- Pintrich, P. (2000). An achievement goal theory perspective on issues in motivation terminology, theory, and research. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 92-104. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1017>
- Pintrich, P. R. (1991). A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ). <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED338122.pdf>
- Pintrich, P. R. (2002). The role of metacognitive knowledge in learning, teaching, and assessing. *Theory into practice*, 41(4), 219-225. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_3
- Pintrich, P. R. (2004). A conceptual framework for assessing motivation and self-regulated learning in college students. *Educational psychology review*, 16(4), 385-407. <https://doi.org/10.1007/s10648-004-0006-x>
- Pintrich, P. R., Schunk, D. H., y Luque, M. L. (2006). *Motivación en contextos educativos: teoría, investigación y aplicaciones*. Pearson Educación.
- Pintrich, P., y De Groot, E. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33-40. <https://doi.org/10.1037/0022-0663/90/0001.007>
- Portellano, J. A., Martínez-Arias, R., & Zumárraga, L., (2011). *ENFEN. Evaluación Neuropsicológica de las funciones ejecutivas en niños*. TEA Ediciones, S.A.U.
- Prensky, M. (2001). *Digital game-based learning*. Paragon House. St. Paul, Minnesota.
- Pulham, E., y Graham, C. R. (2018). Comparing K-12 online and blended teaching competencies: a literature review. *Distance Education*, 39(3), 411-432. <https://doi.org/10.1080/01587919.2018.1476840>
- Rankin, Y. A., McNeal, M., Shute, M. W., y Gooch, B. (2008). User centered game design: evaluating massive multiplayer online role playing games for second language acquisition. En Schwartz, D., Schrier, K., Swain, C. y Wagner, M. (Eds.), *8th Proceedings of the 2008 ACM SIGGRAPH symposium on Video games* (pp. 43-49). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/1401843.1401851>
- Redick, T. S., Calvo, A., Gay, C. E., y Engle, R. W. (2011). Working memory capacity and go/no-go task performance: Selective effects of updating, maintenance, and inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(2), 308-324. <https://doi.org/10.1037/a0022216>
- Revelle, G. (2013). Applying developmental theory and research to the creation of educational games. *New Directions for Child and Adolescent Development*, 139, 31-40. <https://doi.org/10.1002/cad.20029>

- Ribeiro, M. F. y Neto, A. J. (2008). La enseñanza de las ciencias y el desarrollo de destrezas de pensamiento: un estudio metacognitivo con alumnos de 7º de primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), 211-226. <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v26n2/02124521v26n2p211.pdf>
- Richter, G., Raban, D. R., y Rafaeli, S. (2015). Studying gamification: the effect of rewards and incentives on motivation. En Reiners T., Wood L. (eds) *Gamification in Education and Business*, (pp. 21-46). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10208-5_2
- Ritterfeld, U., y Weber, R. (2005). Video games for entertainment and education. Playing video games: Motives, responses, and consequences, 399-413. https://www.researchgate.net/profile/Ute_Ritterfeld/publication/309901513_Video_Games_for_Entertainment_and_Education/links/53f706990cf2888a74976416/Video-Games-for-Entertainment-and-Education.pdf
- Ritterfeld, U., Cody, M., y Vorderer, P. (2009). *Serious games: Mechanisms and effects*. Routledge.
- Rizzo, P., Steinhausen, H. C., y Drechsler, R. (2010). Self-Perceptions of Self-Regulatory Skills in Children Aged Eight to 10 Years: Development and Evaluation of a New Self-Rating Scale. *Australian Journal of Educational and Developmental Psychology*, 10, 123-142. <https://eric.ed.gov/?id=EJ906940>
- Roebers, C. M. (2017). Executive function and metacognition: Towards a unifying framework of cognitive self-regulation. *Developmental Review*, 45, 31-51. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2017.04.001>
- Rovers, S. F., Clarebout, G., Savelberg, H. H., de Bruin, A. B., y van Merriënboer, J. J. (2019). Granularity matters: comparing different ways of measuring self-regulated learning. *Metacognition and Learning*, 14(1), 1-19. <https://doi.org/10.1007/s11409-019-09188-6>
- Rueda, M. R., López, J. P. P., Guerra, S., y Alonso, P. M. P. (2017). El cerebro en la escuela: entrenamiento computarizado de habilidades cognitivas. En Eds. Lipina, S.J., Sigman, M., Slezak, D.F. *Pensar las TIC desde la ciencia cognitiva y la neurociencia* (pp. 93-120). Gedisa.
- Rutherford, T., Buschkuehl, M., Jaeggi, S. M., y Farkas, G. (2018). Links between achievement, executive functions, and self-regulated learning. *Applied Cognitive Psychology*, 32(6), 763-774. <https://doi.org/10.1002/acp.3462>
- Sáiz, M. C. y Román, J. M. (2011). Entrenamiento metacognitivo y estrategias de resolución de problemas en niños de 5 a 7 años. *International Journal of Psychological Research*, 4(2), 9-19. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3904244>
- Sáiz, M. C.; Flores, V. y Román, J. M. (2010). Metacognición y competencia de aprender a aprender en Educación Infantil: Una propuesta para facilitar la inclusión. *Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado*, 13(4), 123-130. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3675493>

- Sajjadi, P., Vlieghe, J., y De Troyer, O. (2016). Evidence-based mapping between the theory of multiple intelligences and game mechanics for the purpose of player-centered serious game design. En *8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)* (pp. 1-8). IEEE. doi: 10.1109/VS-GAMES.2016.7590348
- Santiago, K., Lukas, J. F., Etxeberria, J., y Gobantes, A. (2009). Evaluation of the IKASYS programme. *Research, Reflections and Innovations in Integrating ICT in Education*. Badajoz: FORMATEX, 51-54. <https://pdfs.semanticscholar.org/1035/483ae0a70c9c4db6947faf1f7e9e1e45778d.pdf>
- Sauvé, L., Sénécal, S., Kaufman, D., Renaud, L. y Leclerc, J. (2011). The design of generic serious game shell. En *International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training* (pp. 1-5). IEEE. doi: 10.1109/ITHET.2011.6018675
- Schoenfeld, A. (1987). What's all the fuss about metacognition. In A. Schoenfeld (Ed.), *Cognitive science and mathematics education*, (pp. 189-215). Lawrence Erlbaum Associates. https://www.researchgate.net/publication/240412645_What's_all_the_fuss_about_metacognition
- Schrader, P.G., Zheng, D. y Young, M. (2006). Teachers' Perceptions of Video Games: MMOGs and the Future of Preservice Teacher Education. *Innovate: Journal of Online Education*, 2(3). from <https://www.learntechlib.org/p/104278/>
- Schraw, G. (1998). Promoting general metacognitive awareness. *Instructional science*, 26(1-2), 113-125. <https://doi.org/10.1023/A:1003044231033>
- Schraw, G. (2009). A conceptual analysis of five measures of metacognitive monitoring. *Metacognition and learning*, 4(1), 33-45. doi: 10.1007/s11409-008-9031-3
- Schraw, G. y Dennison, R. (1994). Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19(4), 460-475. <http://wiki.biologyscholars.org/@api/deki/files/99/=Schraw1994.pdf>
- Schraw, G. y Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational psychology review*, 7(4), 351-371. <https://doi.org/10.1007/BF02212307>
- Schraw, G., Crippen, K. J., y Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in science education*, 36(1-2), 111-139. <https://doi.org/10.1007/s11165-005-3917-8>
- Schunk, D. H. (1996). Goal and self-evaluative influences during children's cognitive skill learning. *American Educational Research Journal*, 33(2), 359-382. <https://doi.org/10.3102/00028312033002359>
- Schunk, D. H. (2005). Self-regulated learning: The educational legacy of Paul R. Pintrich. *Educational Psychologist*, 40(2), 85-94. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4002_3

- Schwarz, M., Scherrer, A., Hohmann, C., Heiberg, J., Brugger, A., y Nuñez-Jimenez, A. (2020). COVID-19 and the academy: It is time for going digital. *Energy research & social science*, 68, 101684. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101684>
- Selwyn, N. y Cooper, R. (2015). The potential of digital technology for science learning and teaching—The learners' perspective. En Corrigan, D., Bunting, C., Dillon, J., Jones, A., Gunstone, R., (Eds.), *The Future in Learning Science: What's in it for the Learner?* (pp. 263–277). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16543-1_14
- Shaffer, D. W., Squire, K. R., Halverson, R., y Gee, J. P. (2005). Video games and the future of learning. *Phi delta kappan*, 87(2), 105-111. <https://doi.org/10.1177/003172170508700205>
- Shannon, S. (2008). Using metacognitive strategies and learning styles to create self-directed learners. *Institute for Learning Styles Journal*, 1(1), 14-28. <http://www.auburn.edu/academic/education/ilsrj/Journal%20Volumes/Fall%202008%20Volume%201%20PDFs/Metacognitive%20Strategies%20and%20Learning%20Styles.pdf>
- Sherry, J. L. (2004). Flow and media enjoyment. *Communication theory*, 14(4), 328-347. <https://academic.oup.com/ct/article-abstract/14/4/328/4110457>
- Short, E. y Weissberg-Benchell, J. (1989). The triple alliance for learning: Cognition, metacognition and motivation. En C.B. McCormick, G.E. Miller, & M. Pressley (Eds.), *Cognitive strategy research*, (pp. 33-63). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8838-8_2
- Siang, A. C., y Rao, R. K. (2003). Theories of learning: a computer game perspective. In Werner, B. (Ed.), *Proceedings 5th International Symposium on Multimedia Software Engineering* (pp. 239-245). IEEE Computer Society. doi:10.1109/mmse.2003.1254447
- Sideridis, G., Morgan, P., Botsas, G., Padeliadu, S., y Fuchs, D. (2006). Predicting LD on the basis of motivation, metacognition, and psychopathology: An ROC analysis. *Journal of Learning Disabilities*, 3(39), 215-229. <https://doi.org/10.1177/00222194060390030301>
- Sillaots, M., y Jesmin, T. (2016). Multiple Regression Analysis: Refinement of the Model of Flow. In Connolly, T., y Boyle, L. (Eds.), *Proceedings of the 10th European Conference on Games Based Learning* (pp. 609-616). Academic Conferences International Limited. https://www.researchgate.net/profile/Martin_Sillaots/publication/339069406_Multiple_Regression_Analysis_Refinement_of_the_Model_of_Flow/links/5e3beb18458515072d83265d/Multiple-Regression-Analysis-Refinement-of-the-Model-of-Flow.pdf

- Sillaots, M., Jesmin, T., y Rinde, A. (2016). Survey for mapping game elements. In Connolly, T., y Boyle, L. (Eds.), *Proceedings of the 10th European Conference on Game Based Learning* (pp. 617-626). Academic Conferences International Limited. https://www.researchgate.net/profile/Martin_Sillaots/publication/326837965_Survey_for_Mapping_Game_Elements/links/5b68305345851584787f278f/Survey-for-Mapping-Game-Elements.pdf
- Šimandl, V., y Novotný, J. (2017). Using Local ICT Services to Support Lower Secondary and Primary School Teaching. *International Journal of Information and Communication Technologies in Education*, 6(1), 19-29. <https://doi.org/10.1515/ijicte-207-0002>
- Slussareff M., Braad E., Wilkinson P. y Strååt B. (2016) Games for Learning. En Dörner R., Göbel S., Kickmeier-Rust M., Masuch M., Zweig K. (Eds.) *Entertainment Computing and Serious Games. Lecture Notes in Computer Science*, 9970. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46152-6_9
- Snackson. (Abril 2020). El estado de las Startups de educación (Edtech) en España. <https://www.snackson.com/el-estado-de-las-startups-de-educacion-edtech-en-espana-actualizado-a-abril-de-2020/>
- Sperling, R. A., Howard, B. C., Miller, L. A., y Murphy, C. (2002). Measures of children's knowledge and regulation of cognition. *Contemporary Educational Psychology*, 27(1), 51-79. <https://doi.org/10.1006/ceps.2001.1091>
- Sperling, R.; Howard, B.; Staley, R. y DuBois, N. (2004). Metacognition and self-regulated learning constructs. *Educational Research and Evaluation*, 10(2), 117-139. <https://doi.org/10.1380-3611/04/1002-117>
- Spiess, M. A., Meier, B., y Roebers, C. M. (2016). Development and longitudinal relationships between children's executive functions, prospective memory, and metacognition. *Cognitive Development*, 38, 99-113. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2016.02.003>
- Squire, K. (2003). Video games in education. *Int. J. Intell. Games & Simulation*, 2(1), 49-62. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.543.5729&rep=rep1&type=pdf>
- Squire, K. (2006). From content to context: Videogames as designed experience. *Educational researcher*, 35(8), 19-29. <https://doi.org/10.3102/0013189X035008019>
- Squire, K. D. (2008). Video games and education: Designing learning systems for an interactive age. *Educational Technology*, 48(2), 17-26. <https://www.jstor.org/stable/44429558>
- Squire, K., y Jenkins, H. (2003). Harnessing the power of games in education. *Insight*, 3(1), 5-33. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/8132613/insight_3-1_vision.pdf?1327979045=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DHarnessing_the_power_of_games_in_education.pdf&Expires=1607459403&Signature=K3WRcoWPLQ3qpivjV3JW-a-

dqOoWu7GaV5nRissOg32LXu8CpqQRiyr2w7t5iGR7qVOrz4HPZPKeqWvISUnp
Jn~xKP-C1Q5Jwsuh6Hso2N-
NsrabmvZbTs4lrQMkOOaQtkdyXqC8sQoOEhiVg5PNOky-
aRAixCqO8E56VadebAGSSvglM7SZ~PvyBIS-
Ztz8ZbPAfDWf2qDEIYvUamEfaGx03gP9k8fVi5LDi6zo2OW7Je1nE-
pQn9yPvLOWLyYPr9PIH~pquEWiYSuY23DY89mekHI~oUM~bRpH7neJCfIKIk
1uJTUmQVe646gavkEOQ4yXJVkbSFioGC9JQRfA__&Key-Pair-
Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

- Steinkuehler, C., y Squire, K. (2014). Videogames and learning. Cambridge handbook of the learning sciences. En Sawyer, K., (Ed.), *Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 377-396). Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J. (1998). Metacognition, abilities, and developing expertise: What makes an expert student?. *Instructional science*, 26(1-2), 127-140.
<https://doi.org/10.1023/A:1003096215103>
- Suárez, J., y Fernández, A. (2011). A model of how motivational strategies related to the expectative component affect cognitive and metacognitive strategies. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 9(2), 641-658.
http://www.investigacion-psicopedagogica.org/revista/articulos/24/english/Art_24_550.pdf
- Sulik, M. J., Finch, J. E., y Obradović, J. (2020). Moving beyond executive functions: Challenge preference as a predictor of academic achievement in elementary school. *Journal of Experimental Child Psychology*, 198, 104883.
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2020.104883>
- Sungur, S. (2007). Contribution of motivational beliefs and metacognition to students' performance under consequential and nonconsequential test conditions. *Educational Research and Evaluation*, 13(2), 127-142.
<https://doi.org/10.1080/13803610701234898>
- Sungur, S. (2007a). Modeling the relationships among students' motivational beliefs, metacognitive strategy use, and effort regulation. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 51(3), 315-326.
<https://doi.org/10.1080/00313830701356166>
- Swanson, H. (1990). Influence of metacognitive knowledge and aptitude on problem solving. *Journal of educational psychology*, 82(2), 306-314.
<http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.82.2.306>
- Szabó, I. y Lipóczy, S. (2015). Teaching and Learning Foreign Languages with Interactive Methods. *Gradus*, 2,80–90.
http://gradus.kefo.hu/archive/2015-1/2015_1_ART_008_Szabo.pdf
- Tan, P. H., Ling, S. W., y Ting, C. Y. (2007). Adaptive digital game-based learning framework. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts*, (pp. 142-146).
http://www.fi.uu.nl/publicaties/literatuur/endnote_ecgbl_932_tan.pdf

- Tapia, J. A. (1992). *Motivar en la adolescencia: Teoría, evaluación e intervención*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid.
- Tapia, J. A., y Ferrer, J. S. (1992). El cuestionario MAPE-I: Motivación hacia el aprendizaje. En Tapia J.A. (Ed.), *Motivar en la adolescencia: Teoría, evaluación e intervención* (pp. 53-91). Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid.
- Taylor, N. (1983). Metacognitive ability: A curriculum priority. *Journal of Curriculum Studies*, 4(3), 269-278. <https://doi.org/10.1080/0270271830040308>
- Thomas, G., Anderson, D., y Nashon, S. (2008). Development of an instrument designed to investigate elements of science students' metacognition, self-efficacy and learning processes: The SEMLI-S. *International Journal of Science Education*, 30(13), 1701-1724. <https://doi.org/10.1080/09500690701482493>
- Titz, C., y Karbach, J. (2014). Working memory and executive functions: effects of training on academic achievement. *Psychological Research* 78(6), 852-868. <https://doi.org/10.1007/s00426-013-0537-1>
- Turkay, S., Hoffman, D., Kinzer, C. K., Chantes, P., y Vicari, C. (2014). Toward understanding the potential of games for learning: Learning theory, game design characteristics, and situating video games in classrooms. *Computers in the Schools*, 31(1-2), 2-22. <https://doi.org/10.1080/07380569.2014.890879>
- Tüzün, H. (2007). Blending video games with learning: Issues and challenges with classroom implementations in the Turkish context. *British Journal of Educational Technology*, 38(3), 465-477. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00710.x>
- Ugatetxea, J. (2002). La metacognición, el desarrollo de la autoeficacia y la motivación escolar. *Revista de psicodidáctica*, 13(1). <http://www.redalyc.org/html/175/17501304/>
- Uluyol, Ç., y Şahin, S. (2016). Elementary school teachers' ICT use in the classroom and their motivators for using ICT. *British Journal of Educational Technology*, 47(1), 65-75. <https://doi.org/10.1111/bjet.12220>
- Veenman, M. V., Bavelaar, L., De Wolf, L., y Van Haaren, M. G. (2014). The on-line assessment of metacognitive skills in a computerized learning environment. *Learning and Individual Differences*, 29, 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.01.003>
- Veenman, M. V., Van Hout-Wolters, B. H., y Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: Conceptual and methodological considerations. *Metacognition and learning*, 1(1), 3-14. <https://doi.org/10.1007/s11409-006-6893-0>
- Vermunt, J. D. (1996). Metacognitive, cognitive and affective aspects of learning styles and strategies: A phenomenographic analysis. *Higher education*, 31(1), 25-50. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BFO0129106.pdf>
- Vieira, C., Parsons, P., y Byrd, V. (2018). Visual learning analytics of educational data: A systematic literature review and research agenda. *Computers and Education*, 122, 119-135. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.018>

- Villani, D., Carissoli, C., Triberti, S., Marchetti, A., Gilli, G., y Riva, G. (2018). Videogames for emotion regulation: a systematic review. *Games for health journal*, 7(2), 85-99. <https://doi.org/10.1089/g4h.2017.0108>
- Waddington, D. I. (2015). Dewey and video games: From education through occupations to education through simulations. *Educational Theory*, 65(1), 1-20. <https://doi.org/10.1111/edth.12092>
- Wang, H., Shen, C., y Ritterfeld, U. (2009). Enjoyment of digital games. En Ritterfeld, U., Cody, M., & Vorderer, P. (Eds.), *Serious games: Mechanisms and effects*, (pp. 25-47). Routledge.
- Wang, M., Haertel, G. y Walberg, H. (1990). What influences learning? A content analysis of review literature. *The Journal of Educational Research*, 84(1), 30-43. <https://doi.org/10.1080/00220671.1990.10885988>
- Wei, W., Yuan, H., Chen, C., y Zhou, X. (2012). Cognitive correlates of performance in advanced mathematics. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 157-181. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2011.02049.x>
- Weiner, B. (1979). A theory of motivation for some classroom experiences. *Journal of educational psychology*, 71(1), 3-25. <http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.71.1.3>
- Weiner, B. (1985). An attributional theory of achievement motivation and emotion. *Psychological review*, 92(4), 548-573. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.92.4.548>
- Weiner, B. (2001). Intrapersonal and interpersonal theories of motivation from an attribution perspective. En F. Salili, C.Y. Chiu y Y.Y. Hong (Eds.), *Student Motivation. Plenum Series on Human Exceptionality*, (pp. 17-30). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1273-8_2
- Weinstein, C. E., Zimmermann, S. A., y Palmer, D. R. (1988). Assessing learning strategies: The design and development of the LASSI. *Learning and study strategies*, 25-40. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-742460-6.50009-8>
- Weintrop, D., Holbert, N., Wilensky, U., y Horn, M. (2012). Redefining constructionist video games: Marrying constructionism and video game design. In *Proceedings of the Constructionism 2012 Conference*. http://ccl.northwestern.edu/2012/645-649_BP_68_Weintrop.pdf
- Weller, M. (2018). Twenty years of EdTech. *Educause Review Online*, 53(4), 34-48. <https://er.educause.edu/articles/2018/7/twenty-years-of-edtech>
- West, D. M. (2012). How blogs, social media, and video games improve education. Brookings Institution. http://www.insidepolitics.org/brookingsreports/edu_blogs.pdf

- Whitebread, D., Coltman, P., Pasternak, D.P., Sangster, C., Grau, V., Bingham, S., Almeqdad, Q., y Demetriou, D. (2009). The development of two observational tools for assessing metacognition and self-regulated learning in young children. *Metacognition and learning*, 4(1), 63-85. <https://doi.org/10.1007/s11409-008-9033-1>
- Winne, P. H. (2001). Self-regulated learning viewed from models of information processing. In Zimmerman, B.J., y Schunk, D.H., (Eds.), *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives* (pp. 153-189). Taylor & Francis.
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=og4hVOcjcqMC&oi=fnd&pg=PA145&dq=Winne,+P.+H.+\(2001\).+Self-regulated+learning+viewed+from+models+of+information+processing.+Self-regulated+learning+and+academic+achievement:+Theoretical+perspectives,+&ots=sXO79AR_Ty&sig=Qi9u2syB7rTAyKopULV5zmiE240#v=onepage&q=Winne%2C%20P.%20H.%20\(2001\).%20Self-regulated%20learning%20viewed%20from%20models%20of%20information%20processing.%20Self-regulated%20learning%20and%20academic%20achievement%3A%20Theoretical%20perspectives%2C&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=og4hVOcjcqMC&oi=fnd&pg=PA145&dq=Winne,+P.+H.+(2001).+Self-regulated+learning+viewed+from+models+of+information+processing.+Self-regulated+learning+and+academic+achievement:+Theoretical+perspectives,+&ots=sXO79AR_Ty&sig=Qi9u2syB7rTAyKopULV5zmiE240#v=onepage&q=Winne%2C%20P.%20H.%20(2001).%20Self-regulated%20learning%20viewed%20from%20models%20of%20information%20processing.%20Self-regulated%20learning%20and%20academic%20achievement%3A%20Theoretical%20perspectives%2C&f=false)
- Winne, P. H., y Azevedo, R. (2014). Metacognition. En R. K. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge handbook of the learning sciences* (p. 63–87). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.006>
- Wouters, P., Van Nimwegen, C., Van Oostendorp, H., y Van Der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of educational psychology*, 105(2), 249–265. <https://doi.org/10.1037/a0031311>
- Yessad, A., Labat, JM. y Kermorvant, F. (2010). Segae: A serious game authoring environment. En *10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 538-540). IEEE. doi: 10.1109 / ICALT.2010.153
- Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R. O. y Nunamaker Jr, J. F. (2006). Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness. *Information and Management*, 43(1), 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.im.2005.01.004>
- Zhang, Z., Franklin, S., y Dasgupta, D. (1998). Metacognition in software agents using classifier systems. En *American Association for Artificial Intelligence (AAAI)*, (pp. 83-88). <https://www.aaai.org/Papers/AAAI/1998/AAAI98-012.pdf>
- Zhao, D., Bogusevski, D. y Muntean, G.M. (2018). Improving Future STEM Education with Innovative Learning Management System and Technology-Enhanced Learning Materials NEWTON Project and Large Scale Pilots. En *Proceedings of the International Conference on Engaging Pedology*. http://www.newtonproject.eu/wp-content/uploads/2019/08/Dan_Diana_Gabriel_ICEP-paper.pdf

- Zimmerman, B. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into practice*, 41(2), 64-70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2
- Zimmerman, B. y Moylan, A. (2009). Self-regulation: Where metacognition and motivation intersect. En Hacker, D.J., Dunlosky, J., y Graesser, A.C., (Eds.), *Handbook of metacognition in education*, (pp. 299-315). Routledge. https://zodml.org/sites/default/files/%5BDouglas_J._Hacker,_John_Dunlosky,_Arthur_C._Graes_o.pdf#page=312
- Zosh, J.M., Lytle, S.R., Golinkoff, R.M., y Hirsh-Pasek, K. (2017). Putting the Education Back in Educational Apps: How Content and Context Interact to Promote Learning. En Barr R., y Linebarger D. (Eds.) *Media Exposure During Infancy and Early Childhood*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45102-2_17
- Zulma, M. (2006). Aprendizaje autorregulado: el lugar de la cognición, la metacognición y la motivación. *Revista Estudios pedagógicos*, 32(2), 121-132. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052006000200007>

ANEXO I:
**ORGANIZACIÓN DE LA PLATAFORMA SMILE
AND LEARN**

Mundo**Áreas****Organización de contenidos**

Números, Suma, Resta, Geometría, Atención y memoria, Lógica, Robótica y programación, Unidades de Longitud, Problemas, Multiplicación, División, Fracciones, Porcentajes y potencias, Proporcionalidad y Cálculo adaptativo.

Dentro de cada área temática se encuentran las actividades a trabajar en subcategorías.

Lógica

Puzles, Atención y percepción, Construcciones y Geometría.

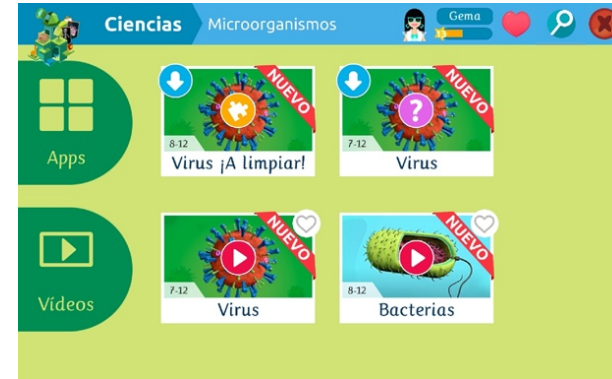
Dentro de cada área temática se encuentran las actividades a trabajar.

Espacial

Mundo**Áreas****Organización de contenidos**

Cuerpo humano, Animales, Ecosistemas, Cocina, Experimentos, El Universo, La Tierra, Ecología, La planta, Ciencias Sociales, Historia, Cuentos, Curiosidades, La materia, La célula, Microorganismos y Hábitos de higiene.

Dentro de cada área temática se encuentran las actividades a trabajar, en algunas de estas categorías se encuentran subcategorías de esa área del conocimiento.

Ciencias

Música, Pintar, Pintores, Colores, Creatividad y Cocina.

Dentro de cada área temática se encuentran las actividades a trabajar.

Arte

Mundo**Áreas****Organización de contenidos**

Letras, Palabras, Vocabulario, Álex aprende, Ana aprende, Cuentos con valores, Cuentos clásicos, Lecturas comprensivas, Aventura interactiva y Signos de puntuación.

Dentro de cada área temática se encuentran las actividades a trabajar.

Literatura

Conoce las emociones, Relájate, Yoga, Cuentos y Uso responsable.

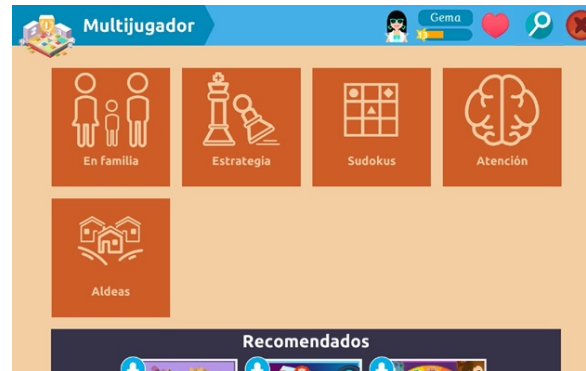
Dentro de cada área temática se encuentran las actividades a trabajar.

Emociones

Mundo**Áreas****Organización de contenidos**

Multijugador

En familia, Estrategia, Sudokus, Atención y Aldeas.



Dentro de cada área temática se encuentran las actividades a trabajar.



Aldea Fantasia

Gestión para construir la ciudad, personalizar el avatar, construir la ciudad, selección de una mascota, viste y decora la habitación de tu mascota.



Mundo del jugador

Aldea Global

Gestión para construir la ciudad, personalizar el avatar, construir la ciudad.



ANEXO II:
EJEMPLOS DE GUÍAS DIDÁCTICAS



ESTADOS DE LA MATERIA

GUÍA DIDÁCTICA

"Estados de la materia" es un juego interactivo para aprender los cambios de estado producidos por el calor. Aprenderás a través de realizar experimentos prácticos. Además, dispones de un quiz para comprobar lo aprendido.

INTELIGENCIA	CONTENIDO RELACIONADO	IDIOMAS
Naturalista	Pensamiento lógico Planificación Estados de la materia Química	

1. ASPECTOS GENERALES DE USO



Elige el cambio de estado

- Fusión.
- Evaporación.
- Condensación.
- Solidificación.
- Sublimación.
- Sublimación inversa.



Teoría

Esquema con explicación teórica de los estados de la materia y los cambios que se producen entre ellos.



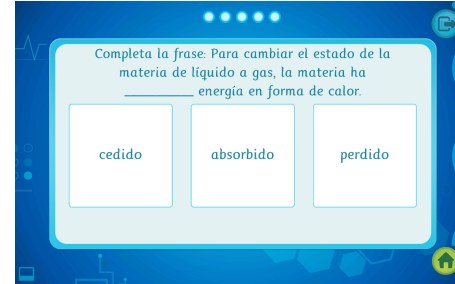
Protocolo del experimento

- Revisa los pasos a seguir y los materiales que utilizarás.
- Pulsa en el play para comenzar a jugar.
- Haz el quiz antes de realizar el experimento para evaluar tus conocimientos iniciales.



Experimento

- Antes de comenzar el experimento responde a la pregunta de predicción.
- Sigue los pasos del experimento y presta atención a qué sucede con la materia en cada uno de los experimentos.
- Atiende a la explicación final.



Quiz

Responde a las preguntas de cada experimento para comprobar lo que sabes o lo que has aprendido.

2. USO EDUCATIVO: IDEAS PARA EL AULA

El juego es un momento especial en el desarrollo del niño, por ello consideramos muy importante ofrecerles el placer de jugar de manera divertida a la vez que potenciamos su aprendizaje.

¿En qué momento es recomendable usar este juego?

- Apoyo para trabajar contenidos relacionados con el método científico, experimentos y cambios de estado e la materia.
- Actividad de descanso y entretenimiento entre actividades que exijan mayor esfuerzo.
- Actividades de secuenciación de pasos y planificación.
- Como actividad extraescolar.
- En momento de recreo y diversión.

Completa esta actividad con nuestros videos



Español



Inglés

Consejo educativo

"Estados de la materia" es un juego ideal para trabajar los cambios de estado de la materia a través del método científico y con experimentos prácticos.





LA PLANTA

GUÍA DIDÁCTICA

"La planta" es un juego interactivo para identificar y conocer las partes de una planta. El juego incluye puzzles para practicar lo aprendido y un cuaderno de investigación para actividades de indagación. Además, para poner a prueba el aprendizaje puedes realizar el quiz de preguntas.

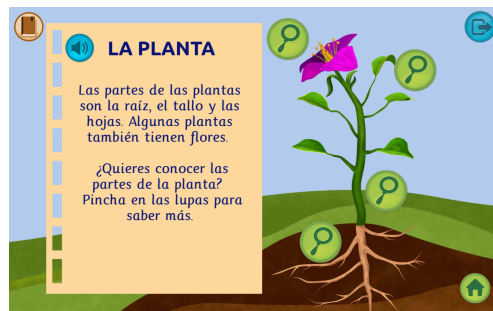
INTELIGENCIA	CONTENIDO RELACIONADO	IDIOMAS
Naturalista	Memoria Vocabulario Introducción a las partes de las plantas	

1. ASPECTOS GENERALES DE USO



Elige actividad

- **Aprende las partes de la planta:** explicación de las características y funciones de las partes de la planta.
- **Puzle:** juego para identificar las partes de la planta en el modelo.
- **Quiz:** comprueba lo aprendido.

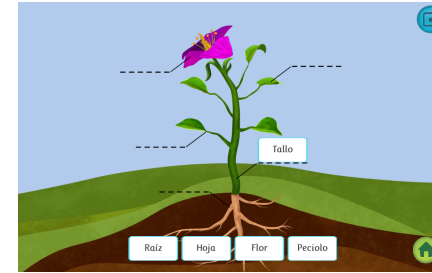


Aprende las partes de la planta

- Pulsa sobre las lupas de las partes que quieras aprender.
- En este apartado encontrarás un cuaderno con preguntas de indagación planteadas para trabajar más sobre las partes de la planta.

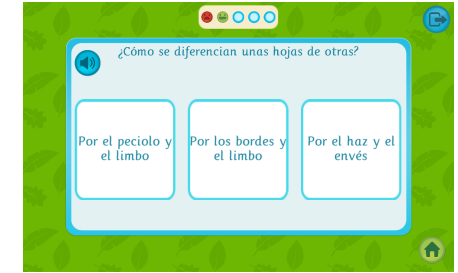
Puzle

Coloca los nombres en los espacios correspondientes.



Quiz

Responde a las preguntas para comprobar lo aprendido.



2. USO EDUCATIVO: IDEAS PARA EL AULA

El juego es un momento especial en el desarrollo del niño, por ello consideramos muy importante ofrecerles el placer de jugar de manera divertida a la vez que potenciamos su aprendizaje.

¿En qué momento es recomendable usar este juego?

- Apoyo para trabajar contenidos relacionados con las partes de la planta.
- Actividad de descanso y entretenimiento entre actividades que exijan mayor esfuerzo.
- Como actividad extraescolar.
- En momento de recreo y diversión.

Completa esta actividad con nuestros vídeos



Español



Inglés

Consejo educativo

"La planta" es un recurso ideal para trabajar las partes de la planta con los más pequeños de forma divertida.





LA NUTRICIÓN

GUÍA DIDÁCTICA

"La nutrición" de la planta es un juego interactivo para identificar y conocer cómo se alimentan las plantas a través de la fotosíntesis y el proceso de respiración. El juego incluye un puzzle de secuencias para ordenar las fases de los procesos implicados en la nutrición. Además, se podrá poner a prueba lo aprendido con un quiz de preguntas.

INTELIGENCIA	CONTENIDO RELACIONADO	IDIOMAS
Naturalista	Memoria Secuencias Función de nutrición: fotosíntesis y respiración	

1. ASPECTOS GENERALES DE USO



Elige el nivel

- Intermedio
- Maestro



Elige actividad

- **La nutrición, fotosíntesis y respiración:** explicación teórica de cómo se nutre una planta por la fotosíntesis y por la respiración.
- **Ordena:** juego para identificar los pasos de la nutrición.
- **Quiz:** comprueba lo aprendido.



Teoría: fotosíntesis y respiración

- Haz los minijuegos para interactuar con la explicación teórica.

Ordena: Coloca en orden los pasos del proceso que se indica.



Quiz: Responde a las preguntas para comprobar lo aprendido.



2. USO EDUCATIVO: IDEAS PARA EL AULA

El juego es un momento especial en el desarrollo del niño, por ello consideramos muy importante ofrecerles el placer de jugar de manera divertida a la vez que potenciamos su aprendizaje.

¿En qué momento es recomendable usar este juego?

- Apoyo para trabajar contenidos relacionados con la función de nutrición de las plantas.
- Actividad de descanso y entretenimiento entre actividades que exijan mayor esfuerzo.
- Como actividad extraescolar.
- En momento de recreo y diversión.

Completa esta actividad con nuestros vídeos



Español



Inglés

Consejo educativo

"La nutrición" es un recurso ideal para trabajar una de las funciones vitales de la planta con los más pequeños de forma divertida.





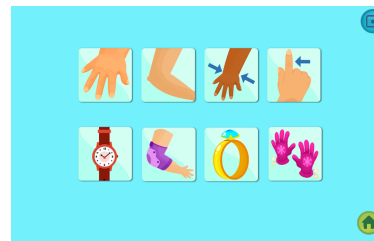
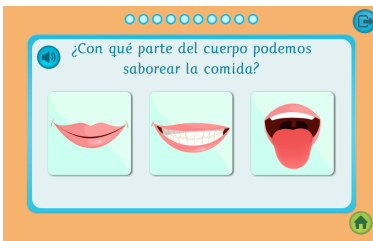
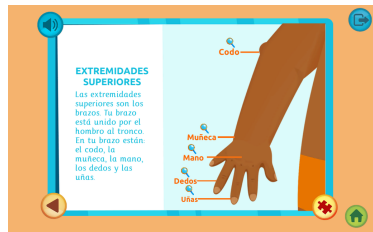
LAS PARTES DE TU CUERPO

GUÍA DIDÁCTICA

"Las partes de tu cuerpo" es un juego interactivo para aprender a identificar las partes del cuerpo humano y sus nombres. El juego incluye "minijuegos" siguiendo la división del cuerpo humano: cabeza, tronco, extremidades superiores y extremidades inferiores; para reforzar el aprendizaje de las partes del cuerpo con puzles o mecánicas de asociación. Introducción al cuerpo humano incluye un único nivel de juego para los más pequeños.

INTELIGENCIA	CONTENIDO RELACIONADO	IDIOMAS
Naturalista	Memoria Vocabulario Introducción a las partes del cuerpo	

1. ASPECTOS GENERALES DE USO



Actividades: pulsa sobre la lupa en las partes del cuerpo que quieras aprender y realiza los juegos correspondientes.

Quiz: comprueba lo aprendido.

2. USO EDUCATIVO: IDEAS PARA EL AULA

El juego es un momento especial en el desarrollo del niño, por ello consideramos muy importante ofrecerles el placer de jugar de manera divertida a la vez que potenciamos su aprendizaje. En primer lugar te sugerimos personalizar la experiencia de aprendizaje gracias a la selección de un nivel de juego, un modo de juego y un formato para la suma. Una vez hecho esto, ya puedes empezar a jugar. Para finalizar, revisa tus respuestas y fíjate en lo que has fallado.

¿En qué momento es recomendable usar este juego?

- Apoyo para trabajar contenidos relacionados con las partes del cuerpo humano.
- Actividad de descanso y entretenimiento entre actividades que exijan mayor esfuerzo.
- Como actividad extraescolar.
- En momento de recreo y diversión.

Completa esta actividad con nuestros vídeos



Español



Inglés

Consejo educativo

"Las partes de tu cuerpo" es un recurso ideal para trabajar las partes del cuerpo con los más pequeños de forma divertida.





SISTEMAS DEL CUERPO

GUÍA DIDÁCTICA

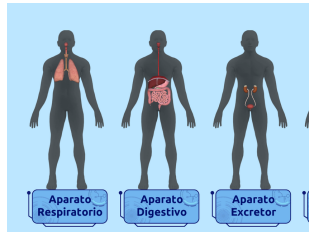
"Sistemas del cuerpo humano" es un juego interactivo para identificar y conocer las funciones vitales de los sistemas del cuerpo humano; así como, la relación entre ellos. El juego incluye animaciones en cada sistema para visualizar la función. Además de un quiz de preguntas para poner a prueba el aprendizaje de cada sistema.

INTELIGENCIAS	CONTENIDO RELACIONADO	IDIOMAS
Naturalista Viso-espacial	Cuerpo humano Funciones vitales Ciencias naturales	

1. ASPECTOS GENERALES DE USO

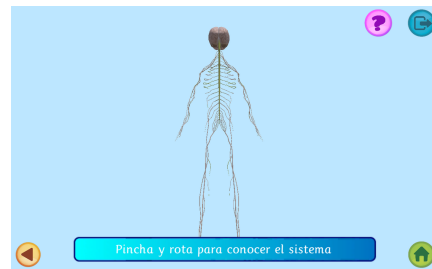
Selecciona el nivel del juego:

- **Intermedio:** recomendado para niños de 6 a 9 años.
- **Maestro:** recomendado para niños de 9 a 12 años.

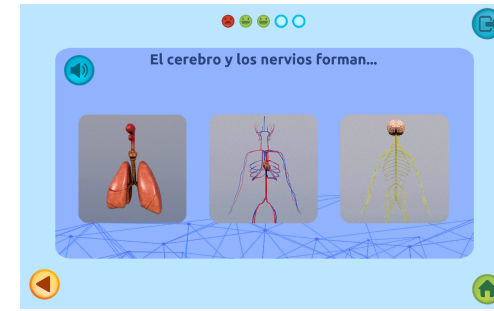


- Aparato respiratorio.
- Aparato digestivo.
- Aparato excretor.
- Sistema circulatorio.
- Sistema nervioso.
- Sistema óseo.
- Sistema muscular.

Aprende la función del sistema con los textos y la interacción con el sistema 3D, así como su relación con otros sistemas:



Haz el quiz para comprobar lo aprendido:



2. USO EDUCATIVO: IDEAS PARA EL AULA

El juego es un momento especial en el desarrollo del niño, por ello consideramos muy importante ofrecerles el placer de jugar de manera divertida a la vez que potenciamos su aprendizaje. En primer lugar, te sugerimos personalizar la experiencia de aprendizaje gracias a la selección de un nivel de juego. Una vez hecho esto, ya puedes empezar a jugar. Para finalizar, revisa tus respuestas y fíjate en lo que has fallado.

¿En qué momento es recomendable usarlo?

- Apoyo para trabajar contenidos relacionados con las funciones de los sistemas del cuerpo humano y con las partes que los componen.
- Actividad de descanso y entretenimiento entre actividades que exijan mayor esfuerzo.
- Actividad grupal de aula, por ejemplo, como proyecto científico del cuerpo humano.
- Como actividad extraescolar.
- En momento de recreo y diversión.

Completa esta actividad con nuestros vídeos



Español



Inglés

Consejo educativo

"Sistemas del cuerpo" es un recurso ideal para trabajar el cuerpo humano de forma intuitiva y divertida. Las representaciones en 3D de los sistemas ayudará a los más pequeños a aprender y asociar las diferentes partes del cuerpo.






SUMAS

GUÍA DIDÁCTICA

"Sumas", en la colección de cálculo adaptativo, es un juego interactivo para poner en práctica las habilidades de cálculo mental. En este juego se pueden resolver operaciones con sumas que irán incrementando su dificultad según los avances y las habilidades de cálculo del jugador. Las operaciones se adaptan a su nivel de aprendizaje mientras que se le reta a superarse

INTELIGENCIA	CONTENIDO RELACIONADO	IDIOMAS
Lógico-matemática	Cálculo Agilidad mental	

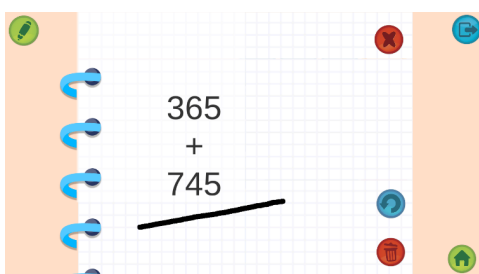
1. ASPECTOS GENERALES DE USO



Elige la disposición de la operación

Horizontal o vertical:

Resuelve las operaciones en rondas de cinco preguntas para subir de nivel.

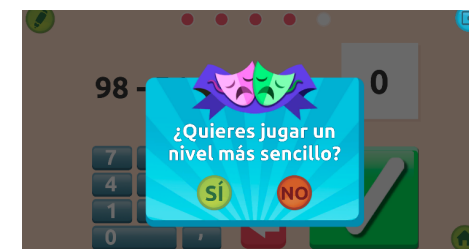


Sistema de puntuación:

- Subirás de nivel si aciertas el 80% de 10 preguntas.
- Si fallas varias veces (40% de 10 preguntas), te preguntará si quieres jugar a un nivel más sencillo para adaptarse al nivel del jugador.
- Cada vez que realices una ronda de cinco preguntas se mostrará tu progreso y podrás consultar los errores y aciertos que has tenido.

Niveles que encontrarás en sumas:

- Sumas números entre 1 y 8, operaciones con dos números naturales, resultado menor de 10.
- Sumas números de 1 a 10, operaciones con dos números naturales.
- Sumas números de 1 a 10, operaciones de 3 a 4 números naturales.
- Sumas números entre 1 y 25, operaciones de 2 números naturales, con resultado menor que 50.
- Sumas sin llevadas números entre 1 y 100, operaciones con dos números naturales.
- Sumas con llevadas números menores de 100, operaciones con dos números naturales.
- Sumas sin llevadas números menores de 100, operaciones de tres y cuatro números naturales.
- Sumas con llevadas números menores de 100, operaciones de 3 y 4 números naturales.
- Sumas sin llevadas números de 100 a 250, operaciones con 2 números naturales, resultado menor de 500.
- Sumas con llevadas números de 100 a 1000, operaciones con dos números naturales.
- Sumas sin llevadas números de 100 a 1000, operaciones con 3 números naturales.
- Sumas sin llevadas números de 100 a 1000, operaciones con 3 y 4 números naturales.
- Sumas con llevadas números de 100 a 1000, operaciones con 3 y 4 números naturales.



2. USO EDUCATIVO: IDEAS PARA EL AULA

El juego es un momento especial en el desarrollo del niño, por ello consideramos muy importante ofrecerles el placer de jugar de manera divertida a la vez que potenciamos su aprendizaje.

¿En qué momento es recomendable usar esta actividad?

- Apoyo para trabajar contenidos relacionados con las operaciones lógico matemáticas.
- Actividad de descanso y entretenimiento entre actividades que exijan mayor esfuerzo.
- Como actividad extraescolar.
- En momento de recreo y diversión.

Completa esta actividad con nuestros vídeos



Español

Inglés

Consejo educativo

La app "Sumas" de la colección de cálculo adaptativo es un recurso ideal para trabajar los cálculos mentales y afianzar el conocimiento de la suma de forma divertida. ¡Además puedes ver como progresas!



ANEXO III:
CARTA DE ACEPTACIÓN DEL ARTÍCULO DE
ANALES DE PSICOLOGÍA

© Copyright: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia (España)

Revista científica de Psicología
Periodicidad cuatrimestral (un volumen anual con tres números en enero, mayo y octubre).
Sistema estandarizado de revisión científica externa de originales

anales de psicología se encuentra en los siguientes **repertorios de factor de impacto**:

- JCR (*Journal Citation Reports*):
Factor de impacto 2018 (jun 2019): **0.903**
Ranking: 103 de 137, Q3 (en *Psychology-Multi-disciplinary*)
- SJR (*Scimago Journal Rank*, de Elsevier).
Factor de impacto 2018 (jun 2019): **0.378 (Q3)**
- *Google Scholar Metrics* 2018: n° 3 de todas las revistas científicas en español, según citas.
- Índice h en *Google Scholar Metrics* 2014-2018: n° 1 de 58 revistas científicas españolas, según citas.

Principales repertorios de índices/sumarios y bases de datos en que se encuentra indexada:

- SSCI (*Social Sciences Citation Index*), SCIEXP (*Science Citation Index Expanded*), Web of Knowledge, Web of Science (todas de ISI Thomson Reuters)
- SCOPUS (de Elsevier)
- PsycInfo database, Psychological Abstracts y PsycLit (de A.P.A., American Psychological Ass., Washington, U.S.A.)
- Índice Español de Ciencias Sociales A: Psicología y Educación (CINDOC, CSIC, Madrid),
- Scielo
- PSICODOC (CoL. Ofic. Psicólogos, España).
- Anuario de Psicología Clínica producida en lengua española (Madrid),
- Ulrich's International Periodicals Directory
- PIO (Periodical Index Online)
- En la web (open Access): Open Science Directroy (EBSCO), DOAJ, SCIRUS, Psycline, PsychSpider, Google Scholar, Dialnet, e-REVISTAS, Recolecta, RedAlyc

Principales índices de calidad editorial y sistemas de evaluación de revistas:

- ERIH (European Reference Index for the Humanities, de la European Science Foundation)
- Evaluación FECYT-RECYT (Madrid): Sello de excelencia, edición 2019
- N° 1 en Ranking FECYT 2019 de revistas científicas con sello de calidad
- Criterios Latindex
- Criterios CNEAI
- DICE (Difusión y Calidad Editorial de las Revistas Españolas de Humanidades y Ciencias Sociales y Jurídicas; CSIC, CINDOC, ANECA)
- RESH (Revistas Españolas de Ciencias Sociales y Humanas: Valoración integrada; IEDCYT-CSIC)
- MIAR (Matriu d'informació per a l'avaluació de Revistes. Base de datos con la que se obtiene el ICDS)

DIRECCIONES:

Envío y recepción de originales:
Director de "Anales de Psicología"
Facultad de Psicología,
Universidad de Murcia (Campus de Espinardo)
Aptdo. 4021, 30080 Murcia (España)
Tlf.: 868883483
Correo electrónico: analesps@um.es

Solicitud de canje con otras revistas:
Servicio de Intercambio Científico.
Universidad de Murcia
Biblioteca General (Campus de Espinardo)
Aptdo. 4021, 30080 Murcia (España).
Correo electrónico: mdem@um.es

Internet, dirección World Wide Web:
<http://revistas.um.es/analesps/>

DATOS DEL ARTÍCULO:

Título: "Relaciones de la motivación con la metacognición y el desempeño en el rendimiento cognitivo en estudiantes de educación primaria".

Autores: Natalia Lara Nieto-Márquez

CÓDIGO: 383941

Recibido: 15/06/2019

Asunto: ACEPTACIÓN DEL ARTÍCULO

Agustín Romero Medina
Director de **anales de psicología**
Facultad de Psicología, Universidad de Murcia
Aptdo. 4021, 30080 Murcia
Tlf.: 868 883483, Fax: 868 884115
E mail: analesps@um.es

Murcia, a 4 de abril de 2020

Estimado compañero:

Por la presente, te comunico que, con fecha de hoy, el artículo enviado a **anales de psicología** cuyos datos son los mencionados más arriba, **ha sido aceptado** para su publicación en esta revista. La separata del artículo la obtendrás en formato pdf en la página web de la revista (<http://revistas.um.es/analesps/>) en cuanto sea publicado en el número correspondiente.

Gracias por tu colaboración y espero que sigas contando con esta revista para publicar tus trabajos.

Recibe un cordial saludo,



