

Alejandro Quintás Hijós

Análisis de la aplicabilidad y
utilidad del exergame y la
gamificación en Educación
Primaria:
diseño e implementación desde la
perspectiva de innovación
educativa interdisciplinar

Director/es

Bustamante, Juan Carlos
Pradas de la Fuente, Francisco

<http://zaguan.unizar.es/collection/Tesis>

© Universidad de Zaragoza
Servicio de Publicaciones

ISSN 2254-7606



Universidad
Zaragoza

Tesis Doctoral

ANÁLISIS DE LA APLICABILIDAD Y UTILIDAD DEL
EXERGAME Y LA GAMIFICACIÓN EN EDUCACIÓN
PRIMARIA:
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DESDE LA
PERSPECTIVA DE INNOVACIÓN EDUCATIVA
INTERDISCIPLINAR

Autor

Alejandro Quintás Hijós

Director/es

Bustamante, Juan Carlos
Pradas de la Fuente, Francisco

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Escuela de Doctorado

Programa de Doctorado en Educación

2020

Tesis Doctoral

Análisis de la aplicabilidad y utilidad del exergame y la gamificación en Educación Primaria: diseño e implementación desde la perspectiva de innovación educativa interdisciplinar

Analysis of the applicability and usefulness of the exergame and gamification in Primary Education: design and implementation from the perspective of interdisciplinary educational innovation

Autor

Alejandro Quintas Hijós

Directores

Dr. D. Juan Carlos Bustamante

Dr. D. Francisco Pradas de la Fuente

Dr. D. Carlos Castellar Otín

Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación

Universidad de Zaragoza

Programa de Doctorado en Educación

2020

«Nuestros primeros maestros de filosofía son nuestros pies, nuestras manos, nuestros ojos. Sustituir por libros todo esto no es enseñarnos a razonar, es enseñarnos a servirnos de la razón de otros; es enseñarnos a creer mucho, y a no saber nunca nada»

Jean-Jacques Rousseau (1997, p. 177)

«¡Y demos por perdido el día en que no hayamos bailado al menos una vez! ¡Y sea falsa para nosotros toda verdad en la que no haya habido una carcajada!»

Friedrich Nietzsche (2011, p. 211)

«Si procediéramos a revisar las bibliotecas convencidos de estos principios [...] preguntemos: ¿Contiene algún razonamiento abstracto sobre la cantidad y el número?»

No. ¿Contiene algún razonamiento experimental acerca de cuestiones de hecho o existencia? No. Tírese entonces a las llamas, pues no puede contener más que sofistería e ilusión»

David Hume (1988, p. 192)

«La psicología es una rama de la física»

Rudolf Carnap (1965, p. 203)

Índice

Agradecimientos	8
Cuestiones preliminares	9
Nota sobre la escritura de la tesis.....	9
Lista de abreviaturas	10
Lista de figuras.....	11
Lista de tablas	13
Resumen de la tesis.....	14
Sommario della tesi	16
Thesis abstract.....	18
JUSTIFICACIÓN	20
1. MARCO TEÓRICO	24
1.1. La innovación educativa	24
1.1.1. La interdisciplinariedad en educación	28
1.1.1.1. Didáctica de la educación física en primaria	30
1.1.1.2. Didáctica de la educación musical en primaria	34
1.1.2. Tecnología y didáctica en la sociedad actual.....	38
1.1.2.1. Tecnologías de la Información y la Comunicación.	38
1.1.2.2. La didáctica en la Sociedad de la Información y el Conocimiento. .	40
1.2. La gamificación	46
1.2.1. El concepto de gamificación.....	46
1.2.2. Fundamentos psicocientíficos y educativos de la gamificación	48
1.2.3. Las arquitecturas de la gamificación	53
1.2.4. Estudios sobre gamificación y educación.....	57
1.3. El exergame	61
1.3.1. El concepto de exergame	61
1.3.2. El exergame como juego digital	65
1.3.3. El exergame <i>Just Dance Now</i> como material educativo.....	67
1.3.4. Estudios sobre exergames y educación.....	73
1.4. La neuroeducación.....	76

1.4.1. De la psicología de la educación a la neurociencia	76
1.4.2. De la neurociencia a la neuroeducación	78
1.4.3. Neuroeducación y juego	80
1.4.4. Neuroeducación y motricidad.....	82
2. MARCO EXPERIMENTAL	89
2.1. Planteamiento de la investigación.....	89
2.1.1. Principios filosóficos sobre la ciencia	89
2.1.2. Concreción del problema de investigación.....	92
2.1.3. Planteamiento metodológico de la investigación.....	95
2.1.3.1. Diseño de investigación científica.	95
2.1.3.2. Diseño de la intervención educativa.	101
2.2. Objetivos e hipótesis.....	111
2.3. Estudios parciales	114
2.3.1. ESTUDIO 1: análisis de la aplicabilidad y utilidad.....	115
2.3.1.1. Abstract.....	115
2.3.1.2. Introduction.....	115
2.3.1.3. Study Design.....	118
2.3.1.4. Participants.....	118
2.3.1.5. Ethics	119
2.3.1.6. Intervention and Materials	119
2.3.1.7. Data collection procedure	123
2.3.1.8. Analyses.....	125
2.3.1.9. Results and Discussion	125
2.3.1.10. Conclusions.....	141
2.3.1.11. Strengths and limitations	142
2.3.1.12. Acknowledgments	143
2.3.1.13. References.....	143
2.3.1.14. Supporting information.....	149
2.3.2. ESTUDIO 2: análisis de efectos psicológicos	156
2.3.2.1. Introduction.....	156
2.3.2.2. Theoretical Framework.....	157
2.3.2.3. Method	162
2.3.2.4. Results.....	173
2.3.2.5. Discussion.....	175
2.3.2.6. Practical implications and highlights	178
2.3.2.7. Research limitations and future research directions	179
2.3.2.8. Conclusion	179

2.3.2.9. References.....	180
2.3.3. ESTUDIO 3: análisis de la promoción del ejercicio físico.....	187
2.3.3.1. Abstract.....	187
2.3.3.2. Introduction.....	187
2.3.3.3. Material and method	189
2.3.3.4. Statistical analyses	193
2.3.3.5. Results.....	194
2.3.3.6. Discussion.....	196
2.3.3.7. References.....	197
2.3.4. ESTUDIO 4: análisis de efectos neurofuncionales.....	201
2.3.4.1. Abstract.....	201
2.3.4.2. Introduction.....	201
2.3.4.3. Methods	203
2.3.4.4. Results.....	206
2.3.4.5. Discussion.....	209
2.3.4.5. Bibliographic references	211
3. DISCUSIÓN	215
4. CONCLUSIONES	221
4. Conclusioni	224
4. Conclusions.....	227
5. LÍMITES DEL ESTUDIO Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	230
6. APOYO INSTITUCIONAL A LA INVESTIGACIÓN.....	231
7. MARCO DE TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN ..	232
7.1. Comunicación en eventos científicos	232
7.2. Comunicación en publicaciones científicas	233
7.3. Comunicación a la sociedad	234
7.4. Transferencia a los centros escolares participantes	235
7.5. Transferencia a la didáctica universitaria.	235
7.6. Reconocimientos y premios académicos de la tesis doctoral	236
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	238
Anexo 1. Definiciones de la investigación	271
Anexo 2. Dictamen del Comité de Ética.....	274
Anexo 3. Informe final divulgativo sobre la investigación	275
Anexo 4. Infografía de divulgación para los centros educativos	276

Agradecimientos

El ambiente de un investigador es clave para la tarea que debe desempeñar, hasta el punto de que puede favorecer el éxito, o dificultarlo. Por ello, querría:

Agradecer a mi familia, especialmente a mi mujer Lorena, a mis padres Nieves y Ramón, a mis hermanos Jacobo y Nieves, y a mi compañero Cosi, todo el sustento emocional, el afecto, el amor, la bondad y la comprensión.

Agradecer a los directores de la tesis el apoyo académico; al Dr. Juan Carlos Bustamante por su dedicación y orientación científica e investigadora de altísimo rigor; al Dr. Carlos Castellar Otín por su perspectiva y acceso al mundo escolar; al Dr. Francisco Pradas de la Fuente por su visión internacional del mundo de la investigación.

Agradecer a los 418 niños y niñas de educación primaria que han participado en esta investigación, a los cuales podría nombrar uno a uno, y con los que he compartido más de un mes de clase.

Agradecer a los 8 maestros y maestras de educación física o musical partícipes en este estudio, que han abierto sus aulas de forma altruista, así como a los Equipos Directivos de todos los colegios participantes.

Agradecer al Dr. Carlos Peñarrubia Lozano y la Dra. Sara Lo Jacono por su predisposición y apoyo a esta investigación y a mi formación personal.

Agradecer a todos los miembros del grupo de investigación italiano CREMIT por trasmitirme un enorme conocimiento, experiencias sobre la educación y la tecnología, y una forma increíble de saber estar y trabajar en equipo.

Agradecer el apoyo académico e institucional a esta tesis doctoral a la Dra. Marisol Cipagauta Moyano de la Universidad UNIMINUTO de Colombia, a la Dra. Ivonne Candissi Harvey López de la Universidad de Ciencia y Tecnología de Panamá, a la Dra. Mar Cepero López de la Universidad de Granada, al Dr. Arturo Díaz Suárez de la Universidad de Murcia y a la Doctora María Luisa Zagalaz Sánchez de la Universidad de Jaén.

Agradecer al Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de España por confiar en mí y en mi proyecto de investigación y darme apoyo económico e institucional.

Agradecer a la Red Eules de la Universidad de Zaragoza por toda la inspiración y soporte con su actividad e iniciativa sobre innovación e investigación educativa.

Agradecer al Equipo Decanal de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación, así como a toda la Junta de la Facultad que se ha implicado en la búsqueda activa de soluciones para conseguir espacios adecuados para ejercer la investigación y el estudio.

Agradecer al personal de administración y servicios de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación, especialmente al personal de biblioteca, conserjería y limpieza con los cuales coincido en el día a día, por favorecer la labor investigadora.

Cuestiones preliminares

Nota sobre la escritura de la tesis

En el presente texto se ha optado por un uso económico de la lengua, utilizando en la medida de lo posible palabras que refieran a conjuntos de personas, como «alumnado» y «profesorado». Sin embargo, dado que no siempre ha sido posible, se ha optado por el uso de un solo género de la palabra —por ejemplo: «el participante»—, pero con la intención en la escritura de ser lo más incluyente posible. Cuando se necesite referir específicamente a varones o a mujeres, se especificará o se reflejará en el contexto de la escritura.

Lista de abreviaturas

AGT: Achievement Goal Theory

BPN: Basic Psychological Needs

deoxy-Hb: deoxygenated Hemoglobin

EF: Educación Física

EM: Educación Musical

INE: Instituto Nacional de Estadística

fNIRS: Functional Near-Infrared Spectroscopy

JDN: Just Dance Now

MDA: Mechanics-Dynamics-Aesthetics

oxy-Hb: oxygenated hemoglobin

PBL: Point-Badges-Leaderboards

PE: Physical Education

PEX: Physical Exercise

PMC: Perceived Motor Competence

SIC: Sociedad de la Información y del Conocimiento

SDT: Self-Determination Theory

SMA: Supplementary Motor Area

TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación

Lista de figuras

Índice de Figuras

Figura 1. Equilibrio entre habilidad y reto para alcanzar el estado de Flow. Adaptado de Csíkszentmihályi (1990, p. 74).....	51
Figura 2. Tendencia de búsqueda en Google del término «gamification learning» .	57
Figura 3. Cantidad de publicaciones sobre gamificación por áreas de investigación hasta el 2019.	58
Figura 4. Marco de referencia lógica del exergame y el videojuego activo. Extraído de Quintas (2019a, p. 4).	63
Figura 5. Interfaz principal del exergame JDN.....	71
Figura 6. Interfaz del mando-smartphone en un momento de baile y de pausa.	72
Figura 7. Imagen final tras haber realizado un baile en el JDN.....	72
Figura 8. Cantidad de publicaciones sobre exergaming por áreas de investigación hasta el 2019.	73
Figura 9. Diagrama de Venn de la educación, la neurociencia y la psicología.	79
Figura 10. Diferentes áreas de la corteza cerebral.	85
Figura 11. Montaje del SMA en el sistema NIRScout. Extraído de http://support.nirx.de	101
Figura 12. Diseño metodológico del estudio respecto a los programas educativos diseñados y aplicados.	105
Figura 13. Fundamentos científicos y educativos de la intervención de la tesis doctoral.	110
Figure. 14. Screenshot of the individual and comparative badges received by students through ClassDojo.	122
Figure. 15. Screenshot of each student’s personalized avatars with the total points of the ClassDojo application.	122
Figure. 16. Partial screen of the gamifier board.	123
Figure. 17. Control group dancing salsa without exergame or gamification.....	165
Figure. 18. Experimental group dancing level 1 «Rasputin» with smartphones in hand	165
Figure 19. Screenshot of the individual and comparative badges received by students through ClassDojo	168
Figura 20. Screenshot of each students’ personalised avatars with the total points in the ClassDojo application.....	169
Figure 21. Gamifier board (only with the blue team).....	169
Figure 22. Example of a student inputting his dance points into the gamifier board	170

Figura 23. Control group dancing a traditional dance without exergame or gamification.....	191
Figura 24. Experimental group dancing JDN with smartphones held in their hands	191
Figura 25. Interaction effect on enjoyment.....	195
Figura 26. Interaction effect on attitude toward exergames	195
Figure 27. Between-groups and within-group differences in the SMA oxy-Hb concentration level under the in-phase condition for acquisition time.....	207
Figure 28. Negative correlation between change in the SMA oxy-Hb concentration level due to intervention (in the in-phase condition) and the obtained rhythm score ($p = 0.014$).....	208
Figura 29. Correlational analysis between change in the SMA oxy-Hb concentration level due to intervention (in the In-phase condition) and the obtained concatenation score ($p = 0.08$).....	208
Figura 30. Transferencia de EF en la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación (Huesca).....	236
Figura 31. Transferencia en EM realizada en la Facultad de Educación (Zaragoza).	236
Figura 32. Comunicación en el I Premio Santander a Proyectos de Tesis Doctorales	236
Figura 33. Comunicación realizada en el concurso Tesis 3 Minutos en representación de la Universidad de Zaragoza.	237

Lista de tablas

Índice de Tablas

Tabla 1. El continuo de la autodeterminación mostrando los tipos de motivación con sus regulaciones y lugares de percibidos de causalidad. Adaptado de Ryan y Deci (2000, p. 72).....	49
Tabla 2. Arquitectura MDA para la gamificación en el ámbito educativo (Quintas, 2019c).....	57
Tabla 3. Datos descriptivos de la muestra (n) de alumnado, diferenciando según sexo, intervención y curso.....	96
Tabla 4. Variables dependientes e instrumentos de medida desde la metodología cuantitativa.	99
Tabla 5. Información descriptiva sobre el uso de instrumentos y técnicas de recogida de datos.....	99
Tabla 6. Bailes elegidos del JDN para el programa experimental.....	102
Tabla 7. Diseño gamificador de la innovación educativa (tratamiento experimental).	103
Tabla 8. Programas educativos de doce sesiones del tratamiento experimental y control.....	105
Tabla 9. Esquema de la programación curricular del programa educativo experimental.	106
Tabla 10. Criterios de evaluación, estándares de aprendizaje e indicadores de logro de los programas educativos.....	107
Table 11. Gamified didactic design.....	120
Table 12. Information about the qualitative measures.....	124
Table 13. Information about participant selection.	124
Table 14. Descriptive analysis of the focus groups and interviews with students...	126
Table 15. Descriptive analysis of the interviews with teachers.....	126
Tabla 16. Advanced descriptive analysis on the interviews of the teachers.....	153
Tabla 17. Descriptive analysis on the focus groups and interviews of the students, differentiating between groups.	155
Table 18. Descriptive data of the sample (n) regarding gender, class and treatment.	163
Table 19. Descriptive data on the variables of interest.....	172
Table 20. Descriptive data of the sample (n) on gender, class and treatment	190
Table 21. Descriptive data in the variables of interest: mean and standard deviation (sample size).....	194
Tabla 22. Performance data related to rhythm and concatenation (the scale ranged from 1 [worst quality of execution] to 5 [best quality of execution])	206

Resumen de la tesis

En la sociedad de la información y el conocimiento se están generando cada vez más rápido nuevos productos tecnológicos de la información y la comunicación, con posible aplicabilidad al sistema educativo. Ello requiere investigaciones que fundamenten y estudien en qué medida estos nuevos fenómenos tecnológicos pueden afectar a los planteamientos educativos, tanto a los métodos didácticos, como a los nuevos contenidos o materiales educativos. Se hace necesario analizar y estudiar en qué medida las innovaciones educativas que se proponen y aplican en la actualidad son adecuadas realmente para el ámbito de la educación.

El objetivo de esta tesis doctoral ha sido conocer si la gamificación educativa como método didáctico y el exergame como material educativo son (o no) fenómenos útiles y aplicables desde la perspectiva educativa, añadiendo pruebas empíricas de tipo motriz, psicológico y neurofuncional mediante un experimento natural basado en el diseño e implementación de una intervención interdisciplinar de educación física y educación musical en el contexto escolar de primaria. La intervención educativa diseñada ha consistido en una innovación educativa basada en la arquitectura de gamificación «Mecánica-Dinámica-Estética» y en el exergame «Just Dance Now». Para conseguir el objetivo se han realizado cuatro estudios científicos basados en la misma innovación educativa implementada, desarrollados cada uno con diferentes metodologías, técnicas y variables.

El primer estudio ha analizado de forma mixta cuantitativa-cualitativa la utilidad y aplicabilidad mediante el análisis de las consideraciones del alumnado y el profesorado participante respecto a los facilitadores, barreras y efectos de la intervención educativa, hallando que esta produce en el alumnado más diversión, más motivación, mayor afinidad por el baile, menor sentimiento de vergüenza hacia el baile, más inspiración y creatividad, más autonomía en el aprendizaje, y concienciación del exergame Just Dance Now como posibilidad de ocio digital alternativo. Por otro lado, ha permitido concluir que esta innovación educativa no ayuda a promocionar el trabajo en equipo en mayor medida que la enseñanza tradicional, y que no promueve el hábito de ejercicio físico en todo el alumnado, dado que depende de las preferencias y los hábitos previos especialmente asociados a los videojuegos y el ejercicio físico tradicional.

El segundo estudio ha indagado de forma cuantitativa la utilidad de la intervención educativa mediante el análisis de efectos psicológicos en la motivación autodeterminada, el estado de flow, las necesidades psicológicas básicas, el compromiso hacia el aprendizaje, y el análisis de efectos psicomotrices en el ritmo, hallando que, respecto a una intervención educativa tradicional, aumenta en el alumnado la motivación intrínseca, reduce la regulación externa, aumenta la transformación en la percepción tiempo, potencia la experiencia autotélica, mejora las necesidades psicológicas básicas en conjunto, mejora la percepción de relaciones sociales, y aumenta el rendimiento académico asociado al ritmo corporal-musical y asociado al

compromiso y comportamiento hacia el aprendizaje. También este estudio ha permitido concluir que la la intervención educativa innovadora no difiere respecto a una intervención educativa tradicional la desmotivación, el estado de *flow* disposicional, la percepción de autonomía y la percepción de competencia.

El tercer estudio ha indagado de forma cuantitativa su utilidad mediante un análisis de efectos psicológicos asociados a la promoción del hábito de ejercicio físico, en comparación con la didáctica tradicional. Este estudio permite afirmar que la gamificación «Mecánica-Dinámica-Estética» y el exergame Just Dance Now generan más diversión durante las clases, más actitud positiva hacia los exergames y más intención de uso hacia los mismos, pero no genera directamente más intención hacia realizar ejercicio físico de forma tradicional (sin exergame), ni más motivación de logro.

En conjunto, los cuatro estudios de la tesis doctoral han permitido dar luz científica y poner a prueba las altas expectativas que se conceden actualmente al potencial educativo de la gamificación y los exergames, aportando una visión mucho más prudente y escéptica respecto a las mismas. En este sentido, una innovación educativa para educación primaria que contemple la gamificación «Mecánica-Dinámica-Estética» como método educativo y el exergame «Just Dance Now» como herramienta es parcialmente aplicable en la actualidad, y solo más útil respecto a un programa educativo tradicional en algunas de las variables psicológicas, motrices y neurofuncionales contempladas, siendo indistinta en tantas otras. Por ello, se hacen necesarios nuevos estudios rigurosos que continúen avanzando en el conocimiento didáctico de las innovaciones educativas aplicadas en educación primaria.

Sommario della tesi

Nella società dell'informazione e della conoscenza, i nuovi prodotti della tecnologia dell'informazione e della comunicazione vengono generati sempre più velocemente, con possibile applicabilità al sistema educativo. Ciò richiede la ricerca per supportare e studiare in che misura questi nuovi fenomeni tecnologici possono influenzare gli approcci educativi, sia i metodi di insegnamento che i nuovi contenuti o materiali educativi. È necessario analizzare e studiare fino a che punto le innovazioni educative attualmente proposte e applicate siano realmente adatte al campo dell'educazione.

L'obiettivo di questa tesi di dottorato è stato quello di scoprire se la gamification educativa come metodo didattico e l'exergame come materiale educativo sono (o non sono) utili e applicabili dal punto di vista educativo, attraverso test empirici di tipo motorio, psicologico e neurofunzionale condotti all'interno di un esperimento naturale basato sulla progettazione e realizzazione di un intervento interdisciplinare di educazione corporea ed educazione musicale nel contesto della scuola primaria. L'intervento educativo innovativo ha incluso l'architettura della gamification «Mechanical-Dynamic-Aesthetic» e ha utilizzato l'exergame «Just Dance Now». Per raggiungere l'obiettivo sono stati realizzati quattro studi scientifici basati sullo stesso intervento educativo, ciascuno sviluppato con metodologie, tecniche e variabili differenti.

Il primo studio ha analizzato in modo misto quantitativo-qualitativo l'utilità e l'applicabilità dell'intervento educativo, attraverso l'analisi delle considerazioni degli studenti e dei docenti partecipanti, dei facilitatori, delle barriere e degli effetti dell'innovazione educativa, trovando che questa innovazione educativa produce negli studenti più divertimento, più motivazione, maggiore affinità per la danza, meno senso di vergogna nei confronti del ballo, più ispirazione e creatività, più autonomia nell'apprendimento e consapevolezza dell'esperienza Just Dance Now come possibilità di intrattenimento digitale alternativo. D'altra parte, ha permesso di concludere che questa innovazione educativa non aiuta a promuovere il lavoro in misura maggiore rispetto all'insegnamento tradizionale, e che non promuove l'abitudine all'esercizio fisico in tutti gli studenti, poiché dipende dalle preferenze e dalle abitudini precedenti soprattutto associate ai videogiochi e all'esercizio fisico tradizionale.

Il secondo studio ha indagato quantitativamente la utilità dell'intervento educativo attraverso l'analisi degli effetti psicologici sulla motivazione autodeterminata, lo stato del flow, i bisogni psicologici di base, l'impegno all'apprendimento e l'analisi degli effetti psicomotori sul ritmo, scoprendo che, rispetto a un programma educativo tradizionale, quello proposto aumenta la motivazione intrinseca negli studenti, riduce la regolazione esterna, aumenta la trasformazione nella percezione del tempo, migliora l'esperienza autotelica, migliora i bisogni psicologici di base generali, migliora la percezione delle relazioni sociali e aumenta il rendimento scolastico associato al ritmo corporeo-musicale e all'impegno e al comportamento verso l'apprendimento. Questo

studio ha anche permesso di concludere che la demotivazione, lo stato del flusso disposizionale, la percezione dell'autonomia e la percezione della competenza non differiscono da quelli che si rilevano all'interno di un intervento educativo tradizionale.

Il terzo studio ha analizzato quantitativamente l'utilità della gamification attraverso un'analisi degli effetti psicologici associati alla promozione dell'abitudine all'esercizio fisico, in comparazione con la didattica tradizionale. Questo studio ci permette di affermare che la ludicizzazione «Meccanica-Dinamica-Estetica» e l'exergame Just Dance Now generano più divertimento durante le lezioni, un atteggiamento più positivo nei confronti degli exergames e una maggiore intenzione di usarli, ma non genera direttamente più intenzione a svolgere esercizio fisico in modo tradizionale (senza exergame), né più motivazione al risultato.

Infine, il quarto studio ha esplorato gli effetti neurofunzionali dell'intervento proposto nei processi di coordinazione motoria. Utilizzando la tecnica della spettroscopia funzionale del vicino infrarosso e coprendo l'area motoria supplementare del cervello, si è concluso che questo intervento educativo innovativo, rispetto a un intervento educativo tradizionale, genera un modello più efficiente di attivazione cerebrale nell'area motoria supplementare, che può influenzare l'esecuzione dei compiti di coordinazione motoria.

Complessivamente, i quattro studi della tesi di dottorato hanno fornito luce scientifica e messo alla prova le alte aspettative che sono attualmente accordate alle potenzialità educative della ludicizzazione e dell'exergame, fornendo una visione molto più cauta e scettica. In questo senso, un'innovazione educativa per l'istruzione primaria che contempla la ludicizzazione «Meccanica-Dinamica-Estetica» come metodo educativo e l'exergame «Just Dance Now» come strumento è attualmente parzialmente applicabile, e più utile rispetto a un programma educativo tradizionale solo in alcune delle variabili psicologiche, motorie e neurofunzionali considerate, che risultano invece indistinte in tante altre. Per questo motivo, sono necessari nuovi studi rigorosi per continuare a far progredire la conoscenza didattica delle innovazioni educative applicate all'istruzione primaria.

Thesis abstract

In the information and knowledge society, new information and communication technology products are being generated faster and faster, with possible applicability to the educational system. This requires research to support and study to what extent these new technological phenomena can affect education, both teaching methods and new educational content or materials. It is necessary to analyze and study to what extent the educational innovations currently proposed and applied are really suitable for the field of education.

The aim of this doctoral thesis has been to determine whether educational gamification as a didactic method and exergame as educational material are (or not) useful and applicable phenomena from the educational perspective. For this purpose motor, psychological and neurofunctional findings have been added through a natural experiment, based on the design and implementation of an interdisciplinary physical and music education intervention in primary school. The educational intervention designed has consisted of an educational innovation based on the gamification architecture «Mechanics-Dynamics-Aesthetics» and the exergame «Just Dance Now». To achieve the objective, four scientific studies have been carried out based on the same educational innovation implemented, each one developed with different methodologies, techniques and variables.

The first study has examined in a mixed quantitative-qualitative way the usefulness and applicability of the innovative intervention by analyzing the considerations of the participating students and teachers regarding the facilitators, barriers and effects of educational intervention. It has been found that this innovative intervention produces in the students more fun, more motivation, greater affinity for dance, less feeling of shame towards dancing, more inspiration and creativity, more autonomy in learning, and awareness of the Just Dance Now exergame as an alternative digital entertainment. On the other hand, this first study has allowed to conclude that this innovative intervention does not promote cooperative work to a greater extent than traditional teaching. Likewise, it does not promote the habit of physical exercise in all students, since it depends on preferences and previous habits especially associated with video games and traditional physical exercise.

The second study has quantitatively investigated the usefulness of innovative intervention through the analysis of psychological effects on self-determined motivation, the state of flow, basic psychological needs, commitment to learning, and the analysis of psychomotor effects on rhythm. It has proved that, compared to a traditional educational intervention, intrinsic motivation increases in students, reduces external regulation, increases transformation in time perception, enhances the autotelic experience, improves overall basic psychological needs, improves perception of social relationships, and increases academic performance associated with body-musical rhythm and associated with commitment and behavior towards learning. This study has

also allowed to conclude that the innovative intervention does not differ from a traditional one as concerns demotivation, the state of dispositional flow, the perception of autonomy and of competence.

The third study has quantitatively researched usefulness of the innovative intervention through an analysis of psychological effects associated with promoting the habit of physical exercise, compared to traditional didactics. This study has allowed us to affirm that Mechanical-Dynamic-Aesthetic gamification and the Just Dance Now exergame generate more fun during classes, more positive attitude towards exergames and more intention to use them. However, it does not directly generate more intention towards performing physical exercise in a traditional way (without exergame), nor more achievement motivation.

Finally, the fourth exploratory study investigated the neurofunctional effects of the proposed intervention in motor coordination processes. Using the near-infrared functional spectroscopy technique and covering the supplementary motor area of the brain, it has been concluded that this innovative educational intervention, compared to a traditional one, generates a more efficient pattern of brain activation in the supplementary motor area, which can affect the execution of motor coordination tasks.

Together, the four studies of the doctoral thesis have proved scientifically and put to the test the high expectations currently granted to the educational potential of gamification and exergames, providing a much more prudent and skeptical view of them. In this sense, an exergaming gamified intervention for primary education, based on Mechanical-Dynamic-Aesthetic and Just Dance Now, is currently partially applicable. It is only more useful with respect to a traditional intervention in some of the psychological, motor and neurofunctional variables contemplated, being indistinct in so many others. Therefore, new rigorous studies are necessary to continue advancing in the didactic knowledge of educational innovations applied in primary education.

JUSTIFICACIÓN

Las tecnologías digitales están integradas en la vida ciudadana, especialmente en el ocio digital de los niños y adolescentes (Marín, 2012, p. 124). El sistema educativo tiene tres opciones: resistir al máximo posible la incorporación de las tecnologías digitales actuales, ceder ante estos recursos e incorporarlos pasivamente al sistema, o tener iniciativa y dejar pasar solo aquellas prácticas y planteamientos con tecnologías digitales que se demuestren adecuadas y pertinentes para la educación escolar. En esta investigación se ha optado por la tercera opción, en concreto, evaluar el exergame y la gamificación como nuevos fenómenos de posible aplicación educativa. En este sentido, se considera necesaria la unión del esfuerzo de investigadores de la educación con los profesores y maestros que ejercen en las distintas etapas y contextos educativos (Meirieu, 2019), para de esta forma conseguir un conocimiento con calidad teórica, práctica y técnica. Actualmente se vive en la sociedad de la información y el conocimiento, por lo que toda información, más aún si está asociada a la tecnología digital, cobra un altísimo interés dado que es el nuevo motor del sistema productivo (Salas, Román, García, & García, 2011, pp. 117-118). La investigación sobre materiales didácticos digitales y basados en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) aplicadas a la educación parece estar en auge (Area, 2020, pp. 19-26) —quizá a la par que el propio avance tecnológico de las mismas—, no obstante se requiere un enfoque crítico y sosegado que establezca el qué, el por qué y el para qué; esto es, plantear objetos de estudio realmente interesantes y relevantes —para dedicar tiempo, esfuerzo y financiación pública— en base a criterios como la actualidad, la innovación, la utilidad individual y social, la contrastación de verdades preestablecidas, o el desarrollo educativo en alguna de sus dimensiones.

Tanto los exergames como la gamificación educativa son fenómenos que existen desde hace muy pocas décadas —tres y una, respectivamente—, por lo que era cuestión de tiempo que se planteara a nivel social y nivel ebinnovacióducativo la pregunta por su incorporación al sistema educativo, valorando tanto las ventajas como las desventajas. Los exergames se presentan como nuevos materiales didácticos que pueden complementar otros recursos utilizados en la didáctica habitual de la Educación Física (EF) y la Educación Musical (EM) (Conde, Rodríguez, & Calvo, 2020). La gamificación, por otro lado, se plantea ontológicamente a otro nivel, no como material sino como método, una estrategia que se muestra como facilitadora de atmósferas o contextos de clase más adecuados a la motivación del alumnado (Mohammad, 2014). Entendiendo que los exergames están gamificados por su propia naturaleza-diseño, estos dos fenómenos resultan compatibles entre sí; pero está por ver si lo son respecto al contexto escolar.

La gamificación ha tenido un gran avance en el mundo empresarial y el marketing, sin embargo, su aplicación al ámbito educativo aún es una práctica emergente (Dicheva, Dichev, Agre, & Angelova, 2015b). Recientes estudios indican que los principales

limitantes de la investigación científica en gamificación se debe a su dominante aplicación en la etapa universitaria y no en etapas educativas obligatorias (Dichev & Dicheva, 2017), la ausencia de diseños comparativos de investigación (cuasiexperimental y experimental) (Hanus & Fox, 2015), y la falta de validez de la recogida de datos (Hamari & Koivisto, 2014).

No obstante, parece existir cierta tendencia actual, como se analizará más detenidamente en esta tesis doctoral, a realizar todo tipo de incorporaciones al sistema educativo sin el debido proceso de reflexión, investigación y evaluación rigurosa (Rivas, Egea, & Prats, 2019). Ello invita pensar y generar nuevo conocimiento sobre este tema, en especial la aplicabilidad y utilidad de la gamificación y el exergame en el ámbito escolar para que, posteriormente, la comunidad educativa pueda valorar con fundamentos su posible incorporación, o no.

Tanto la legislación educativa estatal (Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria), como la aragonesa (Orden de 16 de Junio de 2014 de la Consejera de Educación, Universidad, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo de la Educación Primaria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón) reconocen para la educación física (EF) escolar la labor de desarrollar aspectos motrices, cognitivos, afectivos, motivacionales y axiológicos, tanto a través de contenidos como de métodos educativos. Igualmente, la educación musical (EM) escolar comprende la acción corporal como fuente, instrumento y condición fundamental del conocimiento, refiriéndose al trabajo del cuerpo como medio de interiorización y expresión de los elementos musicales, de conocimiento y conservación del patrimonio cultural musical. Estas dos disciplinas, ninguna de las cuales se considera una de las grandes materias en la actualidad —esto se deduce por su peso curricular—, son estrictamente necesarias para la educación completa e integral de cualquier ciudadano en una sociedad, como ya sabían los pedagogos de la cultura griega clásica. Seguir investigando en estas disciplinas es, por un lado, revalorizarlas y dotarlas de la debida importancia que deben tener en la educación de la sociedad, y por otro, una oportunidad para ampliar sus horizontes teóricos, prácticos y técnicos de forma válida y fiable. Además, se debe apostar por un enfoque interdisciplinar, más aún en la didáctica de la educación primaria, que trascienda las barreras artificiales establecidas entre las áreas de conocimiento y se acerque a un modelo epistemológico más holístico e integral que responda a la verdadera forma de aprender de los neófitos (Mateo, 2019).

La industria del videojuego, derivado de su gran uso y extensión en la población joven, ya ha conseguido movilizar más activos que la música y el cine juntos (Marín, 2012). Aunque ello es compatible con el ocio cinematográfico y musical dado que, según el Instituto Nacional de Estadística de España, entre aquellos que suelen utilizar videojuegos es mucho más frecuente la asistencia al cine y la afición por la música o la lectura (INE, 2019a). Se considera necesario contribuir a un conocer cómo y en qué

medida se puede asociar la creciente realidad lúdico-digital con el sistema educativo en general, y con la EF y EM en particular.

La escuela ha pasado a ser solo uno de los posibles entornos de aprendizaje válidos —aunque sea el más institucionalizado—, de tantos otros que existen en la actualidad (Aguerrondo, 2019, p. 111). Dado el gran uso de los videojuegos en el tiempo de ocio de los niños de 10 a 14 años (INE, 2019a, p. 541), y la posibilidad de ser los videojuegos un entorno más de aprendizaje (Gee, 2003), parece compatible introducir los juegos digitales como un material más en la escuela para su adecuada evaluación, para evitar su aislamiento institucional y su aferramiento a los métodos tradicionales (Aguerrondo, 2019).

Los exergames han sido muy estudiados desde las áreas de ciencias del deporte, fisiología, biomedicina y terapias de rehabilitación física. No obstante, son muchos menos los estudios que inciden en la dimensión psicológica y neurofuncional del alumnado escolar, así como su visión pedagógica.

Específicamente, el *Just Dance Now* es un exergame de acción que permite iniciarse en el aprendizaje del baile de forma más educativa en tanto que presenta múltiples elementos en su estructura que favorecen el aprendizaje (*feedbacks*, visualización, avatar-modelo, etc.). Se hace relevante investigar sobre este exergame por su éxito comercial en la población joven a nivel mundial, así como por no ser desconocido en múltiples iniciativas científicas (Allsop, Rumbold, Debuse, & Dodd-Reynolds, 2013; Andrade, Correia, Cruz, & Bevilacqua, 2019a; Gao, Lee, Pope, & Zhang, 2016; Li & Lwin, 2016; Lin, 2015; Nyberg & Meckbach, 2017; Thin, Brown, & Meenan, 2013). De las escasos estudios basados en intervenciones reales, la mayoría se realizan en contextos universitarios o con adultos, por lo que resulta de interés desarrollar más estudios sobre exergames, en concreto el *Just Dance Now*, en ámbitos educativos de educación primaria (Lin, 2015). La gran ventaja de realizar investigaciones educativas centradas en este material didáctico es que superan varias de las limitaciones de los clásicos videojuegos y exergames, como son la necesidad de gran apartaje electrónico, el alto coste económico y el reducido número de jugadores que permite incluir. El *Just Dance Now* es más cómodo de aplicar en los colegios españoles en tanto que se basa en tecnología disponible ya en la mayoría de ellos: ordenador, cañón proyector, salida de audio e internet.

La psicología y sociología ya tienen 150 años de recorrido en el hallazgo de la naturaleza individual y social del ser humano, sin embargo, es necesario complementar y contrastar esos enfoques —epistemológicos, metodológicos y ontológicos— con los nuevos planteamientos que aporta la neurociencia en las últimas décadas. En concreto, la neuroeducación está revisando antiguos planteamientos educativos desde el objeto de estudio del sistema nervioso —en concreto, del cerebro—, de forma que la neurodidáctica es una disciplina totalmente novedosa, con poco camino recorrido y mucho por aportar (Gómez & Escobar, 2015; Rivoltella, 2011). Si la neuroeducación es

una disciplina en auge actualmente se debe, en parte, a que va de la mano —o depende de— los avances técnicos que posibilitan el estudio del cerebro. Así, el desarrollo tecnológico basado en técnicas de neuroimagen no invasivas se muestra como una gran oportunidad para seguir avanzando en el estudio del aprendizaje, fin último de la educación y el sistema educativo (Revet & Williams, 2017). En concreto, la Espectroscopía Funcional de Infrarrojo-Cercano es una técnica aplicable tras intervenciones educativas, aportando una visión ecológica a la investigación, así como por su coste asequible. Investigaciones que puedan hacer uso de esta técnica en referencia a contextos educativos reales aportaría una información de tipo neurofuncional del todo relevante para el corpus de conocimientos neurodidácticos. La neuroeducación permite cerciorarse de cómo el ser humano aprende —con qué métodos, en qué contextos, durante qué fases, con qué intensidad, etc.—, no obstante, este planteamiento siempre debe ir de la mano de la filosofía de la educación y la pedagogía, pues siguen siendo aquellas disciplinas que responderán al qué aprender —el por qué y el para qué—.

Tanto las investigaciones puramente experimentales realizadas en situaciones artificiales de laboratorio, como las investigaciones de carácter teórico tienen su razón de ser. Sin embargo, pudiera parecer que en la didáctica faltan estudios que sean capaces de unir las virtudes de cada uno de los planteamientos, aceptando que nunca va a existir un modelo idílico. En este sentido, la didáctica requiere de investigaciones que imbriquen las teorías científicas y filosóficas sobre la educación con la práctica profesional que siempre se realiza en un contexto social cambiante, es decir, estudios que sepan regular la relación naturaleza-control para adquirir conocimientos útiles. Algunos diseños de investigación, como los experimentos naturales éticos, permiten adquirir este tipo de conocimiento, que avanza tanto en la construcción de conocimiento científico generalizable como en la generación de conocimiento práctico-técnico sensible a la realidad cambiante de la educación. Este tipo de estudios requieren gran esfuerzo y dedicación, y sobre todo complicidad, como se ha mencionado antes, entre los distintos agentes de la comunidad científica —institutos de investigación, universidades, investigadores, profesorado universitario— y la comunidad educativa —equipos directivos, profesorado, alumnado, familias, etc.—. La didáctica requiere de conocimiento empírico, basado en la experiencia y la observación de los hechos, y de conocimiento racional-analítico, basado en elementos lógicos, matemáticos, éticos y políticos.

La esencia de la presente tesis doctoral es conocer si la gamificación educativa como método didáctico y el exergame como material educativo son (o no) fenómenos útiles y aplicables desde la perspectiva educativa, añadiendo pruebas empíricas de tipo motriz, psicológico y neurofuncional mediante un experimento natural basado en un diseño e implementación de una intervención interdisciplinar en EF y EM en el contexto escolar de primaria.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. La innovación educativa

Innovar implica cambio y novedad, aunque no se reduce a ellos; además, no implica necesariamente mejora (Martínez & Jolonch, 2019). Toda innovación es un cambio, aunque no todo cambio es innovador (Carbonell, 2002). Un cambio refiere al acto de convertir o mudar algo en otra cosa, y en el ámbito educativo puede asociarse tanto a procesos como a resultados (Murillo, 2002, p. 20). Un cambio podría ser hacia un estado que ya existía y era conocido antes, no obstante una novedad refiere a algo nuevo. Por ello, la innovación debe implicar un cambio novedoso. La innovación refiere a hacer algo de forma diferente y nueva para intentar hacerla mejor, y la mejora se concibe como la obtención de mejores resultados en relación con una métrica estandarizada (Greany, 2016). La mejora educativa no implica haber realizado una innovación, dado que se ha podido conseguir mediante un simple aumento del rendimiento de la organización escolar. Igualmente, el cambio y la novedad, por sí mismos, no conllevan innovación, en tanto que debe existir intencionalidad, planificación y sistematicidad (Mateo, 2019; Murillo, 2002). Por todo ello, y aplicado a la educación, por innovación educativa se va a entender «un proceso intencional que pretende cambiar prácticas e ideas en el ámbito educativo, introduciendo novedades, para intentar mejorar tanto los procesos como los resultados educativos».

La innovación educativa es un intento en tanto que no es una práctica previamente aplicada al contexto de referencia y cuya eficacia se haya comprobado; por ello, la innovación educativa debe ir a la par de, por un lado, la evaluación educativa (Mateo, 2019, pp. 91-93), si por esta se entiende un proceso riguroso que permite extraer información relevante relacionada en última instancia con el aprendizaje (Quintas & Latre, 2016), y por otro lado, de la investigación científica (Rivas et al., 2019). Más que innovar, se trata de investigar la práctica y de aprender, produciendo nuevos conocimientos basados en la experiencia (Jolonch, 2019, p. 234). Esta concepción de la innovación educativa, que será la que se mantenga en esta tesis doctoral, se acerca a la acepción original de innovación educativa de inicios de los años setenta del siglo XX, cuando se estableció como «una innovación auténtica, lejos de la improvisación del cambio por el cambio y del pragmatismo deletéreo, [que] requiere una seriedad de estudio, experimental o no, con una intención deliberada y un cuidadoso proceso de programación-realización-verificación, cuyo resultado debe constituir una efectiva mejora cualitativa» (Prelezo, 2008, p. 626, en Rivas, et al., 2019, p. 135). Cuando una innovación apela únicamente a las emociones que despierta lo nuevo, a un reclamo publicitario, o a una moda concreta, entonces se convierte en una posverdad que no atiende a razones basadas en la investigación y en la evaluación educativas (Rivas et al., 2019, p. 151).

El elemento novedoso es importante en la innovación educativa, dado que, de lo contrario, se podría estar reproduciendo ideas y prácticas que ya existían anteriormente y simplemente ha cambiado la nomenclatura. La mayoría de las innovaciones educativas que se aplican en la actualidad ya existían de forma teórica en el siglo XVIII y de forma aplicada a inicios del siglo XIX (Meirieu, 2019, p. 29). Así, los «nuevos» métodos como el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje basado en proyectos, el *flipped classroom*, la asamblea, los centros de interés, o la gamificación, tendrían que ser revisados conceptualmente en profundidad para evaluar si realmente refieren a nuevos métodos educativos, o a clásicos procedimientos con nuevos nombres.

La innovación educativa debe responder a una exigencia del presente y a una previsión del futuro, aportando soluciones a problemas reales y contextuales, dado que si se apuesta por lo novedoso *per se*, se podría caer en las simples modas sin fundamento (Pérez-Tornero, 2016). No obstante, esto no significa que la innovación educativa consista en una mera modernización. Mientras que la innovación educativa tiene una voluntad manifiesta por intentar mejorar procesos y resultados, la modernización puede basarse únicamente en introducir novedades para actualizar un estado o contexto respecto a otro estado o contexto. La modernización podría suponer solo una estabilización en el uso y acceso a las tecnologías digitales, pero esta no podría considerarse en sí misma una innovación educativa (Gros, 2016, p. 160). Este enfoque de modernización es el que ha solido imperar en el sistema educativo respecto a las tecnologías digitales, introduciéndose automáticamente y presuponiendo cambios y mejoras en los procesos de enseñanza-aprendizaje, pero sin modificar en absoluto las prácticas o los esquemas tradicionales de la escuela y su institución (Carbonell, 2002; Cuban, 2016, p. 37). Un claro ejemplo de este enfoque fue el «Programa Escuela 2.0.» que se aprobó en 2009 en España —y se enmarcaba en el Plan Español para el Estímulo de la Economía y el Empleo—, cuyo objetivo era dotar de ordenadores ultra portátiles al alumnado y al profesorado, así como digitalizar las aulas de los centros educativos.

La innovación educativa ha tenido un auge en las tres últimas décadas en España, y son herederas de los llamados Movimientos de Renovación Pedagógica, que ya en los años sesenta y setenta pensaban y compartían prácticas educativas alternativas al sistema tradicional implantado por la dictadura (Escudero, 2014), y estas a su vez de la Escuela Nueva, la cual ya hablaba en términos de renovaciones constantes en el ámbito educativo (Rivas et al., 2019, p. 134). El término *renovación* se suele utilizar en algunos grupos de profesorado, especialmente de infantil y primaria, para desechar cierta connotación técnica que asocian al término *innovación*, y referir más a prácticas y reflexiones (Escudero, 2014). Por otro lado, se podría asociar más la innovación educativa al contexto de una o varias aulas, y la *reforma educativa* a un nivel macro del sistema educativo, es decir, pudiendo ser diferenciadas solo respecto al amplitud conceptual (Pascual, 2019, p. 23). Aunque en la presente tesis doctoral se ha apostado

por el concepto de innovación educativa, esta no debe entenderse solo desde el aspecto técnico, sino también en su dimensión reflexiva y práctica.

La innovación educativa se puede concebir desde tres paradigmas (Escudero, 2014): técnico, reflexivo y crítico. Normalmente, a la innovación educativa *técnica* se le asocia el rendimiento académico, los valores de calidad y excelencia, la eficacia y la eficiencia, la mensurabilidad, la prescripción, el darwinismo social, las intervenciones y controles externos, el imperativo legal, la estandarización, y la ideología conservadora o neoliberal (Escudero, 2019). A la innovación educativa *reflexiva* se le asocia las intervenciones y controles internos —dentro de la comunidad educativa—, el pensamiento y reflexión del profesorado y el alumnado, el compromiso, los procesos educativos como realidades abiertas y cambiantes, las prácticas, la descentralización organizativa, la autonomía institucional, la deliberación, la participación y colaboración escolar, y la ideología social-demócrata de segunda mitad del siglo XX. A la innovación educativa *crítica* se le asocia el objetivo de la emancipación, los valores de justicia, equidad y democracia efectiva, la reforma educativa estatal, la denuncia y crítica sociales, el lenguaje y los discursos, y la ideologías del socialismo o el anarquismo, pero en todo caso la perspectiva filosófica del postmarxismo. Sin embargo, esta descripción de los tres paradigmas-relatos se realiza desde uno de ellos, el crítico, por lo que la clasificación está pre-situada. Si quizá pueda tener un nivel operativo o de utilidad esta clasificación dada su amplio uso en la literatura educativa, realmente es poco rigurosa y muy ambigua, en el sentido de que no es ni exhaustiva ni mutuamente excluyente. Por ello, la innovación educativa de la presente tesis doctoral se enmarca —de forma ambigua porque la clasificación también lo es—, por su diseño metódico en el paradigma técnico y por sus objetos de estudio en el paradigma reflexivo.

La escuela debe transformarse porque la sociedad se transforma (Martínez & Jolonch, 2019, p. 7), si bien los cambios son tan acelerados que la escuela casi nunca se adelanta. Innovar de forma profunda y pionera en educación conlleva siempre un riesgo, por lo que exige prudencia en todo el proceso, cuidando que con la misma fuerza que se innova también se cuiden todas las garantías de calidad para con el alumnado y la comunidad educativa (Martínez, 2019, pp. 12-13). Es por ello que cuando no se innova nada, casi nunca se exige al docente que rinda cuentas, pero cuando innova, debe probar los resultados constantemente (Meirieu, 2019, p. 32). La mayoría de las innovaciones escolares solo se plantean mejorar los resultados en pruebas estandarizadas y no en resultados completamente originales (Greany, 2016). Estos resultados de la innovación educativa no debieran referirse solo a indicadores como el rendimiento académico (Martínez, 2019, pp. 20-21), sino que se requiere estudiar también nuevas habilidades y competencias del siglo XXI asociadas a la vida y el trabajo en la sociedad actual, como son la creatividad, el desarrollo de proyectos, el trabajo en equipo o la resolución de problemas, que pueden ser potenciadas por algunas tecnologías digitales (Chalkiadaki, 2018; Pellegrino & Hilton, 2012, p. 16; Tricot, 2019, p. 51). Es la tecnología y su

relación con la didáctica uno de los puntos clave a desarrollar para concebir la innovación educativa en que consiste esta tesis doctoral.

La innovación educativa puede suponer un cambio significativo en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante la modificación de las metodologías, materiales y recursos utilizados (Gros, 2019, p. 179). En muchos sistemas educativos se alienta a las escuelas la adaptación de sus planes de estudios y sus modelos educativos para maximizar el potencial de las tecnologías digitales y desarrollar las nuevas habilidades y competencias necesarias para la sociedad actual (Pellegrino & Hilton, 2012, p. 16). No obstante, la introducción en el sistema educativo de materiales curriculares en formato digital no ha hecho ninguna aportación metódica substancial, en tanto que no han aprovechado las posibilidades del entorno digital (Cuban, 2016, p. 32; Rodríguez & Area, 2017). Es decir, la digitalización en sí misma no implica innovación (Gros, 2019, p. 177). Si se aplican los posibles cambios didácticos esenciales que pueden aportar los nuevos recursos y métodos basados en tecnología digital, como son la interacción, la comunicación, la personalización, un nuevo rol docente o una evaluación constante, entonces la investigación en innovación educativa se torna necesaria y relevante (Area, 2017). Especialmente necesarias son las investigaciones sobre innovación y tecnologías digitales —entre otros elementos— en la etapa de educación primaria debido a su escasez respecto a otras etapas (Chalkiadaki, 2018). Cuando una innovación educativa se centra en los materiales o métodos didácticos en tanto que elementos curriculares, estos deben presentar como características esenciales el desafío para el alumnado, el mantenimiento de la motivación, la mezcla de lenguajes, la posibilidad de personalización, la ubicuidad o la evaluación formativa (Gros, 2019, pp. 191-194). En todo caso, la introducción de tecnología digital en el aula supondrá una innovación educativa si implica un cambio sustancial en la esencia de las tareas que el profesorado plantea y el alumnado realiza (Tricot, 2019, p. 83).

Aunque normalmente se asocian los conceptos de *calidad*, *habilidades del siglo XXI*, *eficacia* y *eficiencia* en la innovación educativa con las finalidades neoliberales y conservadoras del sistema educativo (Escudero, 2019, pp. 160-161), ello no significa que siempre deba ser así, pudiendo existir orientaciones o finalidades últimas diferentes ante un mismo método educativo. Toda innovación adquiere sentido cuando se piensa en clave de futuro (Rivas et al., 2019, p. 149). Por ello, la presente tesis doctoral se basa en el diseño, aplicación y evaluación de una innovación educativa que previamente no había tenido lugar en los colegios de educación primaria, pero cuyos elementos ya forman parte de la realidad social del momento. Esta innovación educativa, plasmada en una intervención educativa real, debe parcialmente su carácter innovador a su esencia interdisciplinar y tecnológico-digital de la misma, trascendiendo las categorías sociales impuestas al conocimiento —tanto escolar como científico— mediante asignaturas, disciplinas o áreas de conocimiento. La innovación educativa adquiere sentido y pertinencia si se concibe como intencional, sistemática, planificada, novedosa, orientada

tanto a procesos como a resultados, y tendente a la mejora. De esta manera, el sistema educativo, con ayuda del sistema de investigación, se puede adelantar a los futuros efectos que va a tener los nuevos fenómenos socioculturales y educativos, como son la tecnología digital, la estrategia de la gamificación o el mundo de los videojuegos.

1.1.1. La interdisciplinariedad en educación

Desde la Antigüedad Griega Clásica han coexistido tendencias integradoras y desintegradoras del saber y de la pedagogía. En diferentes siglos, Aristóteles (2003), Descartes (2003), Hegel (1985) o Husserl (1997) apostaban por la unidad del saber y de la ciencia, y Comenius (1986) por una pedagogía de la unidad. Sin embargo, en la modernidad y contemporaneidad, ha dominado la tendencia a desintegrar las ciencias (cada una con su propio método y objeto de estudio), así como especializar los saberes, plasmados en disciplinas y concretados en el sistema educativo como asignaturas (Rodríguez-Neira, 1997). Una disciplina, etimológicamente refiere a *lo que el discípulo debe aprender*, pero conceptualmente se concibe desde el siglo XIX como un categoría organizadora del conocimiento científico con su autonomía, su vocabulario propio, sus fronteras delimitadas, sus técnicas y sus teorías exclusivas (Morín, 2003). En la actualidad impera una forzada división en multitud de disciplinas, lo cual no consigue dar respuesta a ciertos problemas socioeducativos si no es por medio de una unión multidisciplinar (Morin, 2001). La estructura escolar produce que en múltiples ocasiones las intenciones interdisciplinarias del profesorado o los investigadores no se lleven a cabo debido a la dificultad de operativización (Ortiz, 2012). Algunas de las dificultades para una aplicación real de la interdisciplinariedad en la escuela pueden ser la falta de interés real del profesorado especializado, la falta de hábito del alumnado a trabajar en proyectos interdisciplinarios, una ausencia de análisis de los contenidos curriculares que son comunes en varias asignaturas o una cultura de organización espacial y temporal del colegio basado en la especialización (Díaz-Lucea, 2010).

Como consecuencia, al alumnado de educación primaria se le ofrece una visión hiperfragmentada e hiperparcializada de la realidad, tanto en contenidos como en métodos y enfoques, al contrario de lo que sucede en educación infantil. Por ello, la interdisciplinariedad no es un fin en sí mismo y no responde a criterios de satisfacción del profesorado, a una moda temporal, o exigencias administrativas (Díaz-Lucea, 2010), sino que su no aplicación dificulta fundamentos psicopedagógicos clave como el aprendizaje significativo (Ausubel, 1960), la enseñanza-aprendizaje globalizado (Decroly, 2006), el método educativo por proyectos (Kilpatrick, 1918) o el currículum en espiral (Bruner, 1963). En educación, la interdisciplinariedad tiene un cimiento axiológico especial en tanto que se relaciona con la formación de personas epistemológicamente abiertas, flexibles, integrales y dispuestas a trabajar en equipo (Ruiz-Corbella, 1997).

Por otro lado, la asociación de diferentes disciplinas permiten investigar un mismo objeto desde distintas perspectivas, por ejemplo la didáctica del baile desde la EF y la EM (Batle & Masdeu, 2007), y ello puede permitir encontrar un sentido más globalizador y significativo en la investigación educativa. Pero se debe ir más allá y buscar las investigaciones y las prácticas educativas interdisciplinares, que «*aluden a relaciones de reciprocidad (cooperación, intercambio, conjunción, vertebración, etc.)*» (Sabirón, 2007, p. 75). Este trabajo multidisciplinar e interdisciplinar podría ayudar a recobrar una visión más abarcante y unificadora del conocimiento y de la ciencia, al estilo pre-contemporáneo.

La interdisciplinariedad educativa es un concepto polisémico, mas de forma operativa se puede concebir como un conjunto de relaciones de cooperación e intercambio que se produce entre dos o más asignaturas o disciplinas sobre un interobjeto, permitiendo el enriquecimiento mutuo en cuanto a sus marcos conceptuales, sus procedimientos y sus métodos de enseñanza (García & Colunga, 2004). La interdisciplinariedad tiene tres etapas de instrumentación: la curricular (legislativa y organizativa), la didáctica (metódica y de contenidos) y la pedagógica (de enfoques y perspectivas) (Lanoir, 1998, en Perena, 2009) .

La estructura educativa que domina en la actualidad se basa en la desintegración y la especialización de los saberes. No obstante, una innovación educativa sustantiva debiera requerir en la actualidad de un trabajo coral e interdisciplinar (Mateo, 2019, p. 103). La innovación interdisciplinar se presenta como una opción mucho más potente de cara al futuro, dado que presenta la ventaja de situarse por encima de los estrechos límites establecidos en un campo de conocimiento, pudiendo aportar soluciones a un problema que en múltiples ocasiones no se pueden ofrecer desde un marco de conocimiento académico concreto (Blackwell, Wilson, Street, Boulton, & Knell, 2009, p. 3).

Algunas de las últimas tendencias en innovación educativa remarcadas por la Comisión Europea (2018) se han basado en el planteamiento interdisciplinar en la escuela primaria a través de un enfoque más lúdico y motivante para el alumnado, poniendo como ejemplo el caso de una escuela en Croacia, donde se planteó la interdisciplinariedad en las áreas STEM (*Science, Technology, Engineering y Mathematics*). Otra tendencia de innovación educativa interdisciplinar que indica la Comisión es la basada en el Aprendizaje Basado en Proyectos, donde se busca una mejora de los resultados académicos, un aumento de la motivación y el desarrollo de la autonomía e iniciativa personal mediante tareas de aprendizaje más contextualizadas y el trabajo en equipo (Rivas et al., 2019, pp. 143-144). La EF desde una perspectiva global adquiere gran importancia para los trabajos interdisciplinares que la relacionan con otras áreas del currículo (Larraz, 2006). Precisamente, el proyecto de trabajo interdisciplinar es posible y aconsejable en las áreas de EF y EM, aunque ello implica idear fórmulas alternativas a las prácticas organizativas habituales (Díaz-Lucea, 2010; Gutiérrez, Cremades, & Perea, 2011). Ya existen múltiples proyectos interdisciplinares

en estas áreas, como *Els castells*, donde desde la EF se trabaja el acrosport y desde la EM el análisis de la música según la construcción y momento del *castell* (Díaz-Lucea, 2010); o *Nubes para volar*, que aúna música, teatro y EF (Pérez-Testor, Batle, & Gomila, 2018); los proyectos coreográficos; los proyectos de expresión corporal; los proyectos de gimnasia-jazz; los bailes de salón (Viciano & Arteaga, 2004); o el acrosport unido a acciones físicas individuales, de colaboración y rítmicas (Lizalde, Peñarrubia, Pardo, Latorre, & Canales, 2019).

Reconociendo la relevancia y necesidad del trabajo interdisciplinar en educación primaria, es imprescindible reconocer también que la evolución académica y científica de las áreas implicadas —EF y EM— se ha desarrollado en las últimas décadas de forma monodisciplinar, por lo que se deben conocer los fundamentos de las mismas y posicionarse respecto al planteamiento y enfoque.

1.1.1.1. Didáctica de la educación física en primaria

La EF puede ser concebida de muy diferentes maneras según qué tipo de profesionales dominen el área de conocimiento. En el siglo XVIII fueron los pedagogos, por lo que la EF se entendía, de forma más amplia, como pedagogía del cuerpo higiénico (Rousseau, 1997). En el siglo XIX fueron los militares y nacionalistas como Jahn quienes dirigían la EF, por lo que se entendía como gimnástica metódica (Pérez-Ramírez, 1993). A inicios del siglo XX, con la llegada de la psicología y la neurología, y con los ya asentados psiquiatras, surgió la EF entendida como neuropsicomotricidad, con médicos como Dupre (Zagalaz, Moreno, & Cachón, 2001), ampliada más tarde con la sociomotricidad (Parlebas, 1989). La EF entendida como expresión corporal, en el sentido amplio de exploración e investigación del propio cuerpo como indicaba Pujade-Renaud (1974), tuvo como antecedente la fenomenología de la primera mitad del siglo XX. Fue en los años sesenta cuando comenzó a funcionar el Instituto Nacional de Educación Física, formando nuevos profesionales científicos de la actividad física y el deporte (López-Fernández, 2003); desde entonces, el área de EF está dominada por la visión de estos profesionales, es decir, la EF entendida desde la actividad física y desde el deporte.

La visión desde la actividad física —de corte más fisiológico— se complementa con un componente cognitivo y afectivo mayor que implica el fenómeno deportivo —de naturaleza social y cultural—. Así, los científicos de la actividad física y el deporte, influidos por todas las corrientes históricas previas, han conseguido que esta visión físico-deportiva de la EF se haya plasmado en el currículo escolar, con la gran legitimidad del discurso de la salud (Moreno-Pestaña, 2016) o el deporte (Larraz, 2008). Sería una postura ecléctica donde todo cabe: movimiento, ocio, habilidad, salud, cuerpo, juego, psicomotricidad, deporte, etc. (Larraz, 2006). El Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria en el estado español, fija que «*la asignatura de Educación Física tiene como finalidad principal*

desarrollar en las personas su competencia motriz, entendida como la integración de los conocimientos, los procedimientos, las actitudes y los sentimientos vinculados a la conducta motora fundamentalmente» (p. 19406). Esta concepción es acorde a la definición de Parlebas (1989) de EF como educación de las conductas motrices, entendidas como organizaciones significantes del comportamiento motor. El mentado Real Decreto establece cinco bloques de contenidos, todos ellos referidos a acciones motrices de diferentes tipos. Igualmente, la Orden de 16 de Junio de 2014 de la Consejera de Educación, Universidad, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo de la Educación Primaria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón, focaliza que la EF es la única área del currículum destinada a que el alumnado descubra lo que representan las actividades físicas, deportivas y artístico-expresivas. Siendo coherente con esta concepción, el currículo establece 6 bloques de contenido, cinco de los cuales refieren explícitamente a acciones motrices, y la última a la vida *activa* —asociando *activa* a *acción motriz*—. Un análisis del currículum de EF plantea que el currículo aragonés se fundamenta en tres dimensiones, la pedagogía de las conductas motrices donde está un 35% de los estándares de aprendizaje referidos a las acciones motrices, la pedagogía desde las conductas motrices donde están el 37% de los estándares de aprendizaje referidos a la salud, la cultura y los valores de las acciones motrices, y aprendizajes transversales que tienen solo un 28% de los estándares de aprendizaje (Julián, Abarca, Zaragoza, & Aibar, 2016).

A pesar de que la visión global que refleja ambos documentos legales es muy integral respecto a otras corrientes mentadas anteriormente —se explicitan aspectos cognitivos, conductuales, afectivos, axiológicos, etc.—, el enfoque está claramente posicionado: el imperativo de la acción y la conducta motriz. Sin embargo, la movilidad humana intencional es solo una de las manifestaciones del cuerpo —también está la perceptibilidad, la emocionalidad, la sexualidad, la noción de cuerpo propio, etc.—. La concepción actual de la EF se centra en la acción y en la conducta motriz y se estructura en los dominios de acción motriz (Larraz, 2008), no solo como método sino como finalidad, siendo el cuerpo un elemento asociado a la acción motriz, y no al revés. Parlebas entiende el dominio de acción motriz como toda práctica corporal que cae bajo la mirada y los criterios de la acción motriz (Parlebas, 1989). Otro indicador de esto es que en el citado currículo aragonés se alude a «cuerpo» 42 veces, frente a las 69 de «actividad física», 88 de «deporte» o 59 de «movimiento», que entre las tres últimas suman 216 menciones. Esta visión puede suponer una actitud reacia ante nuevas propuestas de incorporación curricular como son el yoga, la dramatización, la meditación corporal, los deportes electrónicos o los exergames. Por ello, se considera necesario partir de una concepción de la EF más abarcante y focalizada en el cuerpo —siendo la acción motriz una sola de sus dimensiones—, es decir, de una educación corporal entendida como «*educación del cuerpo mediante el cuerpo*» (Quintas, 2020, p.

22), que incluya todas las dimensiones corporales-cognitivas, corporales-sociales, corporales-afectivas, corporales-motrices y corporales-fenomenológicas humanas. En la presente tesis doctoral se parte de que el cuerpo y la corporalidad son fenómenos bioantropológicos universales —todo el mundo tiene cuerpo y corporalidad—, y los discursos de la actividad física y el deporte son fenómenos socioculturales locales —no todo el mundo puede o quiere realizar actividad física o deportes—. De esta forma, se evita huir del debate epistemológico sobre la EF, explicitando los fundamentos y principios de los que se parte, sin caer en ninguna moda o alguna modificación radical del currículo, como ya denunciaba Larraz (2008).

La restringida concepción actual de la EF prima la cantidad y calidad de las acciones motrices como criterio para la introducción de nuevos contenidos educativos, ya sea directa o indirectamente; no obstante, desde la pedagogía corporal cualquier método o contenido educativo podría ser válido si ayuda a educar el cuerpo mediante el cuerpo. Esta visión es cercana a la establecida por Pujade-Renaud (1974) desde la expresión corporal, por lo que el «Bloque 5. Acciones motrices con intenciones artísticas o expresivas» de la actual Orden curricular en Aragón es compatible y adecuada para una educación corporal completa. La expresión corporal educativa es una disciplina educativa que imbrica cuerpo, movimiento y sentimiento, permitiendo la exteriorización y comunicación corporal de los sentimientos, desarrollando el sentido estético del movimiento, y favoreciendo el bienestar corporal (Romero, 2015, pp. 72-73). La expresión corporal permite desarrollar la condición física, la cognición, la afectividad y la motricidad, permitiendo la liberación de tensiones y facilitando la creatividad en el alumnado (Vicente, Ureña, Gómez, & Carrillo, 2010). Sin embargo, es una disciplina poco desarrollada curricularmente en la escuela —en comparación con otros contenidos— debido parcialmente a la falta de formación del profesorado, a la poca demanda del alumnado (Carriedo, 2017; García, Pérez, & Calvo, 2013), y a su asociación solamente con la feminidad (Azevedo, Burges Watson, Haighton, & Adams, 2014). Por ello existen propuestas muy actuales y novedosas que pretenden promover la disciplina desde la nueva realidad social de las redes sociales y ciertos retos virales como el *flashmob* o el *lipdub* (Carriedo, Méndez, Fernández, & Cecchini, 2020) o nuevos métodos didácticos como el «aula invertida» mediada con tecnologías de la información y la comunicación (Lucena, Belmonte, Cabrera, Torres, & Sanchez, 2020).

Si bien a nivel epistemológico la EF debe ser muy revisada, en el campo científico de su didáctica ha sido muy prolífica. La didáctica de la EF se puede concebir como la disciplina que analiza el profesorado, el alumnado, el contexto humano y material de su interacción y el método de enseñanza-aprendizaje en que se produce. Existen varias perspectivas para analizar la didáctica de la EF: la técnica, la práctica y la socioética (Julián, 2009, p. 40). Desde la investigación científica positivista, se considera que las dos primeras visiones pueden resultar compatibles y serán en las que se base el presente estudio. La perspectiva técnica parte de una «racionalidad técnica» (Habermas, 1986b),

basada en el modelo «proceso-producto» y en la didáctica como ciencia aplicada, donde intenta hallar cuál es la eficacia educativa para cada momento según las variables de estudio profesor-alumno-contexto-método. Pese a ello, esta perspectiva es compatible con algunas de las características de la perspectiva práctica, que reconoce el aula y la educación como un entorno cambiante y dinámico, por lo que parte de una «racionalidad práctica o dialéctica» (Habermas, 1986b), y analiza las acciones-reflexiones-pensamientos tanto del alumnado como profesorado, así como la adecuación del contexto y del método didáctico (Ramos, 1999, en Julián, 2009, pp. 40-46).

Uno de los principales objetivos de las clases de EF es el de la promoción del ejercicio físico en el alumnado debido al aumento del comportamiento sedentario en la población adulta como consecuencia de los avances tecnológicos de las últimas décadas (Martínez, Hellín, Pavón, & Moreno, 2010a, p. 15), por ello las variables psicológicas han cobrado interés en las últimas décadas en la investigación de la didáctica de la EF (Cutre-González, 2017). Desde esta tradición de investigación psicológica y motivacional, la Teoría de la Autodeterminación (Ryan & Deci, 2017), la Teoría de las Metas de Logro (Nicholls, 1984) y la Teoría del Flow (Csíkszentmihályi, 1988) se han convertido en marcos de referencia adecuados para explicar múltiples variables relevantes en EF como la motivación, la diversión, el estado psicológico óptimo, el *feed-back* recibido, la competencia motriz percibida, la autonomía percibida o el rendimiento académico (Martins, Marques, Peralta, Palmeira, & Costa, 2017). Mejorar estas variables favorecerán un clima motivacional y psicológico más beneficioso en las clases de EF, beneficiando no solo aspectos psicológicos en el alumnado, sino elementos físicos y emocionales (Cutre-González, 2017; Ryan & Deci, 2017, p. 481). Sin embargo, parecen insuficientes los estudios científicos basados en intervenciones escolares de contenidos artístico-expresivos que den pruebas empíricas sobre la creación de climas motivacionales en EF (Sevil, Abarca, Julián, Murillo, & García, 2016).

A nivel de método didáctico y curricular ha habido numerosos avances en la expresión corporal. Esta se enmarca, al igual que la danza, en el dominio de acción motriz basado en las acciones con intenciones artísticas y/o expresivas, donde se pretenden finalidades estéticas y comunicativas. El método habitual de la expresión corporal se basa, entre otros aspectos, en:

- Conseguir mayor desinhibición expresivo-corporal (Canales, 2010);
- Las dinámicas de reflexión durante y al final de cada clase (Gelpi, Murillo, Romero, & Tena, 2008);
- El desarrollo de las dimensiones expresiva, comunicativa, creativa y estética (Montávez, 2011);
- El control y adquisición de ejecuciones técnicas de forma compatible con la creatividad y la espontaneidad (Romero, 2015);
- La búsqueda y desarrollo de la desinhibición y la singularidad motriz (Canales, 2010);

- La práctica de la expresión corporal como medio de enriquecimiento para el baile (Cuéllar & Rodríguez, 2009);
- El trabajo de los roles de creador-coreógrafo, actor-interprete y espectador-juez (Larraz, 2008);
- El desarrollo de los principios fundamentales de simbolización, motricidad expresiva y comunicación (Pérez y Thomas, 1994, en Tena, 2018, p. 15);
- El aprendizaje de la concatenación de pasos, la interacción durante el baile, y la expresividad en escena (Larraz, 2012);
- Las fases de trabajo de exploración-improvisación, expresión-composición, y comunicación (Pérez y Thomas, 1994 en Tena, 2018, p. 15);
- Creación de proyectos de acción colectiva (Larraz, 2012).

El campo de la didáctica de la EF se muestra como una disciplina donde ya se han realizado múltiples innovaciones e investigaciones científicas dentro de la misma, pero parece relevante continuar este hábito indagando de forma interdisciplinar y con análisis que incluyan si compatibilidad con nuevos fenómenos como la gamificación o los exergames, aunándolos con contenidos bien asentados como la expresión corporal y el baile.

1.1.1.2 Didáctica de la educación musical en primaria

Platón consideró en Las Leyes que *«es absolutamente preciso que la educación recta se muestre capaz de dar la máxima belleza y excelencia posibles a los cuerpos y a las almas»* (Platón, 1983, p. 788c), indicando en La República *«¿cuál será, pues, su educación? [...] la gimnástica para el cuerpo y la música para el alma»* (Platón, 2009, p. 376e), entendiendo «música» en su sentido etimológico *«lo que tiene que ver con las Musas»*, a saber, educación intelectual y artística. La disciplina de EM en educación primaria no tiene en el actual currículo nacional y aragonés una asignatura propia en la cual desarrollarse sino que está enmarcada, junto a educación visual y plástica, en la asignatura de Educación Artística. Esta estructura con una mínima asignación horaria responde al desprestigio de las artes en la educación actual, en pro de la visión más técnica de la realidad, y del propio arte (Revilla & Murillo, 2019). El término español «arte» procede etimológicamente del latín *ars*, que a su vez procede del griego *tékhne* (técnica). En la Antigüedad Clásica ambos referían a un saber orientado a la producción de objetos, por lo que no diferenciaba entre aquello que hoy se llaman obras de arte de cualquier otro producto elaborado por el propio ser humano que se hiciera con destreza de acuerdo con unos principios y reglas establecidas, donde no sólo se requería poseer capacidad física, sino habilidad intelectual para con la artesanía en cuestión (Tatarkiewicz, 2001, p. 109). Haber desligado el componente creativo y original del originario concepto de técnica (Habermas, 1986a), quedándose solo con el aspecto habilidoso y de aplicación, ha producido que el arte se considere improductivo e irrelevante a nivel escolar. Se debe revalorizar y ampliar, por tanto, la presencia de la

educación artística en la educación primaria realizando más actividades de enseñanza-aprendizaje que tengan un componente artístico y estético elevado (Quintas, 2020, pp. 50-51). Se pueden ampliar las experiencias de aprendizaje basadas en patrimonio musical universal, de manera que en la escuela las obras de arte musicales extiendan transversalmente el horizonte cultural y humano del alumnado (Sarfson, 2020). En este sentido, la EM escolar no tiene como finalidad crear músicos, sino *«poner al niño en contacto directo con el arte y proporcionarles una formación que abarque todos los aspectos y manifestaciones relacionadas con el mismo, que lo conozcan, que lo sientan, lo vivan y creen»* (Escudero, 1988, p. 77). Loris Malaguzzi consideró en su sistema pedagógico que el desarrollo de cualquier actividad transversal en la escuela, cuando se revaloriza su componente artístico-musical, puede dar lugar a varios tipos de placeres al mismo tiempo: motor, visual, táctil, emocional, estético, de repetición, de reconocimiento, de identidad, de comunicación, etc. (Hoyuelos, 2006, pp. 69-71). Bourdieu (1998) concibió que el arte es corporal y que la música es la mayor representación de ello por su capacidad para generar diferentes estados de ánimo.

El Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria establece que *«el proceso de aprendizaje en el ser humano no puede estar alejado del desarrollo de sus facetas artísticas que le sirven como un medio de expresión de sus ideas, pensamientos y sentimientos»* (p. 19401), y hace especial mención al uso responsable de las TIC para el actual alumnado del siglo XXI: *«también va a aprender a utilizar, de forma responsable, las posibilidades que las Tecnologías de la Información y la Comunicación ofrecen para el desarrollo de las capacidades artísticas en el alumnado»* (p. 19401). Por otro lado, la Orden de 16 de Junio de 2014 de la Consejera de Educación, Universidad, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo de la Educación Primaria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón explicita que *«quedan claramente definidas las capacidades que atañen a la creación artística, mostrando un especial protagonismo en la presente propuesta curricular la visión de los alumnos como verdaderos artistas»*. Esta visión es consecuencia de la tesis del fin del arte de Arthur Danto, en la cual ya no hay una única dirección normativa en el arte, de hecho, ya no hay ninguna dirección, por lo que cualquiera puede ser un artista y cualquier cosa puede ser una obra de arte (Danto, 2002, p. 150). La creación de proyectos escénicos se muestran como idóneos para desarrollar la competencia artística en general y la musical en particular, siendo un método compatible con la enseñanza musical. Es la creación la capacidad cognitiva más elevada, y que implica otras capacidades cognitivas como la memoria, la comprensión, la aplicación, el análisis o la evaluación (Bloom, 1986). Este tipo de proyectos permiten desarrollar la creatividad y expresarse a través de diversos códigos musicales, comprendiendo y valorando críticamente las diferentes manifestaciones musicales (Vernia, 2018). En el actual currículo de educación artística se puede extraer la concepción de la educación musical como la disciplina encargada de

educar la escucha y percepción musical, y la interpretación musical, ya sea con el propio cuerpo o con instrumentos musicales no corporales.

La música como recurso educativo puede tener múltiples enfoques de aplicación: (1) como ambiente de fondo, (2) como recurso organizativo, (3) como elemento motivador, (4), como soporte al movimiento y (5) como contenido específico (Learreta & Sierra, 2003). Serán estas dos últimas sobre la que se base el presente trabajo de investigación. La música puede mejorar el autoestima y las relaciones sociales de los estudiantes (Rickard et al., 2012), y mejorar la motivación para perseverar en otras disciplinas (Hallam, 2010). Las clases de educación musical producen mayores niveles de bienestar en el alumnado escolar (emociones positivas, compromiso y relaciones sociales positivas) en comparación con clases tradicionales sin música (Wenceslao, 2019). Es por ello que, últimamente, se ha adoptado como estrategia la inclusión de elementos tecnológicos para comprobar si hay beneficios este campo disciplinar. Un estudio de didáctica de la EM mostró que el uso de tecnologías móviles para generar realidad virtual en conjunción con las métodos de enseñanza tradicionales puede mejorar la experiencia de aprendizaje musical en la educación primaria en términos de escucha activa, atención y tiempo (Degli et al., 2019). Otro estudio apunta la necesidad de llevar a cabo estudios que analicen los efectos psicológicos y motivacionales de programas de intervención escolar, especialmente en actividades con una finalidad artístico-expresiva (Sevil et al., 2016).

Si bien el hecho de que la EM no tenga asignatura propia es indicador de la falta de valor actual al arte en la escuela, tiene la ventaja de que hay una interdisciplinariedad curricular legalmente organizada. De hecho, la propia Orden aragonesa promueve el vínculo interdisciplinar con otras disciplinas como la EF para trabajar la danza: *«La interacción entre aprendizajes de diferentes áreas exige una planificación conjunta y coherente de acciones educativas transferibles entre sí, presentes en diferentes bloques (...) La música, el movimiento y la danza de Educación Musical se comunican con el bloque de Actividades artístico-expresivas, del área de Educación Física»* (p. 5). La EM se estructura en tres bloques de contenido: (1) la escucha, (2) la interpretación musical y (3) la música, el movimiento y la danza. Un contenido específico de este último bloque es la *«Creación e Interpretación de coreografías, ejercicios de expresión corporal y de dramatización de manera individual o colectiva»* (p. 61) y la *«Invención de coreografías para canciones y piezas musicales de diferentes estilos de manera libre o guiada»* (p. 61).

El movimiento corporal y la música han ido siempre de la mano, siendo una tradición muy reciente la costumbre de escuchar música de manera pasiva. En otras culturas la música no se entiende sin el movimiento (Phillips & Trainor, 2007). Así, la música es una experiencia multisensorial ya que no sólo implica el sentido del oído, sino también aspectos psicomotrices como la propiocepción o el equilibrio (sistema vestibular) (Sanabria, 2008). En concreto, la percepción del ritmo está fuertemente vinculado al

movimiento (Koelsch & Siebel, 2005; Phillips & Trainor, 2007). Las audiciones seleccionadas a nivel didáctico musical pueden ser analizadas, entre otras, mediante una metodología de audición activa pudiendo ser a través del movimiento expresivo (Sarffson, 2020), y acorde a la edad y los intereses del alumnado (García-Sánchez, Pérez, & Calvo, 2011).

La danza parece ser uno de los contenidos ideales para trabajar el movimiento y la música, como el currículo indica. La danza aúna lo motriz y lo expresivo, interactuando con elementos biológicos, psicológicos, sociales, culturales y estéticos, y conformándose con lo espacial, lo temporal y lo rítmico (Vicente et al., 2010). Las ventajas de la danza como contenido escolar han sido muy estudiadas, hallándose beneficios relacionales, coordinativos, expresivos, creativos, físico-condicionales y músico-rítmicos (Pérez-Castro & Urdampilleta, 2012). En el ámbito de la danza, la preparación psicológica es tan importante como la formación física y técnica (Amado, Sánchez-Miguel, Leo, Sánchez-Oliva, & García-Calvo, 2011), estando asociada directamente con el rendimiento (Taylor & Taylor, 2008). La enseñanza de la danza debe tener en cuenta los aspectos psicológicos, emocionales y motivacionales (Amado, 2015; Requena, Martín, & Lago, 2015). Los resultados de un estudio mostraron que la estrategia didáctica orientada a la tarea —según la teoría de la metas de logro de Nicholls (1984)— mostró relaciones positivas entre la motivación intrínseca e identificada con la satisfacción de las necesidades psicológicas básicas de competencia, autonomía y relaciones sociales —según la teoría de la autodeterminación (Ryan & Deci, 2017)— (Amado, Loe, Sánchez, Sánchez, & García, 2010). Igualmente, se hallaron correlaciones positivas entre la motivación intrínseca y las tres necesidades psicológicas básicas con la calma emocional como estrategia de afrontamiento del estrés (Amado et al., 2010). Estas positivas relaciones entre variables psicológicas también se hallaron respecto al estado de *flow* (flujo) con indistinción de la modalidad de danza practicada (Amado et al., 2011). Se hacen necesarios estudios experimentales con amplia muestra que analicen aspectos psicológicos de la didáctica de la danza, especialmente en población distinta a los bailarines profesionales (Amado et al., 2010; Amado et al., 2011).

Un problema de investigación y didáctico es la falta de formación de los maestros para desarrollar la danza como contenido escolar (Amado, 2015), requiriendo de métodos y recursos educativos que les ayuden a llevar a cabo la didáctica de la danza (Connel, 2009). La enseñanza de la danza debe tener en cuenta la sencillez, permitir experiencias expresivas personales, y la utilización del juego como elemento motivador y facilitador del aprendizaje (García-Sánchez et al., 2011). Dado que la música y la danza son un potente agente que moldea la identidad de los niños dado que transmiten no solo conocimientos sino también valores, creencias y estereotipos (Hidalgo, 2016, p. 21), es necesario aportar un gran repertorio de danzas y canciones de diferentes épocas

y culturas (Larraz, 1988, 2003). El método habitual de la enseñanza de la música, el movimiento y la danza según la literatura científica se basa, entre otros aspectos, en:

- Explorar las posibilidades motrices, tomando conciencia de las emociones y sensaciones experimentadas a través de la música (Canales, 2007; Meyer, 2001);
- Usar la música como recurso didáctico de introducción a otras actividades como la danza o la expresión corporal (Cuellar, 1995);
- Conocer y practicar bailes de diversas partes del mundo (Larraz, 1988, 2003);
- Promocionar el baile con música como posibilidades de ocio físicamente activo y divertido (Moreno & Cervelló, 2010);
- Reflexionar individualmente y en grupo sobre el esfuerzo y el trabajo motrizmente bien ejecutado en el baile con música (Viciano & Arteaga, 2004);
- Crear y practicar en grupo una coreografía con apoyo musical (Larraz, 2012; Learreta & Sierra, 2003; Viciano & Arteaga, 2004);
- Mejorar la coordinación con el resto de compañeros en una coreografía de expresión corporal y el baile (Viciano & Arteaga, 2004);
- Concienciar sobre la responsabilidad individual en un proyecto colectivo (García-Sánchez et al., 2011).

Una forma de revalorizar la EM y su carácter artístico dentro de la escuela es innovar e investigar sobre la misma, encontrando puntos de unión con otras áreas como la EF con inter-objetos como es la danza o el ritmo, así como la integración de métodos gamificadores y el uso de materiales tecnológico-digitales (Zainuddin, Chu, Shujahat, & Perera, 2020).

1.1.2. Tecnología y didáctica en la sociedad actual

1.1.2.1. Tecnologías de la Información y la Comunicación.

Gran parte de las innovaciones educativas en la actualidad están asociadas a un tipo específico de tecnología —la digital—, hasta el punto de que se ha viciado el concepto a nivel social y educativo, provocando que se limite la visión de todos los principios y consecuencias que implica la tecnología. En la actualidad se utiliza, de forma simplista, el término tecnología para referirse a los artefactos electromecánicos o digitales. No obstante, la mayoría del entorno en el que vive el ser humano hoy en día es tecnología o está tecnificado: la ropa, el suelo, el edificio, las gafas, las calles, etc. La tecnología es un *universal antropológico*, es decir, está presente en todas las culturas humanas dado que es una estructura básica de la vida humana —aunque no solo de la vida humana— (Fink, 1996). La tecnología es un tipo de relación entre el ser humano y el ambiente natural, en la cual el ser humano lo transforma, convirtiéndola en *artificial* (Aristóteles, 1995, p. 48), fundamentando la producción humana y la ciencia técnica (Marx, 2010), y desarrollando la categoría *trabajo* (Hegel, 1985). En la visión más instrumental —pero atendiendo a las nociones anteriores—, se podría definir *tecnología* como un

instrumento artificial derivado de la producción humana en su relación con la naturaleza en forma de trabajo. Esta reducción de la tecnología de su aspecto cultural-axiológico a su aspecto únicamente instrumental se debe la visión tecnócrata de la sociedad y la educación actual, la cual reduce las esferas de la *praxis* —ética y política— y la *theorós* —ciencia, epistemología— a la *techné* —fabricación técnica— (Habermas, 1986a): «*el núcleo ideológico de esta conciencia [tecnológica] es la eliminación de la diferencia entre práctica y técnica*» (p. 99). Por tanto, a nivel ontológico y a nivel aplicado en educación, la tecnología se puede concebir más allá de su noción instrumentalista (Adell, 2018), debiéndose entender como artefacto, conocimiento, actividad y valor (De Vries, 2012).

La tecnología digital es aquella derivada del proceso de digitalización. La digitalización es la representación codificada de una señal mediante *dígitos* binarios (grupos de 0 y 1), es decir, consiste en convertir cualquier tipo de fuente de información (lumínica, térmica, gráfica, sonora, fotográfica, etc.) en información en base a dígitos discretos binarios —en contraposición con la tecnología analógica—. Este proceso de digitalización lo realiza un digitalizador, como puede ser un ordenador —en el sentido de computador—. Este tipo de lenguaje matemático binario tiene la ventaja de ser mucho más eficiente y eficaz que otros medios analógicos, lo que en la práctica implica una potencia exponencialmente mayor para la información y la comunicación humanas. El desarrollo de la digitalización fue la que permitió el auge de las TIC en la segunda mitad del siglo XX (Macau, 2005). Las TIC son aquellas tecnologías especializadas en (re)producir, almacenar y procesar información, así como compartirla, enviarla y recibirla, permitiendo la comunicación (Camacho, Vera, & Mendez, 2018). Ejemplos de TIC muy comunes son la televisión, el ordenador portátil, el teléfono móvil o los reproductores de audio y vídeo. La Comisión de las Comunidades Europeas definió las TIC en 2001 para referirse a una amplia gama de servicios, aplicaciones y tecnologías, que utilizan diversos tipos de equipos («*hardware*») y de programas informáticos («*software*»), y que muy a menudo se transmiten a través de redes de telecomunicaciones («*netware*»). No obstante, entendían que la importancia de las TIC no es la tecnología en sí, sino el acceso al conocimiento, la información y la comunicación que esas permiten (Macau, 2005, p. 2). Este enfoque pasa por alto que, para tener una comprensión global y completa del fenómeno, se hace necesario no perder la esencia tecnológica —y por tanto antropológica— que hay detrás de esa información y comunicación que permite. A nivel técnico, las TIC tienen tres componentes principales:

- Ordenadores con todos sus componentes: hardware (procesadores y memorias) y software (programas, sistemas de información, documentación).

- Interfaces: hardware y/o software que conecta los ordenadores con las personas que los utilizan o con otros sistemas físicos. Por ejemplo el ratón, que conecta al usuario con

el ordenador. En el caso de la pizarra digital interactiva, lo característico es una interfaz de otro tipo entre el usuario y el hardware y software del ordenador.

- Redes de comunicaciones: permiten la comunicación entre varios ordenadores, y entre varios usuarios.

Las TIC también se pueden concebir por el contexto sociohistórico en el que se han desarrollado, es decir, en la SIC. En el siglo XVII en Europa había un sistema productivo mayoritariamente agrario; en el siglo XVIII comenzó la Primera Revolución Industrial basada en tecnología mecánica y del motor; en la segunda mitad del siglo XIX se produjo la Segunda Revolución Industrial, basada en la tecnología eléctrica; es a partir de la segunda mitad del siglo XX cuando comenzó un nuevo sistema productivo basado en la información y el conocimiento (Salas et al., 2011, pp. 117-118). Los avances de las ciencias de la informática y la electrónica permitieron una revolución de las comunicaciones (Macau, 2005), lo que se ha considerado la Tercera Revolución Industrial (Rifkin, 2011). La SIC se caracteriza por enmarcarse en la era digital (Pérez-Gómez, 2012) y en la sociedad red (Castells, 2011), donde hay una nueva ciudadanía digital con necesidades competenciales específicas (Ribble, Bailey, & Ross, 2004). La SIC ha permitido el desarrollo de los *prosumer*, es decir, personas que no solo *consumen* en la red, sino que *producen* en la red (De Pablos, 2015). Los jóvenes que han vivido sus primeros años de infancia, adolescencia y juventud en estas décadas de la SIC han recibido diferentes nombres, como *Generación Y o Milénica* (años ochenta y noventa), *Generación Z o Postmilénica* (mediados de los noventa e inicios del presente milenio) y la *Generación T o Táctil* (los años diez) (Fernández-Cruz & Fernández-Díaz, 2016), cuya nomenclatura responde, aunque de forma bastante ambigua y abierta, a haber compartido ciertos avances tecnológicos —como el *walkman*, los videojuegos, las redes sociales digitales, o los *smartphones*, respectivamente— y vivencias sociohistóricas. La nueva SIC promovida por las TIC ha tenido su influencia a nivel educativo (Sharan, 2014); los actuales estudiantes de educación primaria se podrían considerar pertenecientes a la Generación T, por lo que la tecnología digital-táctil como los *smartphones* no les son ajenos.

1.1.2.2. La didáctica en la Sociedad de la Información y el Conocimiento.

La educación, en tanto que inmersa en las SIC, debe incorporar una alfabetización digital, semejante y comparable a la que hubo respecto de la alfabetización tradicional en la cultura impresa renacentista y moderna (Castells, 2001). La educación en la SIC tiene necesidades emergentes condicionadas por el contexto tecnológico (Salas et al., 2011, p. 122): competencias cognitivas como la invención y la creación, competencias metacognitivas como la autoevaluación, competencias sociales como el trabajo en equipo y competencias emocionales como la motivación intrínseca o la autoeficacia.

Si el aprendizaje ya tenía lugar en los contextos tradicionales, la introducción de las TIC digitales ha incrementado mucho las oportunidades, recursos e instrumentos facilitadores del aprendizaje (Coll, 2016, p. 77). La incorporación de las tecnologías digitales en los escenarios educativos obliga a abrir nuevas líneas de investigación educativas que permitan conocer cómo se enseña y se aprende en la actualidad y reflexionar sobre la nueva teoría educativa (Salas et al., 2011, p. 116). Aunque se parta de una noción instrumentalista de las TIC en educación (Adell, 2018), un cambio en el diseño de los instrumentos retroactúa como cambio en la forma de la actividad de los sujetos, en las operaciones cognitivas que pueden ejecutar y en la transformación del contexto (Salas et al., 2011, p. 134), por lo que la simple introducción de un instrumento como puede ser un juego digital, o un *smartphone*, puede implicar varios cambios prácticos y cognitivos a nivel contextual en el aula, dado que se podría modificar la zona de desarrollo próximo (Vygotski, 1978) y podría cambiar la ecología del aprendizaje (Coll, 2016, p. 75).

La transformación digital de las últimas décadas está extendiéndose de forma progresiva en el sistema educativo, dejando atrás materiales didácticos como el libro de texto e incorporando nuevos materiales y entornos cada vez más digitales y más conectados: desde los casetes y vídeos, hasta videojuegos, realidad aumentada, realidad virtual, analíticas del aprendizaje, libros de texto digitales o *e-learning* (Area, 2020, pp. 19-26).

Nuevos recursos como el *smartphone* difieren respecto al material educativo clásico —el libro de texto— en que son polivalentes, es decir, no se asocian de forma cerrada a un tipo de contenido, ni a un contenido concreto. Así, este tipo de dispositivo puede representar código textual, aditivo, visual, interactivo, etc., y puede representar tanto un contenido de literatura como de matemáticas (Gros, 2019, p. 176). Ello implica que se convierte en un reto la selección o creación de recursos por parte del profesorado, pero también la concepción de estos por parte del alumnado como claro recursos educativos, y no solo ociosos o socializadores, como son habitualmente los *smartphones*, suponiendo entonces dispositivos distractores estimulantes. Se presupone que el *smartphone* será cada vez más un fenómeno donde se produzca aprendizaje, de manera formal o no formal, dado que facilita la nueva ecología del aprendizaje basada en el *WMUTE* (*Wireless, Mobile and Ubiquitous Technologies*) que permiten un aprendizaje ubicuo y en cualquier momento (Coll, 2016, p. 77). Hay dos desafíos a los que se enfrenta la escuela actual como institución de educación formal ante de la nueva ecología del aprendizaje, como son la personalización y la individualización del aprendizaje, las cuales son favorecidas y potenciadas por las TIC, especialmente por los *smartphones* y ordenadores. Estos dos desafíos se presentan como posibilidades de innovación e investigación en la escuela (Coll, 2016).

Si inicialmente la educación era informal y con la aparición de la escuela en los siglos XVIII y XIX se formalizó, en los últimos años la educación parece volver a sus

orígenes gracias a las TIC, ganando importancia los espacios educativos no formales (Martínez, 2019, p. 17). Esto puede haber sido producido por la férrea administración y burocratización escolar, que no permite permear ciertos cambios sociales y, por tanto, perdiendo valor para preparar al alumnado al mundo de la vida actual. La escuela debe pasar de utilizar un único canal de transmisión —hasta entonces ha sido el libro de texto— a usar diversas «plataformas pedagógicas» y recursos que den coherencia metodológica y de contenido a la nueva realidad sociocultural digital del alumnado (Gros, 2019, p. 175). Ello no significa que todo lo que existe a nivel social deba introducirse a nivel educativo, sino reflexionar sobre qué elementos deben incorporarse y cuáles no, con el objetivo último de educar para la vida. Por ello, se requiere repensar la escuela, a nivel axiológico, ontológico y metodológico, para adecuarla a la sociedad en la que se enmarca (Rivoltella, 2018). Como indica el filósofo Rivoltella (2013, p. 8): *«debe haber un cambio pedagógico de comprensión, métodos y finalidades educativas, reflexionando sobre las prácticas habituales, pues de lo contrario, la tecnología es una simple coartada que no responde a intereses pedagógicos»*.

La facilidad de acceso a las tecnologías digitales y a Internet, ha redibujado la situación educativa, ampliando las posibilidades formativas en cuanto a recursos disponibles, y compartiéndose de forma obligada las situaciones de aprendizaje entre los espacios habituales —como es la escuela— con los espacios de aprendizaje más informales como son los juegos digitales, por ejemplo (Gros, 2019, p. 175). Hay una reciente línea de investigación que está hallando los beneficios de las tecnologías digitales para promover el aprendizaje motor y el desarrollo de la competencia motriz en edad escolar; en concreto, encuentra que ya hay muchas contribuciones significativas al desarrollo de factores psicológicos relacionados con las actividades motrices, la motivación y la competencia percibida, la diversión y la mejora del éxito personal. En la edad de desarrollo, el conocimiento de los resultados de los estudios e investigaciones es particularmente importante porque permite al maestro y a los padres reorientar el uso de videojuegos y las tecnologías digitales en general (Monacis & Colella, 2019).

La perspectiva dominante no debe ser la tecnológica sino la didáctica, es decir, no se trata de acoplar como mejor se pueda algún instrumento tecnológico a la práctica didáctica, sino de descubrir si determinada didáctica podría aumentar su potencial con ayuda de la tecnología (Rivoltella, 2016a, p. 21), de lo contrario se caería en el solucionismo tecnológico (Morozov, 2015).

En la actualidad, el debate sobre las humanidades que plantea Garcés (2017) se puede concebir también en el ámbito socioeducativo, existiendo dos polos o actitudes respecto a la innovación y el cambio. Por un lado la actitud nostálgica y defensiva, que se lamenta y crea alarmas sobre lo que se está perdiendo —puede ser la tiza y la pizarra, jugar en la calle, las relaciones no mediadas por las TIC, etc.—, y por otro lado la actitud utópica asociada a la tecnología, donde se generan diseños de futuro y se rompen con ciertas tradiciones y hábitos. Concretamente en el ámbito de las TIC, existen tres

posicionamientos generales (Salas et al., 2011, p. 116): los tecnoutópicos —o tecnofílicos o tecnofantásticos— conciben las TIC como la panacea que pueden resolver todos los problemas educativos, incluso los de corte más socioético, e inciden en lo que la tecnología puede ofrecer; los tecnoapocalípticos o tecnofóbicos —o quizá los *amish* digitales—, que asocian a las TIC grandes perjuicios para la dinámica cultural de las personas, y acentúan lo que la tecnología puede quitar; por último, los tecnoescépticos mantienen una postura más prudente y se abstienen en el juicio hasta encontrar pruebas de diferente nivel epistemológico, concibiendo las TIC como un elemento antropológico más. La tecnofilia se representa en la sociedad de la obra moderna «Nueva Atlántida» de Francis Bacon (2017) y la tecnofobia en la sociedad de la obra contemporánea *1984* de Geoge Orwell (2018). El tecnoescepticismo sería compatible con el concepto de sabiduría digital (Prensky, 2009), consistente en identificar las necesidades digitales, hablar sobre decisiones en torno a recursos digitales, y aplicar soluciones efectivas a problemas específicos. A nivel educativo, será esta sabiduría digital la que haya que transmitir y hacer conseguir en el alumnado, dado que el sobreproteccionismo de la tecnofobia y la sobreexposición de la tecnofilia podrían generar actitudes no deseadas ante la actual cultura y ocio infantil y juvenil.

Esta sabiduría digital existe en el currículo en el concepto de competencia digital. La competencia digital es la facultad de una persona de usar y dominar los recursos cognoscitivos, motrices, afectivos y axiológicos que posee, para desenvolverse con éxito en los ámbitos de la vida especialmente relacionados con la era digital, y no al revés, esto es, que los ámbitos digitales dominen la vida de la persona (Quintas, 2019d). Un uso prudente y responsable de los videojuegos, los ordenadores y los *smartphones* en la escuela permitirá dotar al alumnado de autonomía e independencia para disfrutar de los recursos tecnológicos con las debidas garantías de eficacia, seguridad y libertad. En el ámbito del profesorado, la competencia digital implica saber transformar las TIC en tecnologías para el aprendizaje y el conocimiento y en tecnologías para el empoderamiento y la participación, que permita hacer un uso eficaz y autónomo, pero también crítico, seguro y emancipador de las mismas. En este sentido, se deben concebir los videojuegos y los *smartphones* como una oportunidad de aprendizaje y conocimiento, compatible con otros usos, entre los que impera el ocio. Esto permitirá promocionar conductas saludables ante la nueva realidad digital, incluso educando en la dieta digital y mediática (Ferrari, Rivoltella, LoJacono, & DeCani, 2019; Lo Jacono, 2018). «Dieta» procede del término griego «*díaita*» —«*δίαιτα*»—, que refería a régimen de vida. No debe asociarse por tanto solo a la nutrición, sino a cualquier hábito. De igual forma no debe asociarse solo a restricción o privación del consumo, dado que, en el caso de la nutrición, puede haber dietas hipercalóricas por ejemplo (Quintas, 2020, pp. 110-113). Hablar de dieta presupone pensar un reparto equilibrado en los hábitos de uso y consumo. Si bien existen dietas alimenticias extremas —que quitan un tipo de alimentos u otros, por diversas razones fisiológicas o axiológicas, la mayoría de los

expertos intentan construir una dieta equilibrada y personalizada, que incluya una gran variedad de alimentos y en su proporción justa. De igual forma, una dieta mediática para educación primaria debería implicar pensar qué tipología de videojuegos debería incluirse, en qué franjas temporales, durante cuánto tiempo y cómo incluirlos o restringirlos de manera proporcionada, entendiendo que no existe una dieta universal y válida para todo el mundo (Ferrari et al., 2019). En este sentido, los posicionamientos tecnofóbicos consistentes en retirar —o no incluir— los videojuegos en el aula con fines proteccionistas acaban teniendo resultados contrarios: una exposición extraescolar más peligrosa para el alumnado de primaria, dado que no se le ha dado recursos actitudinales e info-alfabéticos para hacer frente a esa realidad. El neuropsiquiatra Tisseron (2016) entiende que son la autorregulación y la responsabilización las estrategias a través de las cuales se promueve un uso consciente y equilibrado de las pantallas, lo que no requiere un monitoreo constante de los adultos —que cada vez es más difícil— porque el educando es capaz de reflexionar y tener un espíritu crítico.

Debe existir coherencia entre el material digital y el entorno de aprendizaje creado para fundamentar acciones educativas innovadoras y de valor (Gros, 2019, p. 179). Las tecnologías digitales, y en especial los *smartphones*, tienen cada vez una mayor función en crear las experiencias de aprendizajes, por lo que el foco de innovación e investigación en ese campo deviene relevante (Gros, 2019, p. 183). Existen varios modelos de incorporación o relación entre la tecnología digital y la escuela. El modelo TPACK (*Technology, Pedagogy, and Content Knowledge*) (Mishra & Koehler, 2006), se basa en la integración por parte del especialista docente de tres áreas de conocimiento: el didáctico —que denomina pedagógico—, el disciplinar, y el tecnológico. Para diseñar una intervención educativa el docente debe tener en cuenta el conocimiento disciplinar específico de su materia —educación física, música, etc.—, el conocimiento didáctico para comprender los procesos de enseñanza-aprendizaje, y el conocimiento técnico para manejar tecnología digital y no digital. En este modelo se equipara a nivel ontológico y epistemológico la esfera didáctica y la tecnológica, por lo que no entiende la tecnología como una simple herramienta, sino como una práctica, al igual que la didáctica. A nivel de diseño de intervenciones educativas, sigue el modelo clásico de programación educativa basada en elementos curriculares previamente establecidos.

El modelo SAMR (*Sustitución, Aumento, Modificación y Redefinición*) (Puentedura, 2014, en Gros, 2019, p. 184) describe cuatro niveles de integración posibles de las tecnologías digitales con la didáctica, asociables a la taxonomía de Bloom (1986): la primera es la *sustitución*, consistente en sustituir un recurso tradicional por uno tecnológico-digital, pero sin implicar un cambio metódico, por lo que el alumnado realiza esencialmente el mismo tipo de tareas; la segunda es el *aumento*, donde la introducción del recurso tecnológico-digital implica una mejora funcional en la experiencia de aprendizaje —su potenciación—, si bien no viene acompañada de un

cambio metódico en la didáctica; la tercera es la *modificación*, basada en el cambio metódico y en el rediseño de las actividades de enseñanza-aprendizaje, apoyadas en algún recurso tecnológico-digital; la cuarta es la *redefinición*, basada en la transformación del ambiente de aprendizaje, la cual no solo se apoya en los recursos tecnológico-digitales sino que no se podrían desarrollar sin ellos.

Lin, Wang, y Lin (2012) proponen un modelo de integración que cruza cinco niveles posibles de la dimensión tecnológica y cuatro niveles de la dimensión didáctica —que denomina «pedagógica»—. La esfera tecnológica incluye desde el nivel *básico*, reducido a un uso esporádico y administrativo de la tecnología digital, hasta el nivel de *innovación*, en la cual se desarrollan nuevos usos y aplicaciones de la tecnología, proporcionando experiencias de aprendizaje únicas y diferentes, como puede ser la inmersión en un mundo digital, el aprendizaje ubicuo o la construcción de elementos virtuales. Los niveles intermedios son la *adopción* —tecnología para apoyar el rol del docente tradicional—, la *adaptación* —se pretende un aumento de la productividad del alumnado—, y la *apropiación* —se focaliza la construcción activa de conocimiento por parte del alumnado—. La dimensión didáctica incluye la instrucción directa —la didáctica tradicional—, el aprendizaje activo —se promueve la comprensión del alumnado—, el aprendizaje constructivo —basada en la autoconstrucción del conocimiento por parte del alumnado—, y el aprendizaje social expandido —donde el alumnado se enfrenta a situaciones reales extraescolares—.

La tecnología digital permite repensar el aula como espacio de aprendizaje experiencial, y especialmente los videojuegos son un modelo a seguir respecto a cómo aprende el alumnado (Rivoltella, 2016a, p. 17). Sin embargo, la incorporación y educación de los mismos deben seguir unos principios didácticos, a saber (Rivoltella, 2016b, p. 8):

- (1) Autorregulación: no se trataría de sobreproteger a los niños de la presencia de las pantallas y los videojuegos, sino de darles recursos para que sepan convivir equilibradamente con ellas.
- (2) Alternancia: la dieta digital debe caracterizarse por un «y-y» y no por un «o-o». En este sentido, los videojuegos no sustituyen a los juegos tradicionales de EF o EM. Se deben ofrecer varias opciones y un reparto equilibrado en los tiempos de uso, durante las clases en el colegio y fuera de ellas.
- (3) Acompañamiento: refiere al papel del maestro (y los adultos) en el proceso de la educación tecnológica con pantallas. El problema de las pantallas —como cualquier problema educativo— no se resuelve de una vez por todas adoptando filtros de navegación o decidiendo no adquirir un *smartphone* para el educando. Se requiere tiempo, paciencia, capacidad de lectura de cada situación y disponibilidad para ir creciendo junto al niño.

1.2. La gamificación

1.2.1. El concepto de gamificación

Existen múltiples definiciones de «gamificación» que inciden en diferentes aspectos, por lo que se propone para esta investigación una combinación ajustada de las más adecuadas. *Gamificación* refiere al uso de elementos del diseño de los [video]juegos en contextos no-lúdicos (Deterding, Dixon, Khaled, & Nacke, 2011) para modificar comportamientos en las personas mediante acciones sobre su motivación (Kapp, 2012; Teixes, 2014). En el ámbito de la educación, se hablará de gamificación educativa —o *gameducation* (Mohammad, 2014)—, matizando en la definición *modificar en el alumnado comportamientos hacia el aprendizaje mediante acciones sobre su motivación*. Como sigue existiendo controversia en su conceptualización, se hace necesario justificar las partes de la definición expuesta (Quintas, 2019c):

- *Uso de elementos del diseño*: la gamificación consiste en aplicar elementos de diseño de videojuegos, y no los videojuegos mismos, por ello, puede haber gamificación sin la presencia de un [video]juego (Borges, Durelli, Reis, & Isotani, 2014). Por otra parte, no se especifica qué elementos aplicar, dado que se puede gamificar de muy diferentes maneras según el número y tipo de elementos del diseño que se utilicen. Así, la gamificación se diferencia de la estrategia del aprendizaje por juegos, y tampoco consiste en diseñar juegos, sino en aplicar elementos de los mismos.

- *Del diseño de los videojuegos*: la gamificación refiere principalmente al diseño de videojuegos, y no a los juegos. Ello implica su incisión en un mayor número de retroalimentaciones, una estética más audiovisual, unos cálculos y estadísticas constantes, más interactividad, y otros elementos más propios de los videojuegos que de los juegos. La mayoría de las definiciones de gamificación la asocian a los juegos en general, y no a los videojuegos en especial, por lo que este aspecto podría ser el más polémico. Si bien puede darse gamificación basándose en el diseño de juegos —dado que los videojuegos no dejan de ser una categoría de juegos—, la naturaleza de la misma se basa más propiamente en el diseño de los videojuegos. Un indicio de esto es que la gamificación se ha conceptualizado hace no más de 20 años, es decir, en una época de existencia y extensión masiva del videojuego. Otro indicio es que el primer uso terminológico se produjo en 2002 por Nick Pelling, refiriéndose a recompensas específicamente en entornos digitales. Aceptar el diseño del juego como referente implicaría entender que la gamificación tiene siglos de historia, y no un fenómeno nuevo y reciente (Quintas, 2020, pp. 84-85).

- *En contextos no-lúdicos*: la gamificación puede ser aplicada a una empresa, una banda de música, un hospital o un centro educativo. Es decir, su objetivo último no es la diversión *per se*, sino conseguir un objetivo serio, previo y externo a la propia diversión. En este sentido, se asemeja a la estrategia del juego serio —*serious games*— o la estrategia de la simulación.

- *Para para modificar comportamientos en las personas mediante acciones sobre su motivación*: la gamificación es una estrategia cuyos fundamentos son psicológicos, esto es, busca incidir en la conducta, en concreto a través de la motivación. Esto es lo que lo diferencia de los juegos serios y de la simulación. En el caso de la gamificación educativa, no se incide directamente sobre el aprendizaje —uno de los objetivos fundamentales de la didáctica—, sino sobre la motivación, la cual es facilitadora o inhibidora del aprendizaje (Quintas, 2019a). Sin embargo, en los juegos serios y en la simulación se mejora el aprendizaje directamente, dado que se usan propiamente como actividades de enseñanza-aprendizaje.

Un ejemplo claro de inicio de gamificación sería cuando la madre o el padre convierte metafóricamente la cuchara en un avión y la boca del niño en un aeropuerto; de esta manera, una situación tan seria como es la nutrición le da un enfoque lúdico para el participante. No obstante, la gamificación implica toda una reforma contextual del proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo que el ejemplo sería solo una actividad aislada que, en sí misma, no supondría gamificación, sino una simple actividad lúdica. En la película de *Mary Poppins* de 1964, la niñera recuerda a los niños la necesidad de recoger su habitación, la cual está totalmente desorganizada. En lugar de obligarles de manera coactiva, les invita a realizar la actividad con otro enfoque, diciéndoles: «*Todo trabajo tiene algo divertido, y si encontráis ese algo, en un instante... ¡chup!* [chasquido con los dedos], *se convierte en un juego*». En ese momento, comienza la *magia*: la diversión, la música, la alegría... Esta atmósfera que sabe crear Mary Poppins sí que tiene más que ver con la gamificación, porque es envolvente, contextual, y no se basa solo en una técnica concreta.

El término «gamificación» lo acuñó Nick Pelling en 2002, aunque no comenzó a ganar popularidad hasta 2010 (Rodríguez & Campión, 2015). La gamificación ha tomado importancia en el mundo empresarial con un objetivo final: aumentar la productividad —mediante la motivación del personal trabajador—. Habría que pensar si realmente se quiere aumentar la productividad en el sistema educativo, o en qué sentido se quiere aumentar. Una idea valorable sería mejorar el rendimiento académico, conseguir lo mismo en menos tiempo, para que las personas tengan más tiempo de ocio y tiempo libre, conseguir lo mismo de forma más placentera y agradable, o conseguir lo mismo para más alumnado. Este sería el planteamiento de la gamificación para la presente tesis doctoral, aunque trascienda a la misma, dado que suele suceder que, tras encontrar un método educativo más eficaz, el alumnado sigue atareado durante el mismo número de horas.

La gamificación educativa no está exenta de polémicas o críticas. Si se puede considerar que está de moda, es porque el aspecto psicoemocional también lo está. El filósofo Byung-Chul Han (2015) analiza en su *Psicopolítica* cómo al sistema productivo actual le conviene el tratamiento de las emociones, de la emocionalidad, en lugar de la racionalidad: «*El capitalismo del consumo introduce emociones para estimular la*

compra y generar necesidades. [...] En última instancia, hoy no consumimos cosas, sino emociones. Las cosas no se pueden consumir infinitamente, las emociones, en cambio, sí. Las emociones se despliegan más allá del valor de uso» (p. 72). Es a través de las emociones como el sistema productivo quiere influir en las acciones de los individuos, a un nivel emotivo pre-reflexivo. De esta forma, mediante la gamificación, lo que se ha pretendido es introducir las emociones que produce el juego en el ámbito del trabajo —para aumentar la productividad—. Así, con algunas de las estrategias, como la gratificación instantánea, o las rápidas experiencias exitosas, se pretende que el jugador-trabajador esté más automotivado y tenga más iniciativa que el trabajador funcional racionalizado (Han, 2015).

La gamificación puede ser adecuada para el sistema educativo si se reescribe la finalidad con la que nació, y se le enfocan objetivos claramente educativos, y medios que no impliquen la simple rapidez y la productividad, sino valores y acciones previamente reflexionados pedagógicamente, asociados a la calidad educativa, el bienestar y el aprendizaje (Quintas, 2020, p. 95).

1.2.2. Fundamentos psicocientíficos y educativos de la gamificación

La gamificación se ha justificado y fundamentado teóricamente desde teorías psicológicas de la motivación, si bien unas más científicas que otras. Las citadas más comúnmente (Rodríguez & Campión, 2015; Teixes, 2014) son la Teoría de la Autodeterminación (Deci & Ryan, 1985; Ryan & Deci, 2017), la Teoría del Flow (Csíkszentmihályi, 1988), la Teoría de las Metas de Logro (Nicholls, 1984), la Teoría de la Diversión (Koster, 2004) o la Teoría del Establecimiento de Objetivos (Locke & Latham, 2002). Las más investigadas científicamente son las tres primeras, por lo que se explicarán a continuación.

La Teoría de la Autodeterminación (SDT, en inglés) es una macroteoría de la psicología humana sobre la motivación, el desarrollo y el bienestar, y parte de la concepción de la autonomía como la capacidad para regular la propia conducta en un contexto de influencia social (Ryan & Deci, 2017, p. 79). Esta teoría ha sido ampliamente utilizada en educación (Ryan & Deci, 2017, pp. 351-357), y ya se ha aplicado con éxito en los contextos de juegos y gamificación (Sailer, Hense, Mayr, & Mandl, 2017). La Teoría de la Evaluación Cognitiva, que es una subteoría de la anterior, aborda los efectos de los contextos sociales (eventos externos en general, como recompensas) en la motivación. Por otro lado, hay una segunda subteoría, la Teoría de la Integración Organísmica, la cual postula que la motivación es un continuo. De más a menos autodeterminación, estaría la motivación intrínseca, la motivación extrínseca y la desmotivación. Si la motivación intrínseca se refiere a la participación en una actividad por el placer y la satisfacción que uno siente al hacerlo, la motivación extrínseca se refiere a la participación y compromiso con la actividad como un medio para lograr algo, pero no como un fin en sí mismo. Con respecto a la motivación extrínseca, hay

diferentes formas en que se regula el comportamiento: regulación externa, regulación introyectada y regulación identificada —también estaría la regulación integrada, que según el instrumento utilizado no se discrimina de la regulación intrínseca típica de la motivación intrínseca— (Tabla 1). La regulación externa implica un comportamiento regulado por incentivos externos, como recompensas o castigos. La regulación introyectada se caracteriza por establecer reglas de acción que están asociadas con las expectativas de autoaprobación y evitar sentimientos de culpa y ansiedad. Esto se refiere a la identificación del sujeto con la importancia de la actividad para sí mismo, pero la decisión de actuar proviene de un beneficio externo y no del placer inherente a la actividad en sí. La desmotivación se refiere a la falta de intencionalidad y la ausencia relativa de motivación (González-Cutre, Martínez, Gómez, & Moreno, 2010a; Ryan & Deci, 2017).

Tabla 1. El continuo de la autodeterminación mostrando los tipos de motivación con sus regulaciones y lugares de percibidos de causalidad. Adaptado de Ryan y Deci (2000, p. 72).

Comportamiento	No-autodeterminado «—————» Autodeterminado					
Tipo de motivación	Desmotivación	Motivación extrínseca				Motivación intrínseca
Tipo de regulación	Sin regulación	Regulación externa	Regulación introyectada	Regulación identificada	Regulación integrada	Regulación intrínseca
Lugar percibido de la causalidad	Impersonal	Externo	Algo externo	Algo interno	Interno	Interno

En concreto, la Teoría de las Necesidades Psicológicas Básicas (BPN) es otra subteoría de la SDT que establece tres necesidades innatas que favorecen una motivación y un bienestar óptimos (Deci & Ryan, 2000): percepción de competencia, percepción de autonomía y percepción de relación social. La necesidad de competencia se refiere a creer en la capacidad de uno para realizar una determinada tarea de manera eficiente y efectiva. La necesidad de autonomía —autodeterminación— se basa en el deseo de experimentar un «lugar» interno de causalidad, de sentir el origen de las propias acciones. La necesidad de relación social denota un sentimiento de pertenencia o estar conectado con otros (Ryan & Deci, 2017, pp. 96-97). Satisfacer estas necesidades en las clases de educación física puede mejorar los resultados afectivos, cognitivos y conductuales (Ntoumanis & Standage, 2009). Las relaciones positivas vinculan la competencia, la autonomía y las relaciones sociales en la motivación y las intenciones de ser físicamente activo en el campo de educación física primaria (Franco & Coteron, 2017; van Aart, Hartman, Elferink-Gemser, Mombarg, & Visscher, 2017).

Respecto a las necesidades psicológicas básicas, los estudios experimentales que estudian los efectos de la gamificación son también escasos (Seaborn & Fels, 2015). Algunos, consideran que la gamificación no es efectiva *per se*, es decir que es un mero constructo teórico, pero que tiene elementos específicos del diseño del juego que sí tienen efectos psicológicos específicos (Sailer et al., 2017). Peng, Lin, Pfeiffer, y Winn

(2012) demostraron que el ajuste del nivel de dificultad y las insignias llevaron a una mayor satisfacción de la necesidad de competencia, mientras que la libertad con respecto a la personalización del avatar llevó a una mayor satisfacción de la necesidad de autonomía. Las insignias, tablas de clasificación y gráficos de rendimiento afectan positivamente la competencia, así como la satisfacción de las tareas y el sentido percibido de la tarea, mientras que los avatares y los compañeros de equipo afectan las experiencias de relación social (Sailer et al., 2017). En contraste con esos hallazgos, Mekler, Brühlmann, Tuch, y Opwis (2017) no han observado efectos beneficiosos en la incorporación de los puntos, las tablas de clasificación y los niveles en la satisfacción de las necesidades psicológicas, aunque sí en el rendimiento académico. Por lo tanto, la escasa investigación actual plantea un escenario ambiguo con respecto a los efectos de la gamificación en las necesidades psicológicas básicas.

La Teoría del Flow (Csíkszentmihályi, 1990) es otra teoría psicológica que establece que el *flow* o flujo es un estado óptimo de experiencia, caracterizada por una absorción total en la tarea que se está llevando a cabo y la creación de un estado de concentración que facilita la aparición de un rendimiento óptimo. Esta teoría usa el término *flow* en el sentido de cierta sensación de un movimiento aparentemente sin esfuerzo que caracteriza a ciertas experiencias, y surgió a partir de la observación y descripción de personas concentradas realizando tareas tan diferentes como jugar al ajedrez, tocar el piano o bailar (González-Cutre, Moreno, & Cervelló, 2010b, p. 197). Csíkszentmihályi (1988) considera que hay más propensión en ciertos individuos a experimentar el estado de *flow* debido tanto a diferencias innatas como derivadas de aprendizaje. Entiende que estas personas tienen una personalidad más autotélica, y son *disposicionalmente* más dotadas para experimentar el estado de *Flow*, lo que implica que son capaces de disfrutar de lo que están haciendo con independencia de las recompensas externas. Csíkszentmihályi (1990) y Nakamura y Csíkszentmihályi (2002), describieron nueve dimensiones que caracterizan la experiencia del flujo:

(1) Un equilibrio entre el desafío de la tarea y las habilidades del individuo: percibir un desequilibrio entre la habilidad propia y el reto a superar dará lugar a relajación y aburrimiento —cuando la habilidad se considera muy por encima del reto— o la sobreactivación y la ansiedad —cuando el reto se considera muy por encima de la habilidad—. Por ello, las tareas educativas deben promover que el alumnado perciba un equilibrio entre estas dos variables, para que de esta forma haya más probabilidad de que actúe dentro del *canal de flujo* (Figura 1).

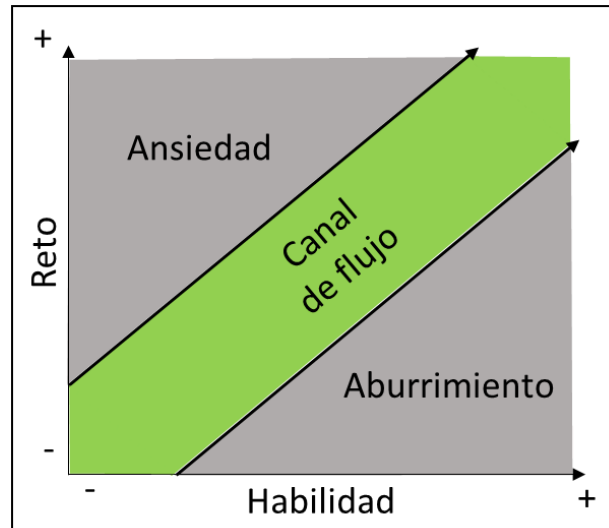


Figura 1. Equilibrio entre habilidad y reto para alcanzar el estado de *Flow*. Adaptado de Csíkszentmihályi (1990, p. 74).

- (2) Una unión de acción y pensamiento: refiere al trabajo conjunto y automático —sin esfuerzo— entre los pensamientos y los actos que se están realizando. El sujeto debe sentirse *absorbido* en la actividad, realizando la actividad de manera forma espontánea y focalizada.
- (3) Una claridad de objetivos: el participante tiene claras las metas que está buscando conseguir de forma previa y simultánea a la actividad.
- (4) Retroalimentación inequívoca: el participante recibe feedbacks suficientes y claros sobre su propia actuación, de forma que puede ir ajustando y adecuando su actuación. La fuente del *feedback* puede ser de cualquier tipo: interno, externo, físico, visual, auditivo, reflexivo, etc.
- (5) Concentración en la tarea: el sujeto es capaz de focalizar las actuaciones según las metas establecidas, evitando distracciones y teniendo una concentración máxima y provechosa.
- (6) Un sentimiento de control de la actividad: el participante siente que tiene la competencia necesaria para realizar la tarea que está realizando, es decir, tiene confianza sobre sus propias capacidades y sobre la posibilidades de adquirir éxito, evitando el miedo al fracaso o la sensación de que el éxito no depende de su actuación —sino de aspectos ajenos a él mismo—.
- (7) Una pérdida de la autoconciencia: el sujeto no piensa tanto en metaprocesos —sus pensamientos, sus inquietudes, sus dudas, etc.—, es decir, hay una conciencia reducida de sí mismo dado que hay mayor atención y concentración sobre la tarea externa.
- (8) Una transformación del tiempo: el participante tiene una percepción del tiempo alterada respecto al tiempo objetivo-socializado —el tiempo cronológico—, pudiendo ser una percepción más rápida o más lenta según la actividad. Esto puede estar asociado a las dimensiones (2) y (7).

(9). Una experiencia autotélica: el sujeto siente que la tarea que realiza no la hace por una razón o causa ajena a sí misma, esto es, la actividad tiene una finalidad en sí misma, en tanto que es reconfortante, valiosa y divertida (González-Cutre et al., 2010b, pp. 199-200).

Actualmente, se ha sugerido que el flujo se debe ver más bien como dividido entre la colección de condiciones para alcanzar el estado de flujo (1, 3, 4, 6, 9) y los resultados psicológicos que se derivan de alcanzar el estado de flujo (2, 5, 7, 8) (Hamari & Koivisto, 2014; Nakamura & Csikszentmihalyi, 2002). Se espera que la gamificación promueva el estado de *flow* en tanto que se basa en aumentar los niveles de implicación, deseo, reto y placer hacia las actividades, si bien puede depender de las diferentes personalidades de los participantes (Bartle, 2003).

Por último, la Teoría de las Metas de Logro (AGT, en inglés) (Nicholls, 1984) se ha presentado como una teoría psicológica útil para explicar el comportamiento, la cognición y la afectividad de alumnado escolar, específicamente en EF (Gu & Solmon, 2016). Esta teoría concibe que el individuo es un organismo intencional, dirigido racionalmente hacia metas. Un contexto de logro es un ambiente en el que participa un sujeto, y tiene que demostrar su competencia y habilidad, y en el que recibe influencias para la orientación de sus metas (Nicholls, 1984), como por ejemplo en la escuela. En un contexto de logro los objetivos de un individuo consisten en esforzarse por demostrar competencia y habilidad —ya sea de forma comparativa-competitiva o criterial—, por lo que pueden estar orientados al ego/rendimiento o a la tarea/maestría. Es por ello que la competencia motriz percibida se torna una variable psicológica interesante de estudiar en el contexto escolar. Los entornos creados en los contextos de logro por agentes educativos, maestros o padres se han denominado «climas motivacionales» (Ames, 1984). Una clima motivacional refiere a un ambiente basado en un entorno de logro, modulado por aspectos influenciadores hacia el participantes como los adultos —maestros, padres...—, el sistema de recompensas, el diseño de las actividades, o el sistema de evaluación, de forma que aportan constantemente señales implícitas o explícitas al participante sobre cómo debe motivar su conducta y demostrar su competencia (Martínez, Alonso, González, Parra, & Moreno, 2010b). De esta forma, el logro puede ser interpretado subjetivamente por el individuo, al igual que el éxito y el fracaso. El ambiente educativo es un contexto de logro que puede influir en la orientación de los objetivos del individuo, y en concreto la gamificación es una estrategia que permite generar ambientes determinados, especialmente dirigidos a motivar a los participantes.

La motivación de logro refiere, por tanto, al esfuerzo que hace una persona por demostrar competencia y habilidad en un contexto de logro (Nicholls, 1984). Dentro de esta teoría motivacional del logro, Nishida (1988) construyó un modelo transcultural —mas allá de la cultura japonesa— aplicado a la EF, descubriendo que aquellos escolares más orientados hacia la tarea obtenían mejor rendimiento académico respecto a aquellos

que manifestaban una motivación orientada hacia el ego y la evitación. El modelo de motivación de logro de Nishida incluye tres dimensiones confirmadas: el compromiso y la dedicación hacia el aprendizaje, la competencia motriz percibida (PMC), y la ansiedad ante el error y las situaciones de estrés (Graupera, Gutiérrez, Nishida, & Ruiz, 2004; Nishida, 1988). Esta teoría psicológica es especialmente útil para promover el ejercicio físico fuera de las aulas, dado que se han hallado en el contexto de educación primaria relaciones positivas entre la PMC y la motivación y las intenciones de ser físicamente activo (Franco & Coteron, 2017; Márquez, Azofeifa, & Rodríguez, 2019; Ntoumanis & Standage, 2009; van Aart et al., 2017).

Los climas motivacionales orientados a la tarea se asocian con el disfrute, la satisfacción, el éxito autoreferenciado, el esfuerzo, la posibilidad de elegir tareas o el aprendizaje cooperativo; sin embargo, los climas motivacionales orientados al ego están asociados con afectividad negativa, y con la sensación de presión y de evaluación pública (Gu & Solmon, 2016; Martínez et al., 2010b). Las percepciones de los estudiantes de un clima centrado en la tarea están relacionadas con niveles más altos de interés y disfrute hacia la EF, la motivación, un mayor enfoque en el aprendizaje y la mejora de su habilidad, y la adquisición del conocimiento asociado con estilos de vida saludables (Gu & Solmon, 2016; Ommundsen & Kval, 2007; Xiang, Solmon, & McBride, 2006). Por una lado, la satisfacción está positivamente asociada la orientación a la tarea (Fernandez, Méndez, Cecchini, & González, 2011; Martínez et al., 2010b; Ntoumanis, 2005), mientras que algún estudio no ha hallado la una correlación significativa entre el aburrimiento y la orientación hacia el ego (Baena, Granero-Gallegos, Bracho-Amador, & Pérez-Quero, 2012). Proponer actividades divertidas para el alumnado escolar aumenta la participación en la clases, su interés en el aprendizaje y su intención de realizar las actividades realizadas en clase pero en su tiempo libre (Hortigüela, Gutiérrez, & Hernando, 2017; Ntoumanis, 2005), como puede ser bailar o usar el exergame. En este sentido, Wallhead, Garn, y Vidoni (2013) descubrieron que el disfrute era percibido por los estudiantes cuando había algunos objetivos de reconocimiento social y afiliación social en clase, es decir, que eran predictores de la participación extracurricular de actividades con ejercicio físico.

1.2.3. Las arquitecturas de la gamificación

Debido a su reciente aparición y la escasa investigación, hay poca sistematicidad para aplicar gamificación y múltiples propuestas. Las tres más extendidas son la arquitectura PBL —*points, badges y leaderboards*— (Werbach & Hunter, 2012), la arquitectura «Octalysis» (Chou, 2014) y la arquitectura MDA —*mechanics, dynamics y aesthetics*— (Hunicke, LeBlanc, & Zubek, 2004). Todas ellas pretenden captar, retener y hacer evolucionar al jugador-alumno mediante la motivación. La arquitectura PBL ha sido criticada por ser demasiado simple, fomentar una motivación a corto plazo (útil por tanto para una sesión pero no para una asignatura), o ser útil sólo en alumnos-jugadores

de perfil «conseguidor» (Bartle, 2003). Respecto a la segunda arquitectura mencionada, en su obra «*Octalysis*», su autor Chou (2014) la subtitula «*más allá de los puntos, insignias y clasificaciones*» porque parte de una concepción más amplia de la gamificación, la cual la define como «el arte de obtener diversión y elementos divertidos encontrados normalmente en juegos y aplicarlos cuidadosamente al mundo real o a actividades productivas» (2014, p. 8). Su modelo se basa en ocho motores-conductores de la motivación, basados en la psicología y no en la fisiología —placer sensitivo—, que pueden estar presentes en diversa medida en una acción, o no estar presentes (Chou, 2014, pp. 25-28): (1) sentido épico y de llamada, (2) desarrollo y realización, (3) fortalecimiento de la creatividad y retroalimentación, (4) propiedad y posesión, (5) influencia social y relación, (6) escasez e impaciencia, (7) imprevisibilidad y curiosidad y (8) pérdida y evitación. La eficacia de la arquitectura Octalysis prácticamente no ha sido investigada científicamente (Freitas et al., 2017), por lo que es un planteamiento por el momento teórico, si bien bastante holístico.

La presente tesis doctoral se va a basar en un modelo ajustado y adaptado de la arquitectura MDA, dado que ya incluye al PBL, presenta una alta aplicabilidad específicamente en el contexto educativo y cuenta con el apoyo de estudios científicos. La arquitectura MDA, refiere a los tres pilares del diseño de los videojuegos, en este caso aplicados a un sistema gamificado (Quintas, 2019c, pp. 260-265):

1) *Mecánica*: es el conjunto de elementos constitutivos del sistema, la relación entre estos, y el modo en que puede funcionar rutinariamente un sistema. Determina los límites del cómo se puede *jugar* o *actuar* dentro del sistema. Este es el aspecto de la arquitectura que el diseñador-profesor puede controlar directamente, dado que los siguientes no estarán totalmente controlados. Ejemplo en juego: en el ajedrez la mecánica es el conjunto de piezas que hay, el tablero, los tipos de movimientos que tiene cada pieza, las reglas de juego, etc. Ejemplo en educación: cuando un alumno-jugador entrega una tarea educativa dentro del plazo establecido, recibe 1000 puntos. Elementos:

- Puntos: valores numéricos asignados tras la acción del jugador-alumno. Son el *feedback* más rutinario en el sistema. Pueden tener diferente valor (1, 10, 100), ser de diferente tipo (puntos de experiencia, puntos de habilidad, puntos cooperativos, etc.) y presentarse en diferente cantidad. Igualmente, pueden funcionar a modo de refuerzos o castigos positivos, por lo que habrá que controlar bien la asentada psicología conductista operante (Skinner, 1953), uno de los fundamentos en los que se basa la presente tesis doctoral. El conductismo, bien entendido y planteado, es un modelo explicativo y prescriptivo muy útil a nivel educativo. Como advirtió el propio Skinner (1953, p. 43): «*El castigo es la técnica más comúnmente utilizada en la vida moderna. El patrón es familiar: si un hombre no se comporta como deseas, golpéalo; si un niño se porta mal, dale un cachete; si la gente de un país se comporta mal, bombardéala*».

Es por ello que la gamificación de esta tesis se va a basar en la técnica del refuerzo y no en la del castigo —que también tiene su razón de ser, pero para otras finalidades—.

- Insignias: tienen la naturaleza de los puntos, pero por su escasez o dificultad para conseguir, se les concede más valor. Sirve a modo de distintivos, medallas o reconocimientos, conseguibles a partir de un reto o desafío planteado por la situación de enseñanza. No debieran ser la finalidad de la actividad de aprendizaje.

- Tablón de resultados: es aquella zona, material o virtual, donde se encuentra todo lo conseguido por el jugador-alumno hasta el momento. Debe estar actualizado constantemente, ser fácilmente consultable y entendible, reflejando un resumen de todo lo conseguido (estadísticas, gráficas).

- Clasificaciones: sería un tablón de resultados social, donde se comparan las estadísticas de varios alumnos-jugadores.

- Reto: es un objetivo de mayor dificultad que los puntos habituales, por lo que su logro conducirá a una insignia. Puede ser individual o grupal, y debe tener tiempo limitado para su consecución.

- Niveles: determinan la dificultad del conjunto de tareas de enseñanza-aprendizaje planteadas a superar con éxito. Debe contemplar el equilibrio entre habilidad y reto (Csíkszentmihályi, 1990) y la zona de desarrollo próximo (Vygotsky, 1978).

- Avatar: es el personaje simbólico-virtual del sistema gamificado que representa al jugador-alumno real, con el cual debe identificarse. Puede ser un apodo, un icono, una ficha...

- Personalización: refiere a las posibilidades que da el sistema al jugador-alumno para que adapte a sus preferencias (colores, figuras, insignias a mostrar, customización del avatar, etc.).

- Mercado virtual-simbólico: es el conjunto de procesos (acciones) o intercambio de bienes virtuales (puntos, insignias) del jugador-alumno con otro jugador-alumno, con el sistema (profesor-diseñador). Por ejemplo: posibilidad de canjear 10.000 puntos conseguidos por la elección del tema de un trabajo que hay que realizar, o tener 10 minutos más en un examen.

2) Dinámica: es el modo en que efectivamente está funcionando la mecánica, es decir, cómo el jugador-alumno interactúa con la mecánica. Como en física, la dinámica refiere a las fuerzas que producen el movimiento, que en este caso son las acciones del jugador en el contexto de la mecánica. Estas acciones estarán determinadas por los deseos del jugador, que a su vez estarán determinados por la mecánica del juego. Ejemplo en juego: en una partida de ajedrez el éxito del juego está marcado por el dominio de un jugador sobre otro, donde no puede haber más de un ganador, por lo que cada jugador deberá actuar siempre de manera competitiva y no cooperativa si *desea* el éxito. Que un jugador mueva un alfil o un peón en un momento dado, y en determinad dirección, es la idnámica del sistema. Ejemplo de educación: el alumno

que más puntos ha recibido por leer bien la partitura durante la semana, recibe la insignia simbólica de *mejor lector musical*. Elementos:

- Refuerzo: se busca conseguir retroalimentación de valor derivado de la acción (puntos, insignias, clasificación).
- Acumulabilidad: se busca acumular puntos con posibilidad de canjearlos posteriormente.
- Coleccionabilidad: se busca coleccionar insignias.
- Progreso: se busca mejorar dentro del sistema gamificado (más puntos, más insignias, mejor posicionamiento...).
- Estatus: se busca la mejor posición social (en la clasificación).
- Competición: se busca la comparación en competencia con otros jugadores-alumnos o con uno mismo.
- Cooperación: se busca la colaboración y la relación social.
- Autoexpresión: se busca la distinción de los demás jugadores-alumnos mediante la identidad y la autonomía (originalidad, aspecto, particularidad), o el desarrollo de la identidad individual virtual.

3) Estética: refiere tanto a las sensaciones-percepciones que produce la mecánica tal cual está diseñada, como a las sensaciones-emociones que vivencia el jugador-alumno mientras juega. Ejemplo de juego: en el ajedrez hay principalmente dos colores, blanco y negro (si bien se podrían cambiar), y las figuras tienen diferentes formas (que también pueden cambiar). Ejemplo de educación: divido a la clase en cuatro grupos, cada uno con un nombre y un icono identificativo, para que resuelvan en conjunto un «*trivial*».

Elementos:

- Diversión: sensación de entretenimiento mientras se actúa.
- Inmersión: sensación de pertenencia al sistema gamificado.
- Satisfacción: sensación de cumplimiento personal.
- Placer: sensación de agrado y gusto mientras se actúa en el sistema gamificado.
- Identidad: reconocimiento en el avatar o con el sistema en su conjunto.
- Pertenencia social: sensación de pertenencia a un grupo social.
- Belleza externa: aspecto del sistema que le hace ser percibido como placentero y agradable al jugador-alumno.
- Interés: curiosidad manifestada mediante más atención y predisposición.

Existen múltiples maneras de aplicar la arquitectura MDA, dado que no tienen que estar todos los elementos. Se pueden utilizar diferentes combinaciones para el diseño, si bien cuantos más recursos se utilizan más gamificado es el sistema. No obstante, no siempre es posible aplicar todos, o no siempre tiene sentido didáctico hacerlo. En todo caso, sí es importante diseñar pensando en los tres pilares, y no sólo en el primero —lo que podría ser una arquitectura PBL—.

A continuación, se presenta esquemáticamente los diferentes elementos descritos basados en la arquitectura MDE que se pueden implementar para gamificar la educación (Tabla 2):

Tabla 2. Arquitectura MDA para la gamificación en el ámbito educativo (Quintas, 2019c)

Arquitectura MDA		
Mecánica	Dinámica	Estética
Puntos Insignias-emblemas-medallas Tablón de resultados Clasificaciones Retos Niveles Avatares Personalización Mercado virtual-simbólico	Refuerzo Acumulabilidad Coleccionabilidad Progreso Estatus Competición Cooperación Autoexpresión	Diversión Inmersión Satisfacción Placer Identidad Pertenencia social Belleza externa Interés

1.2.4. Estudios sobre gamificación y educación

La popularidad del *gamification learning* medido en términos tendenciales de búsqueda en el buscador *Google* indica que desde septiembre de 2010 ha sido un término cada vez más buscado, teniendo el pico más alto de interés en septiembre de 2018. En la actualidad (2020), sigue teniendo un gran interés al encontrarse a un 81% respecto al pico más alto mencionado. Se debe tener en cuenta que el término *gamification* se creó y empezó a usar a partir de 2002, si bien en áreas no educativas (Figura 2). Esto muestra que la gamificación, especialmente su asociación a la educación, es un fenómeno de los últimos diez años, es decir, eminentemente actual.

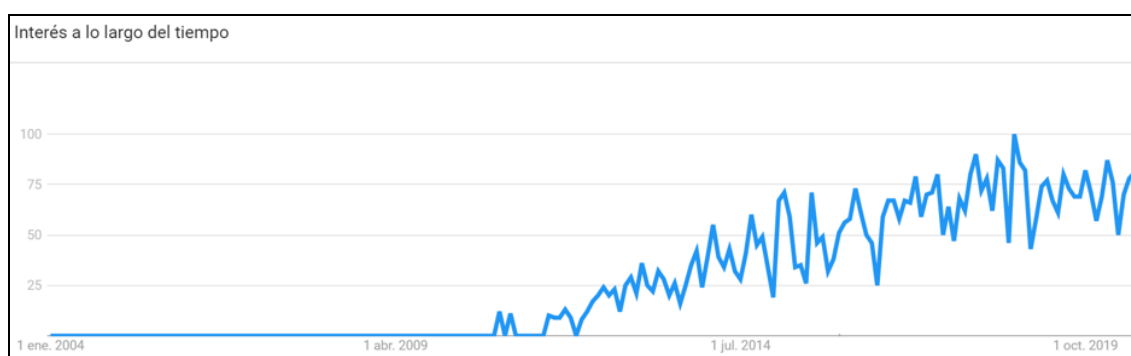


Figura 2. Tendencia de búsqueda en *Google* del término «*gamification learning*».

En la Figura 3 se indica el número de publicaciones en puntos porcentuales sobre gamificación desde su nacimiento en base a una categorización de las principales áreas de conocimiento, considerando que un mismo estudio puede pertenecer a varias áreas de

conocimiento. Esta medición se ha realizado usando la base de datos *Web of Science*, introduciendo como descriptor (tema) «gamifi*», y sin tener en cuenta los primeros meses del año 2020. De un total de 5374 investigaciones encontradas, las ciencias de la computación (61,07%) y las ciencias de la educación son claramente las áreas en las que más se investiga sobre gamificación, seguidas de la ingeniería eléctrica (9,93%) y las ciencias de la salud (8,09%). Estos datos indican que la gamificación tiene un interés central por parte de la computación y la informática, y por la investigación educativa.

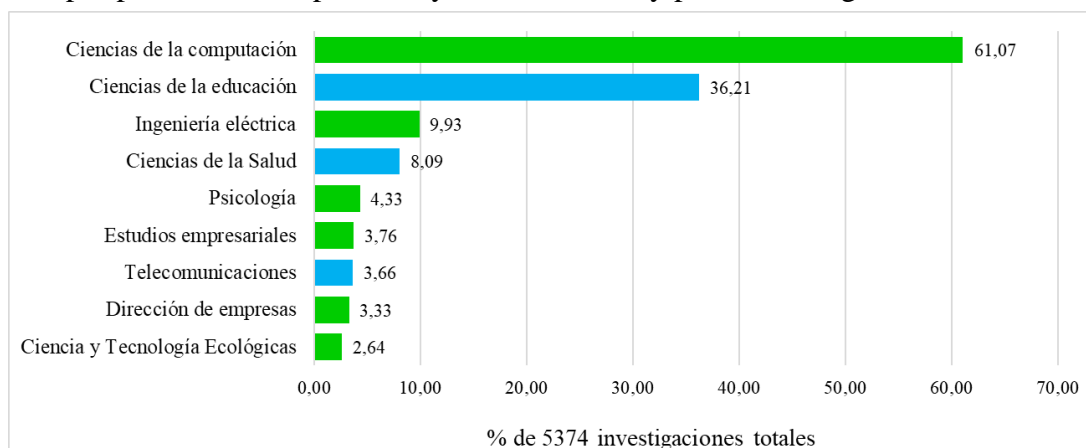


Figura 3. Cantidad de publicaciones sobre gamificación por áreas de investigación hasta el 2019.

Una investigación meta-analítica basada en 30 intervenciones independientes (n= 3.202) extraídas de 24 estudios cuantitativos avala que el rendimiento académico es mejorado con un tamaño del efecto mayor en los casos de educación gamificada en comparación con la no gamificada (Bai, Hew, & Huang, 2020). No obstante, el mismo estudio advierte de los resultados mixtos o incluso de falta de efectos en muchas investigaciones, como se venía comprobando en años precedentes en otros estudios de revisión (Dichev & Dicheva, 2017; Dicheva, Dichev, Agre, & Angelova, 2015a). El mentado meta-análisis también se basa en 32 estudios cualitativos y permite conocer cuatro razones por las cuales el alumnado puede disfrutar debido a la gamificación: (a) debido al fomento del entusiasmo; (b) debido a la donación de comentarios sobre las ejecuciones; (c) debido a la satisfacción del reconocimiento; y (d) debido a la promoción del establecimiento de objetivos. Igualmente ofrece dos razones por las cuales la gamificación puede disgustar al alumnado: (a) por no aportar una utilidad adicional; (b) por poder causar ansiedad o celos. Otro estudio de revisión halla que la gamificación ha podido generar resultados educativos sobre el compromiso hacia el aprendizaje, la motivación, el rendimiento académico y la relación social del alumnado (Zainuddin et al., 2020). Todas estas investigaciones sobre la gamificación en educación son generalistas en el sentido de que se aplican a contextos muy diversos, en etapas educativas diferentes, así como en áreas de conocimiento diverso. Ello quiere decir que es preciso tener en cuenta estudios más específicos sobre gamificación en EF, EM o en contextos interdisciplinares, de los cuales existen muchas menos publicaciones

científicas, y que se apoyen además en teorías científicas bien asentadas como la SDT, BPN, AGT, o la Teoría del Flow.

Específicamente, ya se han usado técnicas de gamificación para promover el transporte activo escolar y fomentando hábitos de movilidad sostenible en niños de educación primaria, mediante el uso de la herramienta *ClassCraft* (Sipone, Abella, Barreda, & Rojo, 2020). Un estudio actual de revisión sobre el uso de una de las aplicaciones educativas gamificadoras más usadas, *Wahoo*, muestra que puede haber efectos positivos sobre el rendimiento académico, la dinámica de la clase y la actitud del estudiantado y profesorado; por otro lado, también puede causar ansiedad, falta de reflexión debido a la solicitud de respuestas y consideraciones a contrarreloj, miedo a perder en la competición, y preocupación por la falta de tiempo para responder (Wang & Tahir, 2020).

Dado que la gamificación se basa en el cambio conductual y de la motivación (Kapp, 2012), parece una estrategia compatible con la creación de climas motivacionales orientados a la tarea que optimicen los estados motivacionales del alumnado. Sin embargo, hay que tener en cuenta que un estudio de revisión ya advierte de las altas e infladas expectativas generadas respecto a la gamificación, dado que hay escasas pruebas de su efectividad real respecto a la motivación (Dichev & Dicheva, 2017). Por un lado, Hanus y Fox (2015) encontraron una disminución en la motivación intrínseca, porque las recompensas adicionales —en forma de insignias y monedas— podrían interpretarse como un control; además, podría aumentar la motivación extrínseca (Mekler et al., 2017). Por otro lado, se ha argumentado que si se proporciona un entorno que no se perciba como controlador, la implementación bien pensada de la gamificación podría mejorar la motivación a través del disfrute y el PMC, es decir, podría crear un clima centrado en la tarea/maestría (Gu & Solmon, 2016; Peng et al., 2012). Las insignias, las tablas de clasificación y los gráficos de resultados afectan positivamente a PMC, así como a la importancia percibida de las tareas (Sailer et al., 2017). Por el contrario, Mekler et al. (2017) no han observado efectos de los puntos, tablas de clasificación y niveles en PMC, aunque han encontrado efectos en el rendimiento, argumentando que esos elementos de diseño del juego pueden funcionar como incentivos extrínsecos. Parece, por tanto, que la gamificación es un *arma de doble filo* para la motivación (Hanus & Fox, 2015), dependiendo del diseño y la arquitectura gamificadoras empleadas. Por otro lado, y siguiendo a Sailer et al. (2017), se considera que hay una tendencia más positiva que negativa respecto a la posibilidad de influir en variables psicológicas, neurológicas y motrices mediante la gamificación si se plantea un buena arquitectura educativa.

No obstante, existen escasos estudios sólidos publicados que hayan encontrado un aumento de la motivación en EF, así como en EM (Birch & Woodruff, 2017; Lopez & Gutierrez, 2017). Hanus y Fox (2015), en la línea de la SDT, encontraron un descenso en la motivación intrínseca, debido a que el exceso de refuerzos adicionales (puntos,

emblemas...) podrían haber sido interpretadas como control por parte del alumnado. Por otra parte, según el perfil de cada estudiante, podría aumentar la motivación extrínseca al mismo tiempo que se reduce la intrínseca (Mekler et al., 2017). Dar incentivos tangibles para tareas consideradas aburridas podría aumentar la motivación intrínseca, sin embargo, darlas para tareas ya consideradas interesantes podría producir un efecto de descenso de la motivación intrínseca (Deci, Koestner, & Ryan, 2001). Estas son algunas de las precauciones a tener en cuenta cuando se diseñe un planteamiento gamificador.

Si bien ya hay estudios sobre la gamificación en EF (Gonzalez, Jimenez, & Moreira, 2018a) o EM (Birch & Woodruff, 2017), no se han encontrado estudios que aborden cómo afecta al Flow en estas áreas aplicando la gamificación. Se ha investigado que la competencia percibida y los objetivos sociales pueden ser un predictor de la experiencia de *flow* (González-Cutre, Sicilia, Moreno, & Fernández-Balboa, 2009). Uno de los beneficios de la gamificación apoyada por tecnología es que facilitan la provisión de desafíos de dificultad óptima y la retroalimentación constante, lo que produce más experiencia de *flow* mientras se realiza la actividad (Hamari & Koivisto, 2014). El *flow* a menudo se propone como un importante objetivo psicológico a perseguir por los esfuerzos de gamificación (Hamari & Koivisto, 2014). La influencia social tiene un impacto positivo en la cantidad de personas que están dispuestas a hacer ejercicio, así como en sus actitudes y disposición para utilizar los servicios de gamificación (Hamari & Koivisto, 2015a).

Como se ha comentado, se puede gamificar sin tecnología digital. Pese a ello, en la actualidad la mayoría de las aplicaciones tienen una estructura gamificada en su estructura, que facilita mucho la tarea. La aplicación *ClassDojo* es una de las aplicaciones tecnológicas más extendidas (Torres-Toukourmidis, Romero-Rodríguez, Pérez-Rodríguez, & Björk, 2018), habiendo llegado al 90% de los colegios de los Estados Unidos de América (Chaykowski, 2017). Es un opción que permite evaluar —o medir, con una finalidad científica—, es adecuada con la docencia diaria, tiene un alto componente estético y es afín a la educación primaria (Casanova & Serrano, 2019). Gooch, Vasalou, Benton, y Khaled (2016) comprobaron un aumento de la motivación en alumnado con dislexia mediante el uso de la plataforma *ClassDojo*, en parte por las adaptaciones, transformaciones y personalización que pudo hacer el profesor. En otro estudio donde se usó el *Classdojo* en colegios de educación primaria (Dillon, Radley, Tingstrom, Dart, & Barry, 2019), se halló un descenso sustancial y significativo de las conductas disruptivas y el aumento de comportamientos académicamente comprometidos debido a la presencia y aplicación del *Classdojo*. Esta aplicación y su mecanismo de funcionamiento tampoco está exenta de polémica, dado que se ha criticado la *dataficación* que produce de la disciplina escolar, creando una cultura de vigilancia y control sobre el alumnado (Manolev, Sullivan, & Slee, 2019). Otro estudio encontró que el *Classdojo* incrementó la participación de la clase y la motivación del

alumnado, mejorando su comunicación interna y su comportamiento (Hursen & Bas, 2019). La herramienta ClassDojo permite donar puntos por una acción concreta individual o grupal en tiempo real durante una clase en educación primaria, entregar emblemas/insignias, asignar grupos de trabajo, disponer de un avatar diferente cada alumno el cual puede ser personalizado, personalizar el tipo de emblemas que el profesor quiere asignar —según el valor que establezca en cada acción o conducta—, y visionar un historial de todos los logros. Ello justifica que, a priori, parezca una herramienta didáctica útil para la docencia diaria, así como para ayudar a generar una atmósfera gamificada en la clase, por lo cual se utilizará en la presente tesis doctoral.

1.3. El exergame

1.3.1. El concepto de exergame

A pesar de ser *exergame* el término más extendido, no existe una base conceptual sólida ni un mínimo consenso en la literatura específica, utilizándose una gran variedad de términos: *exergame*, *exertion game*, *gamercising*, *exertainment*, *active video game*, *interactive video game*, *physical gaming*, *aesthetic video games*, entre otros (Vaghetti, Monteiro-Junior, Finco, Reategui, & Botelho, 2018). Ello evidencia la necesidad de construir un concepto claro y distinto, siguiendo un estudio previo (Quintas, 2019a), que permita referirse al mismo fenómeno, dado que existe una gran variabilidad teórica en la comprensión y definición del exergame.

Uno de los primeros estudios comprendió el *Active Gaming* o *Exergaming* como una forma más de realizar actividad física, definiéndolo como «*videojuegos que aportan actividad física o ejercicio a través del juego interactivo*» (Mears & Hansen, 2009, p. 27). La originalidad de su aportación consistió en que centrar el interés en la actividad física en lugar de lo mecánico-comercial, oponiéndolo a los videojuegos tradicionales sedentarios, y entendiendo que los exergames van más allá de los simples movimientos de dedos y manos para requerir en el usuario movimientos corporales completos. Posteriormente, los mismos autores ampliaron el término considerando que «*requieren que los jugadores participen en juegos digitales y juegos basados en otra tecnología donde ellos se involucran con movimiento físico para jugar al juego*» (Witherspoon-Hansen & Sanders, 2011, p. 124) . Sin embargo, se considera una descripción demasiado amplia, dado que debe ajustarse a la presencia de un tipo especial de juego, el juego digital —que no se restringe a un videojuego—, y un tipo especial de tecnología, la digital. De lo contrario, se podría acabar considerando exergames a todos los juegos de motor (automovilismo, motociclismo...), los cuales llevan más de 100 años existiendo y se basan en la tecnología mecánica.

En la misma línea, De Medeiros et al. (2017, p. 465) entendieron los videojuegos activos o exergames como «*tecnologías que requieren de todo el cuerpo para moverse, combinando ejercicios físicos con videojuegos*», siendo por tanto la diferencia entre los exergames y los videojuegos sedentarios el «*esfuerzo físico y las habilidades motrices y*

las capacidades requeridas durante el juego» —sin entrar a especificar cuáles o en qué grado es lo que marca la diferencia—. En esta concepción existen demasiados presupuestos implícitos que no permiten una distinción clara entre un exergame y un videojuego «sedentario».

Exergame y *videojuego activo* no son sinónimos en el estudio de Witherspoon-Hansen y Sanders (2011), siendo el primero un subgrupo del segundo. Los autores partieron del concepto *videojuego activo*, dentro del cual existirían tres categorías: los *exergames*, las actividades interactivas de acondicionamiento físico, y los videojuegos activos de aprendizaje. Los primeros se basan en la presencia de pantalla, los segundos en otra tecnología que no emplea pantalla, y los terceros en un enfoque educativo genérico no aplicado a la EF. Dentro de los *exergames*, incluyeron los videojuegos de baile, el ciclismo virtual, los simuladores de equilibrio con tabla y las simulaciones virtuales de deportes (Witherspoon-Hansen & Sanders, 2011, pp. 124-125). Esta clasificación tuvo gran valor por ser una de las primeras realizadas, sin embargo, parece no exhaustiva, además de usar criterios de diferentes niveles al mismo tiempo.

Posteriormente, O’Loughlin, Dugas, Sabiston, y O’Loughlin (2012) siguiendo a Witherspoon-Hansen y Sanders (2011) y Witherspoon-Hansen y P. Manning (2012), definieron los videojuegos activos como «*juegos en los cuales individuos o grupos de individuos interactúan de una manera físicamente activa mediante el uso de la tecnología*» (p. 2). El problema de esta definición es la ambigüedad y polisemia del término *activo* que, aunque es un rasgo compartido por la mayoría de las definiciones de la literatura específica, no aporta claridad y distinción.

González y Adelantado (2015) desarrollaron un completo estudio teórico sobre los videojuegos activos, en comparación con los juegos motrices, y desde el marco común de la Teoría del Juego. Los autores optaron por el término *videojuego activo* en lugar de por *exergame* porque se centra más en el uso de la tecnología con juego y actividad física, es decir, en el juego mismo, y no en el ejercicio físico desarrollados. Por contra, en el presente estudio el uso de *videojuego activo* se considera más problemático que *exergame*, tanto por lo ambiguo de *activo* como por el desajuste semántico y limitante de *videojuego*.

El gran logro de González y Adelantado (2015) ha sido encontrar las dimensiones, criterios y categorías compartidas por los videojuegos activos y los juegos motrices, generando un complejo marco teórico desde la perspectiva de la Teoría del Juego. No obstante, se observan dos limitantes en esta construcción teórica. Por un lado, la desfocalización de la dimensión material-tecnológica del *exergame*, necesaria para establecer una ontología completa del mismo. Por otro lado, la pérdida de simplicidad teórica, derivada de intentar aunar demasiadas aportaciones teóricas de la literatura previa, no siempre compatibles.

Para conceptualizar de forma lógica los términos más utilizados, *exergame* y *videojuego activo*, se va a utilizar el método taxonómico de clave dicotómica, es decir,

utilizando descripciones mutuamente excluyentes, para conseguir de esta forma un marco de referencia bien definido (Figura 4). En cada bifurcación, se desarrollará sólo el concepto de interés para ganar claridad y sencillez, poniendo sólo un ejemplo de los conceptos no desarrollados.

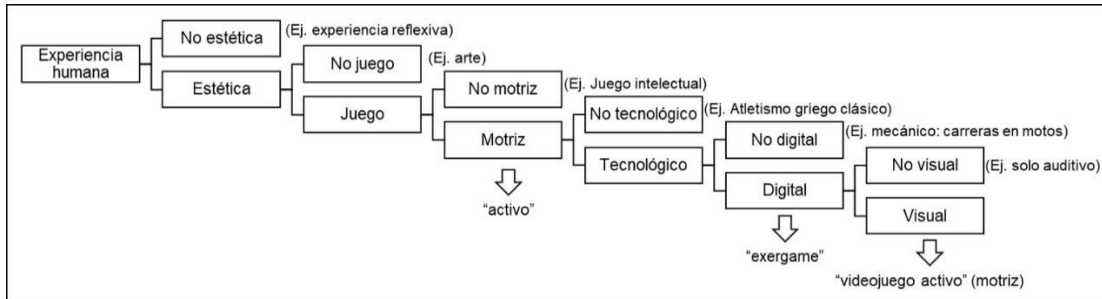


Figura 4. Marco de referencia lógica del exergame y el videojuego activo. Extraído de Quintas (2019a, p. 4).

Se parte de la *experiencia humana*, entendida como una forma de conocimiento y una vivencia personal, y en concreto de la *experiencia estética* como aquella experiencia que requiere de atención cognitiva consciente, de un componente afectivo referido a cierto grado de (in)satisfacción anímica (Schaeffer, 2005, pp. 34-37) y del factor lúdico referido a la esfera del juego en el sentido simbólico de *broma* o *farsa* (Corominas, 1987, p. 347). El juego es el conjunto de actividades que los participantes del mismo realizan voluntaria (Huizinga, 1972), desinteresada (Kant, 1981), y placenteramente (Rousseau, 1997), dentro de un ámbito virtual (Huizinga, 1972), concebido como un entorno simbólico de manejo de posibilidades (Fink, 1996), donde las consecuencias de dichas actividades no trascienden a ese ámbito virtual (Quintas, 2020, p. 67). Así, por *juego* se va a entender un tipo de experiencia estética placentera, manifestada en forma de actitud y/o de actividad voluntarias, vivida como intrascendente (sin repercusión en la vida *real*), y cuya razón de ser es previa y exterior al propio juego. Esta visión del juego es estética (Schaeffer, 2005), y naturalista-funcional (Rousseau, 1762).

De entre las múltiples clasificaciones posibles sobre los juegos, es relevante para este estudio la referida al juego motriz —mejor que *juego motor*—, es decir, juegos donde el factor dominante es la motricidad del jugador —en contraposición a lo puramente cognitivo-reflexivo, por ejemplo—. La motricidad no refiere a mera movilidad o movimiento, sino a «*toda manifestación de la dimensión corporal humana de carácter cinésico, simbólico y cognoscitivo*» (Castañer & Camerino, 2006, p. 17).

Si al juego motriz se le añade la tecnología, entendida ahora en su connotación de *artefacto tecnológico* (Oliver, 2016), se puede hablar de juego motriz tecnológico. Este tipo de juego motriz consiste en dominar una herramienta tecnológica, como por ejemplo las carreras de motos o de aviones, y se contraponen a aquellos más centrados en dominar solo el propio cuerpo como sucede en atletismo, natación, gimnasia, etc. Cuando el tipo de tecnología empleada es eminentemente digital —y no mecánica, u

otras—, se conciben los *juegos motrices digitales* (donde se sobreentiende el término *tecnológico*). Este tipo de juego motriz se caracterizaría por el dominio y/o protagonismo de una tecnología digital, y por la presencia de un dispositivo de control del movimiento corporal, de tal forma que haya una interacción entre el jugador y la tecnología digital. En este sentido, no es suficiente solo con la presencia de tecnología digital —como puede haber en el panel de mandos de un coche de carreras—, ni solo con la presencia de un mecanismo de control de movimiento —como puede ser un pedal de aceleración—. Un ejemplo de juego motor digital sería *Huyendo en la oscuridad* (Fortún, Álvarez, & Frías, 2013), consistente en huir de zombies mediante una narración virtual-sonora en 3D y el sistema de detección de movimiento *Sistema SenSphere*. En este punto, *exergame* podría identificarse con *juego motriz digital*; no obstante, sería una imprecisión asociarlo con el *videojuego activo*, dado que no todo juego digital es un videojuego, por lo que *exergame* y *videojuego activo* no podrían ser en este sentido sinónimos, al igual pensaban Witherspoon-Hansen y Sanders (2011) por razones diferentes. *Videojuego activo* se ajustaría lógicamente a *videojuego motriz*, es decir, a un juego motriz tecnológico digital visual, pero no a *exergame* (Figura 4).

Llegados a este punto, se ha ganado un marco de referencia y de contextualización semántica, pero no se ha conseguido una definición precisa de *exergame* —entendido ya como juego motriz digital— porque arrastra cierta ambigüedad semántica previa de *juego motriz*. La diferencia entre un juego motriz de uno que no lo es se debe a una cuestión de grado —hay un *continuum*—, es decir, una cuestión de *dominancia* de la motricidad en el juego, no de la presencia o ausencia de la motricidad en el mismo. Así, las damas como juego de mesa, o el *Pacman* como videojuego también requieren motricidad e interacción con el juego (con las piezas y el tablero en el primer caso y con teclas en el segundo). Ello obliga a abandonar una ontología del *exergame* basada únicamente en un criterio lógico estricto —evitando, por otro lado la lógica difusa—, y hacer uso de la pragmática lingüística. Concretamente, evocando a la teoría pragmática del significado de Grice (1989), se hace necesario conocer la intención con la que se usa el término *exergame*, y el contexto concreto.

La primera pregunta que realizar para saber si algo es un *exergame* es: *¿es un juego digital?* En caso afirmativo, se cumpliría la primera condición, y la única por el momento ontológica, dado que todo *exergame* es un juego digital. Pero para saber si es sólo un juego digital, o un *exergame*, será necesario preguntarse: *¿se ha diseñado pensando en la motricidad del jugador?* (en el caso de un ingeniero); *¿se ha introducido en las actividades de enseñanza-aprendizaje con fines educativo-motrices?* (en el caso de un docente); *¿se ha incorporado en la terapia de rehabilitación con fin de mantener o mejorar la motricidad?* (en caso de un fisioterapeuta); *¿se ha introducido en la programación del entrenamiento para mejorar el rendimiento motriz?* (en caso de un entrenador físico), *¿se ha usado para estimular la motricidad mientras se juega?* (en caso de un jugador), etc. Cuando el o la especialista de cada caso pueda responder a la

respuesta afirmativamente, entonces es un exergame, y no lo es en caso contrario, siendo solo un juego digital. No es una concepción del exergame basada en todas las posibles *affordances* (Gibson, 1979) de un juego digital o un juego motriz, sino solo de aquellas referidas a la motricidad, por lo que se dota de importancia tanto a la configuración inicial del dispositivo material-tecnológico, como a la intención de uso motriz. En este sentido, la intención del diseñador-constructor al construir el exergame tiene mayor relevancia que las posteriores intenciones de las demás personas, dado que acota materialmente muchas *affordances*. Es decir, se acepta una confluencia tecnológico y social del exergame —y por tanto una realidad compleja— para alcanzar una definición ontológica lógico-pragmática. Aquella realidad que designa *exergame* es la de un juego motriz digital utilizado con fines de estimular la motricidad.

El conocimiento y especificación de estas intenciones puede llegar a ser más sencillo y útil que la concreción —siempre arbitraria— del grado exacto de dominancia de la motricidad en un juego digital para ser considerado un juego motriz digital. Esta definición aleja de definiciones simplistas como «*videojuego en el que te tienes que mover*» —dado que es tautológica, pues no hay videojuego en el que el jugador no se tenga que mover—, y no entra a precisar en qué grado exacto del continuo deja de ser un juego digital (un videojuego, un audiojuego...) y empieza a ser un exergame, alegando calorías gastadas, porcentaje del cuerpo movido, etc. De esta manera, un mismo aparato tecnológico puede ser considerado un exergame cuando es usado por un fisioterapeuta con su paciente de 80 años porque apretar varios botones mientras mira una pantalla ya puede implicar gran desarrollo de la motricidad óculo-manual del paciente, y sin embargo ser considerado un simple videojuego para otra persona.

Así, se considera necesario utilizar esta definición lógico-pragmática de *exergame* en la investigación sobre el tema: *juego motriz digital orientado a estimular la motricidad del jugador* (Quintas, 2019a).

1.3.2. El exergame como juego digital

El juego digital cumple la definición anterior de juego, pero hay que añadirle que el ámbito de las actividades no solo se desarrollan de forma virtual —potencial, simbólica—, sino también digital. El ámbito digital es aquel que se sustenta en la tecnología digital, basada en la naturaleza numérica y discreta de la información, la cual permite representarse mediante un lenguaje de código binario y funcionar mediante soporte electrónico. El videojuego sería un tipo de juego digital —pudiéndose diferenciar de los audiojuegos, por ejemplo—.

Los juegos digitales, y en concreto los videojuegos, han adquirido una posición más allá del mero entretenimiento; son un fenómeno social que en los últimos años se han convertido en un instrumento formativo. Según el Instituto Nacional de Estadística (INE) de España, entre aquellos que suelen utilizar videojuegos es mucho más frecuente la asistencia al cine y la afición por la música o la lectura (INE, 2019a). ¿Qué tienen los

juegos digitales para que tantos jóvenes los usen y se mantengan largo tiempo en ellos? ¿qué podría aprender la didáctica de los videojuegos para imitar aquellos aspectos que sí funcionan y son compatibles con la enseñanza-aprendizaje y los valores considerados educativos? Mantener una actitud reacia o sobreproteccionista hacia el mundo del juego digital y su tratamiento educativo podría suponer una exposición al alumnado de primaria a un mundo en el cual estaría rodeado de juegos digitales, pero sin recursos para afrontarlos con autonomía, competencia y crítica.

Estas tecnologías han permitido la aparición de juegos más dinámicos, con mayor aceptación y con diferentes niveles de interacción, en el que ingentes cantidades de datos, información, procedimientos y valores están íntimamente vinculadas a esta disciplina científica (Morales, 2014). Los videojuegos están teniendo un crecimiento exponencial en cuanto a su generación y su uso. La Asociación Española de Distribuidores y Editores de Software de Entretenimiento ha señalado que en 2008 los videojuegos englobaban el 57% de los ingresos del total del ocio audiovisual nacional, situándose por encima de otros mercados como el cine la música o las películas de vídeo (Marín, 2012). El interés por el fenómeno *gaming*, medida en tendencias de búsqueda en Google (*Google Trends*), ha crecido desde enero de 2004 con 43 puntos porcentuales hasta los 100 puntos porcentuales en diciembre de 2019, es decir, en los últimos 15 años ha crecido de forma progresiva el interés por los videojuegos a nivel mundial. En el ámbito social, cada vez están más asentados en diferentes esferas de la población, y no sólo la adolescente y joven (Hernández-Pérez, 2015).

A nivel educativo, el uso de los videojuegos como recurso no es del todo novedosa (Vagheti et al., 2018), dado que el 31 % del profesorado español ya lo ha implementado en algún momento, especialmente en las áreas de matemáticas, conocimiento del medio y lengua española. Este dato implica que el 69% del profesorado nunca lo ha implementado en educación. Entre los que lo han usado como recurso, el 21 % lo ha aplicado con alumnado menor de 5 años, y el 64 % con alumnado de entre 5 y 8 años. Las razones encontradas para su uso fueron, primero, la motivación que creen que generan, y después el aprendizaje que pueden crear, especialmente de carácter cognitivo y psicomotriz (Gómez & Assis, 2012).

Investigar el impacto de un juego digital en el aula, como tecnología digital, es relevante en tanto que puede suponer un cambio drástico en el proceso de enseñanza-aprendizaje, dado que alterna los medios de aprendizaje, las relaciones entre los agentes —profesor y alumnado— y el entorno mismo de la escuela (Gros, 2019, p. 179). Los juegos digitales ofrecen inéditos contextos de actividad a las personas, en modo de recursos para aprender (Coll, 2016, p. 77).

El juego digital puede ser concebido como como un elemento mediático, es decir, un medio de comunicación, al igual que el cine, la televisión o la radio. Esta naturaleza mediática es la que permite extraer a Gee (2003, pp. 207-212) 36 principios que explican qué y cómo permiten aprender los videojuegos. Por ejemplo, algunos de estos

principios son el de «aprendizaje activo» —el entorno invita al jugador a actuar—, el de «moratoria psicológica» —los aprendices se atreven a correr riesgos cuando las consecuencias reales de sus actos son leves o de bajo impacto—, o el de «significado situado» —donde los significados de los signos (palabras, acciones, objetos, artefactos, símbolos, textos, etc.) se sitúan siempre desde y en la experiencia personal—.

Existen varios principios básicos que se utilizan a la hora de diseñar videojuegos que los hace aplicables y adecuados para el ámbito educativo (Etxeberría, 2012): proporcionan una visión clara de la meta a conseguir; facilitan una demostración o tutorial donde se explica cómo se juega; permiten un avance gradual; promueven la búsqueda, exploración y descubrimiento autónomo; estimulan la proactividad e interacción; proporcionan instrumentos para el desarrollo de estrategias propias; tienen relación directa con el carácter lúdico y emocional; permiten dejar el juego y regresar cuando se desee; suministran apoyos o ayudas cuando es necesario; facilitan guardar los progresos conseguidos, así como el nivel alcanzado. Mediante los videojuegos, se refuerzan ciertas habilidades y destrezas como el control psicomotriz, la capacidad deductiva y la resolución de problemas.

Los juegos digitales ofrecen la ventaja de una rápida interacción, con feedbacks casi instantáneos; facilitan el aprendizaje de situaciones que ya sea por su coste, peligrosidad, tamaño o lejanía no están habitualmente al alcance del alumnado; y estimulan los mecanismos hipotético/deductivos del alumno (Urquidi & Calabor, 2014).

Si bien los juegos digitales han sido poco estudiados desde el prisma educativo, los videojuegos, un tipo concreto de juegos digitales, se están investigando cada vez más desde hace 30 años, si bien teniendo resultados poco concluyentes (Llorca, 2009).

1.3.3. El exergame *Just Dance Now* como material educativo

El diseño de los exergames han evolucionado tecnológicamente en los últimos 30 años. Las pesadas instalaciones al modo de cabinas dieron paso a consolas portátiles con pequeños dispositivos de control o mandos. Algunos estudios refieren ya a nuevas generaciones de videojuegos activos (Rosenberg et al., 2013), donde el jugador no tiene que portar ningún dispositivo de control, sino que lo capta la consola mediante un visor. Las últimas tendencias en gimnasios, por contra, es convertir toda una sala en un exergame, con receptores en toda la habitación. Con el desarrollo de la tecnología 3D volverán los dispositivos a aproximarse al cuerpo humano, proyectando hacia el exterior mediante realidad aumentada y virtual (Quintas, 2019a).

La idea de integrar videojuegos con la motricidad comenzó en los años 80 y se extendió con el lanzamiento de *Dance Revolution* (1998), siempre con una finalidad comercial asociada al mercado de los videojuegos. En la siguiente década, y con el aumento de su popularidad, aparecieron las primeras investigaciones sobre el fenómeno en el ámbito de la salud (Ridley & Olds, 2001), o la educación (Yang & Graham, 2006).

El exergame *Just Dance Now* (Ubisoft Milan, 2014) es una plataforma web que se basa en el *Just Dance* para consolas de videojuegos lanzado en 2009. Sigue un modelo *freemium*, es decir, que permite a los usuarios disfrutar de un servicio mínimo del completamente funcional, teniendo la opción voluntaria de pagar una licencia para adquirir servicios avanzados. Una de las ventajas características de este exergame es que no obliga a introducir pesadas y caras videoconsolas en el centro escolar, a las cuales solo pueden videojugar entre 1 a 4 jugadores. El *Just Dance Now* (JDN) es fácil de aplicar a los colegios españoles en tanto que se basa en tecnología disponible ya en la mayoría de ellos: ordenador, cañón proyector, salida de audio e internet; requeriría, por otro lado, un *smartphone* por cada jugador-alumno, el cual no suele estar presente actualmente en los colegios. Para el *gaming* o el *exergaming*, el soporte más utilizado sigue siendo la consola (67.2%), seguido del ordenador (26.7%), el teléfono móvil (31.1%) o la tablet (13.6%) (INE, 2019a, p. 56). Sin embargo, la tecnología en la que se basa el JDN está en auge, y ello lo muestra la evolución de la disponibilidad de material en los hogares españoles; el porcentaje de familias que disponen de videoconsola ha ascendido de 38.1% en 2015 a 53% en 2019, y el ordenador ha aumentado de 78.3% a 80.3%, el acceso a internet del 78.3% al 80.3%, y el *smartphone* con acceso a internet del 72.7% al 82.5% (INE, 2019a, p. 69). Además, el 66% de los niños de 10 a 15 años tienen ya un *smartphone* (INE, 2019b). Esto indica que el JDN pudiera ser más ajustado a la población actual, según su tendencia de disponibilidad material. El JDN supera el límite de los 4 jugadores, permitiendo a todo el alumnado de la clase bailar al mismo tiempo. Los estudiantes pueden bailar en grupos frente a una gran pantalla proyectada mientras sostienen un *smartphone*. Los *smartphones* desempeñan la función de recopilar los puntos de cada alumno mientras se juega, ya que incluyen un acelerómetro que detecta el movimiento. Estas características hacen que este exergame sea, a priori, planteable de aplicar en los colegios como material educativo.

Un material educativo es «*todo tipo de medio, soporte o vía que facilita la presentación y tratamiento de los contenidos objeto de enseñanza-aprendizaje*» (Escamilla, 2009, p. 134). Una de las principales líneas de investigación educativa es el análisis de los materiales didácticos específicamente digitales, así como el análisis de las prácticas de uso escolar de los mismos (Area, 2020, pp. 16-17). Por la naturaleza del propio exergame, y por el sentido que pueda tener su incorporación al sistema educativo, es relevante su concepción en el presente estudio como material educativo, y no como finalidad del proceso de enseñanza-aprendizaje; es decir, estaría en el mismo plano ontológico que una pizarra digital, un reproductor de música, un libro de texto, etc. Confundir al exergame como finalidad educativa y no como medio o soporte educativo implicaría caer en el *solucionismo tecnológico* (Morozov, 2015), es decir, la concepción según la cual la tecnología —especialmente la informacional-digital— puede resolver cualquier tipo de problema existente en la actualidad, siguiendo aquel

dogma de que la educación auxiliada por la tecnología genera una educación de mayor calidad *per se* (Aguilar, 2011).

El uso de vídeos en el ámbito educativo es casi tan antiguo como la existencia de las propias cámaras; no obstante, en las últimas décadas, con el desarrollo de la tecnología digital, se han abierto nuevas oportunidades y facilidades para el uso educativo del formato audiovisual basado en vídeo —filmación, almacenaje, difusión, etc.— (Salinas, 2012; Troncoso, Díaz, Amaya, & Pincheira, 2019). El empleo del exergame o el videojuego como recurso educativo no puede ser el mismo que el empleo del vídeo, en tanto que existe el elemento clave de la interacción, es decir, la información es bidireccional entre el jugador-alumno y el exergame, siendo unidireccional en el vídeo (Jiménez-Alcázar, 2020). El exergame comenzó su aplicación en el ámbito del entretenimiento, y la primera línea de investigación fue en el ámbito biomédico, por tanto su consideración y aplicación como material educativo ha sido más reciente, es decir, en los últimos 15 años (Conde et al., 2020).

El exergame JDN puede desempeñar la función de material educativo de tipo audiovisual interactivo, frente a otras categorías de materiales educativos como objetos reales (p. e. piedras), reproducciones de la realidad (p. e. muñecos), materiales impresos (p. e. libros), o materiales soporte (p. e. pizarras) (Heredia, 2007, p. 147). La función de material didáctico permite llevar a cabo la transposición didáctica (Gómez-Mendoza, 2005), es decir, la modificación del «saber profesional» del baile —que es el contenido de aprendizaje en este caso— en «saber enseñado» —más adecuado al nivel de quien debe aprender—. Las ventajas halladas en un estudio cualitativo que analizó las consideraciones docentes de profesionales de la EF sobre el exergame como material educativo fueron la motivación que puede producir en el alumnado, la gran diversidad de contenidos curriculares que se pueden abordar y la función evaluadora que puede adoptar; por otro lado, las barreras asociadas al exergame como material educativo fue la falta de formación específica en los profesionales, el coste económico y la ratio del alumnado en relación a la disponibilidad del material (Conde et al., 2020).

El debate sobre la inclusión en el ambiente escolar de un material educativo nuevo se debe enmarcar en la clásica disputa entre lo mediático y lo educativo. Tres grandes cuestiones se han planteado en esta polémica: los efectos de los medios en la comunidad escolar —especialmente en el alumnado—, la génesis de cultura de masas, y la crisis del magistrocentrismo (Rivoltella, 2017, pp. 13-23). En la primera cuestión, el exergame en la escuela se puede concebir desde la teoría conductista del proyectil mágico —*bullet theory*—; en tanto que juego digital, el exergame inocularía mensajes y valores en los alumnos ante los cuales no se podrían resistir, recibiendo todos por igual. La otra teoría alternativa entendería el exergame en la escuela como una inclusión ante la cual se puede plantear un tratamiento cultural y crítico, donde el alumnado es un agente que no recibe mensajes pasivamente, sino que puede someter a crítica el uso y abuso de los exergames —también en casa y en el tiempo de ocio—. Respecto a la segunda cuestión,

no hay que olvidar que el origen de los exergames ha sido y es comercial, llegándose a convertir cada vez más —como los videojuegos— en un producto de masas. Sin embargo, adoptar una concepción ideal-progresista de la escuela, según la cual es una burbuja respecto a la sociedad donde toda reforma es posible (Cuesta, 2005, pp. 99-116), podría implicar la negación de su inclusión didáctica en tanto que fomenta el consumismo de masas. Por otra parte, la relación escuela-sociedad es considerada mucho más próxima e interdependiente en varios pensadores y corrientes, promoviendo «llevar la vida a la escuela, y no viceversa» (Rivoltella, 2016a, p. 17). Eludir y considerar negativo el gran uso de los videojuegos y los exergames en la población no justificaría su no inclusión didáctica en el ambiente escolar, en el cual puede haber una didáctica axiológica sobre los mismos (Quintas, 2019a). El tercer tema, la capacidad de los exergames para forzar un cambio de rol e importancia en el docente, parece ser un tema menos investigado en la actualidad. No hay estudios que propongan al exergame como sustituto del profesorado, siendo a lo sumo defendido como un complemento para las clases, especialmente las de EF (Conde et al., 2020; Watson, Adams, Azevedo, & Haighton, 2016). No obstante, el uso del exergame, didácticamente bien planteado, favorece cambiar la focalización de la enseñanza al aprendizaje, y el paso del magistrocentrismo al paidocentrismo.

El JDN es un exergame de acción, por lo que es más adecuado según las preferencias de videojuego de los jóvenes, el 53.2% de los cuales prefieren videojuegos de acción o aventuras, el 51.7% de estrategia y el 32.7% de deportes (INE, 2019a, p. 56). El diseño del JDN permite la iniciación al baile de forma más amena y lúdica que la enseñanza directa de un bailarín profesional en tanto que presenta múltiples elementos que favorecen la adquisición de las competencias del baile de forma facilitada. En concreto, para la interfaz del programa, presenta los siguientes elementos facilitadores de la didáctica (Figura 5):

- (1) Figura del bailarín-avatar centrada en la imagen, con la silueta remarcada estéticamente para su mejor visualización.
- (2) Diseño del fondo de la sala de baile de forma temática y amigable para producir en el aprendiz-jugador mayor placer estético.
- (3) Las manos del bailarín-avatar remarcadas de diferente color para diferenciar la lateralidad.
- (4) La letra de la canción de forma síncrona para invitar al jugador-aprendiz a cantar.
- (5) Un tablón visual de resultados actualizados constantemente para conocer el progreso del jugador-aprendiz.
- (6) Palabras como «Yeah», «Perfect», «Good», «OK» y «X» en cada gesto relevante del baile para dar retroalimentación constante al jugador-aprendiz y que sepa qué pasos del contenido de aprendizaje tiene adquiridos y cuáles no.
- (7) Iconos-silueta que van apareciendo en pantalla para avisar al jugador-aprendiz qué pasos de baile vendrán a continuación y que pueda anticiparse.

(8) Número de estrellas conseguidas hasta el momento, acompañadas de sonidos característicos cuando se consiguen, para indicar al jugador-aprendiza la calidad del baile que está ejecutando.

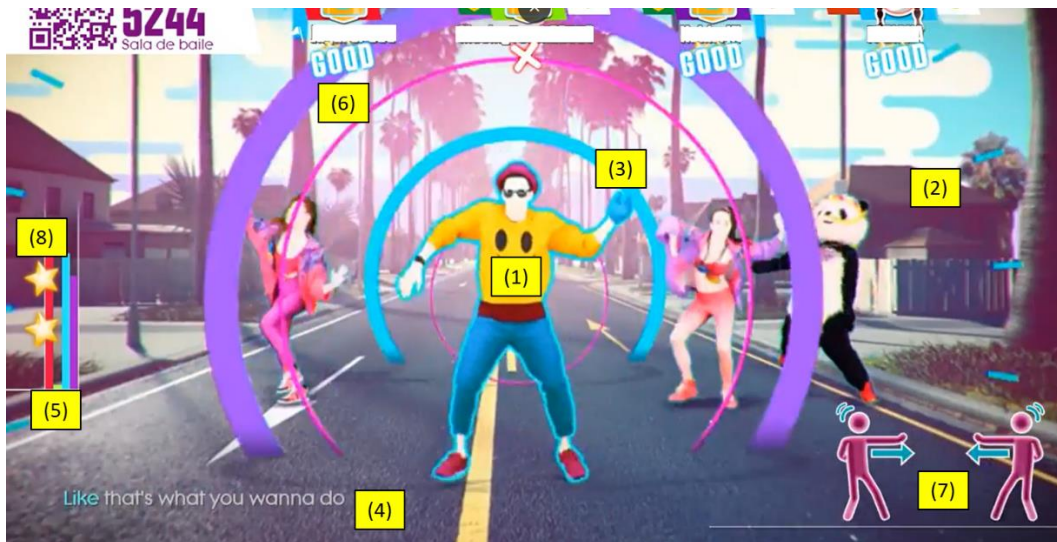


Figura 5. Interfaz principal del exergame JDN.

El mando-*smartphone* con el cual el jugador-aprendiz baila presenta los siguientes elementos (Figura 6):

- (1) Identificación del jugador-alumno y la bandera del país al que pertenece.
- (2) Interfaz con el avatar para que el jugador-alumno se identifique en la pantalla principal.
- (3) Barra de progreso para que el jugador-alumno conozca su desarrollo en el baile.
- (4) Número de estrellas conseguidas hasta el momento, acompañadas de vibración característica cuando se consiguen, para indicar al jugador-aprendiza la calidad del baile que está ejecutando.
- (5) Historial de puntuaciones en cada baile (cuando no se está bailando).

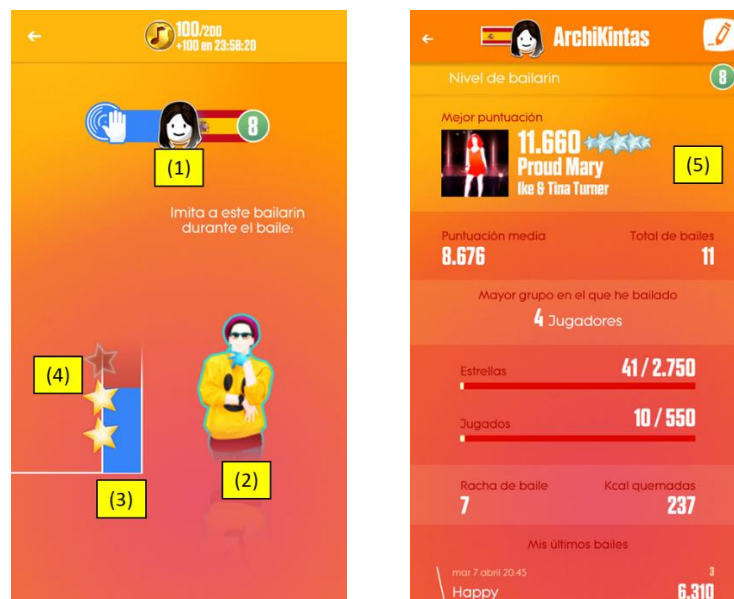


Figura 6. Interfaz del mando-smartphone en un momento de baile y de pausa.

Por último, al finalizar cada baile, se muestra una pantalla que los resultados finales de cada jugador (puntos, estrellas y méritos), y la clasificación comparativa de todos los jugadores (Figura 7).

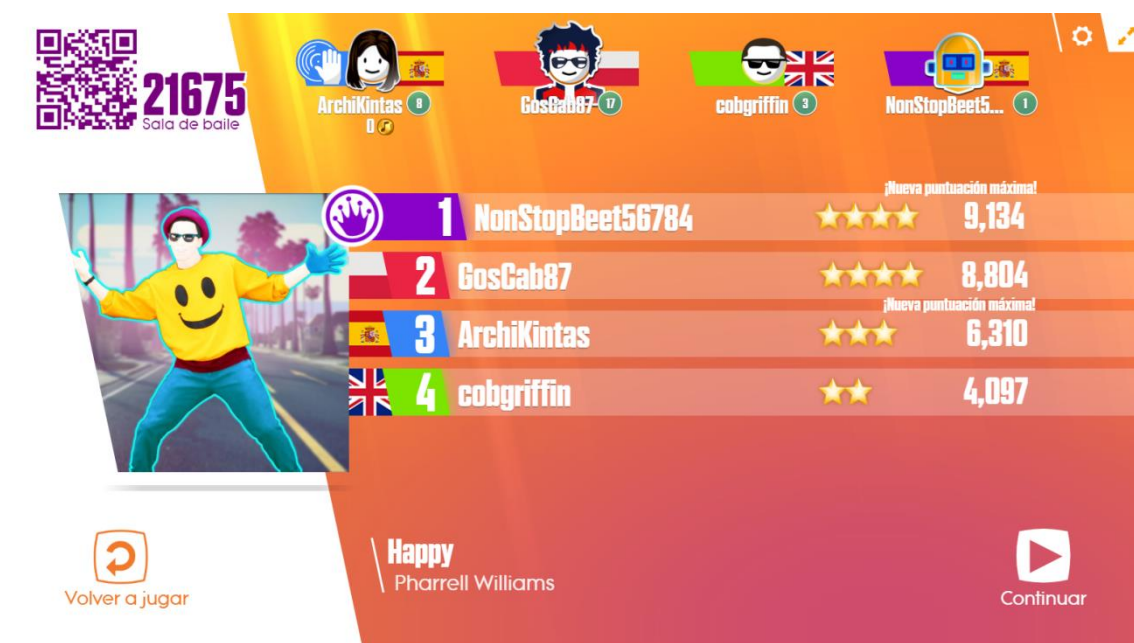


Figura 7. Imagen final tras haber realizado un baile en el JDN.

El uso del Just Dance en la investigación educativa se justifica por el uso extensivo a nivel mundial entre la población joven y su éxito comercial (Allsop et al., 2013), y porque ha sido ya estudiado en diversos estudios (Andrade et al., 2019a; Gao et al., 2016; Li & Lwin, 2016; Lin, 2015; Nyberg & Meckbach, 2017; Thin et al., 2013). Sin embargo, en la mayoría de ellos no se llevan a cabo intervenciones educativas en educación primaria —sino universitaria o con adultos—, por lo que se hace necesario

conocer los posibles efectos —considerados beneficiosos o perjudiciales— que podría tener el exergame JDN como material educativo para educación primaria.

1.3.4. Estudios sobre exergames y educación

La popularidad del *exergaming* medida en términos tendenciales de búsqueda en el buscador *Google* indica que alcanzó su máximo interés en enero de 2005 —seguramente por su repercusión mediática y comercial—, descendiendo rápidamente un 75% durante el siguiente año y bajando progresivamente aún más hasta la actualidad (2020). No obstante, existe una tendencia muy positiva a investigar sobre el ámbito del *exergaming*, pasando de 3 artículos publicados en 2009 a 104 en 2017 y a 1406 en 2019. En la Figura 8 se indica la categorización por áreas de investigación de las publicaciones sobre *exergaming*, considerando que un mismo estudio puede pertenecer a varias áreas de conocimiento. Esta medición se ha realizado usando la base de datos *Web of Science*, introduciendo como descriptor (tema) «exergam*», y sin tener en cuenta los primeros meses del año 2020. De un total de 1406 investigaciones encontradas, solo el 10.67% se categorizan en el área educativa, frente al 51.07% en el área de ciencias de la computación (*software*), el 29.37% en el de psicología y el 26.74% en el de rehabilitación. Estos datos indican que el exergame es un fenómeno cada vez más investigado, pero escasamente desde la perspectiva e investigación educativas.

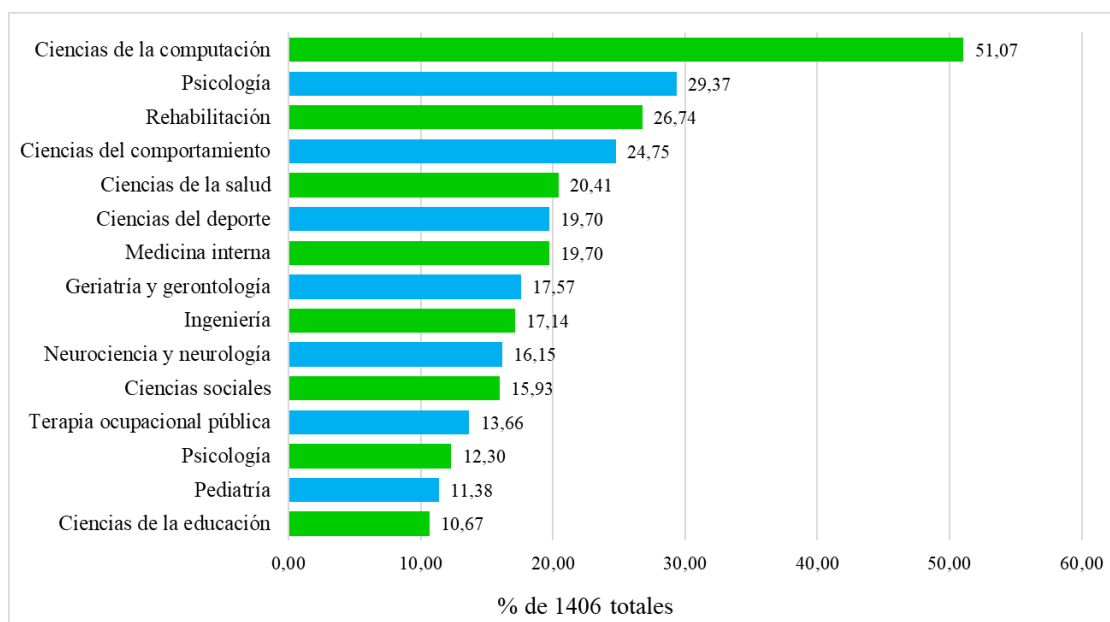


Figura 8. Cantidad de publicaciones sobre *exergaming* por áreas de investigación hasta el 2019.

Existen estudios científicos que proponen incorporar los exergames a las clases de EF para aumentar la actividad física en niños (Chacón, Castro, Zurita, Espejo, & Martínez, 2016; Lwin & Malik, 2012), así como promocionar la práctica de ejercicio físico fuera de las aulas (Li & Lwin, 2016). En tanto que el tiempo diario es limitado,

unos investigadores canadienses han elaborado un nuevo modelo, el «*Canadian 24-hour movement guidelines*» (Chaput, 2014; Tremblay et al., 2016), que indica que el tiempo de actividad física, el tiempo sedentario (entre los que consideran el «tiempo de pantalla») y el tiempo de sueño son tres comportamientos que interaccionan (es decir, al aumentar uno disminuye otro), y una combinación adecuada de los mismos se asocian con mayores indicadores de salud física, social y psicológica (Lee, Spence, Tremblay, & Carson, 2018; Sevil, Abós, Sanz-Remacha, Estrada, & Corral, 2019). Hay ambigüedad sobre el grado en que el videojuego (no *exergaming*) está o no asociado significativamente con la obesidad en los niños, y a su vez no hay pruebas que indiquen que el mayor uso del *exergaming* reduzca el tiempo de pantalla y el tiempo de videojugar (Kracht, Joseph, & Staiano, 2020). Parece conveniente unir un fenómeno como es el *exergame* para unir el tiempo de ocio digital con el tiempo de actividad física que recomienda la Organización Mundial de la Salud, es decir, que no reste tiempo a ninguno de los tres bloques establecidos por el modelo.

A nivel físico, los exergames aumentan la resistencia cardiorrespiratoria (Gao, Hannan, Xiang, Stodden, & Valdez, 2013), reducen el porcentaje graso corporal, el peso, y el índice de masa corporal (Azevedo et al., 2014), mejoran la coordinación y el tiempo de reacción (Watson et al., 2016), y pueden mejorar parámetros saludables en población adulta como la fuerza, la velocidad o la movilidad (Street, Lacey, & Langdon, 2017). Algunos autores han considerado una oportunidad perdida la no inclusión de los exergames en las escuelas para introducir a los jóvenes en otra forma de actividad física (Sheehan & Katz, 2012b). Incluso, se considera necesaria su inclusión en la política educativa (Gao et al., 2013).

A nivel psicológico, los exergames aumentan el placer y la diversión mientras se realizan las tareas de aprendizaje (Vernadakis, Papastergiou, Zetou, & Antoniou, 2015; Williams & Ayres, 2020), favorecen el cambio hacia una conducta físicamente activa (Lwin & Malik, 2012; Williams & Ayres, 2020), mejoran el rendimiento académico en materias diferentes a la EF (Gao et al., 2013), promocionan la actividad física a corto plazo a través de la satisfacción y la identificación virtual (Li & Lwin, 2016), y mejoran el bienestar psicológico, la autonomía y la relación con los padres (Azevedo et al., 2014). Un reciente estudio de revisión concluye que los exergames pueden ser útiles para promocionar el ejercicio físico y la salud en aquella población adulta que normalmente no realiza ejercicio físico tradicional, si se cumplen las recomendaciones en cuanto a duración e intensidad del ejercicio asociado al exergame (Street et al., 2017). No obstante, el efecto de promoción del ejercicio físico por parte del *exergaming* se ha demostrado solo a corto plazo (Williams & Ayres, 2020). Por un lado, Sheehan y Katz (2010) proponen seis componentes de los exergames que podrían aumentar la promoción del ejercicio físico fuera de las clases de EF y EM: el control, el desafío, la curiosidad, la creatividad, la retroalimentación constante y la competición. Por otra parte, Hansen y Sanders (2008) plantearon las siguientes dimensiones del exergame que

se pueden asociar a la motivación: la diversión, el reto, el desarrollo, la individualización y la actualidad.

Un estudio canadiense reveló que el 24% de la población joven de Montreal jugaba ya con exergames, en un promedio de 2 días a la semana y de 50 minutos por sesión. Los más jugados en la propia casa eran *Wii Sports* (68%), *Dance Dance Revolution* (40%) y *Wii Fit: Yoga* (34%). Sin embargo, no eran utilizados en el ambiente escolar (O'Loughlin et al., 2012). El uso del exergame en la escuela ha sido asociado con beneficios físicos, cognitivos, sociales (Staiano & Calvert, 2011). Una de sus virtudes es que no requieren habilidades muy específicas o gran condición física para comenzar a jugar, e incluso puede usarse por población con discapacidad visual (Morelli, Folmer, Foley, & Lieberman, 2011). Algunos facilitadores para usar los exergames, expresados por los propios jóvenes, son el apoyo social, la competición, la música, la experiencia, las nuevas consolas, el modo multijugador, el contacto con otros jugadores en habitaciones separadas, y el contacto mediante Internet (O'Loughlin et al., 2012).

Otra investigación ha explorado qué tipo de cualidades de movimiento utilizan las lecciones de EF al utilizar los juegos y los resultados sugieren que para exergames de danza, el alumnado usa una variedad más amplia de cualidades de movimiento en relación con exergames de temática deportiva o fitness (Meckbach, Gibbs, Almqvist, & Quennerstedt, 2014). Se han realizado múltiples intervenciones consistentes en intervenciones en EF teniendo los exergames como apoyo educativo (Meckbach et al., 2014; Nyberg & Meckbach, 2017; Quennerstedt, Annerstedt, Barker, & Karlfors, 2014). Especialmente exergames basado en danza (Azevedo et al., 2014; Li & Lwin, 2016; Lwin & Malik, 2012; Nguyen et al., 2016).

Algunas de las barreras encontradas para el uso de los exergames en los jóvenes son el aburrimiento, los problemas técnicos, el gran coste y la reducción de su uso con el tiempo (Barnett, Cerin, & Baranowski, 2011), siendo la sociabilidad, la competición, la música, la experiencia, la multimodalidad de juego y el contacto telemático por Internet los facilitadores encontrados (Paez, Maloney, Kelsey, Wiesen, & Rosenberg, 2009).

Varios estudios sugieren motivar al alumnado en las clases de EF aumentando su percepción de competencia y generando experiencias agradables para de esta forma promover la práctica de actividad física tanto dentro como fuera del aula (Frago & Murillo, 2016). Por otra parte, se ha detectado la potencia de los exergames para generar motivación en el alumnado durante las clases de EF con una perspectiva adecuada (Gutiérrez-Capa, 2016; Lau, Wang, & Maddison, 2016; Li & Lwin, 2016).

Ya se ha indagado las actitudes del alumnado español de diferentes niveles educativos en torno a las razones de juego, frecuencia de juego, y los beneficios y los perjuicios de los videojuegos (Aznar, Raso, Hinojo, & Romero, 2017; Chacón et al., 2017; Gómez, Planells, & Chicharro, 2017; Sánchez-Rodríguez, 2015; Urquidi & Calabor, 2014). Sin embargo, su uso y aplicación en etapas educativas obligatorias es más escaso.

Algunas de las principales barreras en el uso de los exergames, expresadas por jóvenes encuestados, son el aburrimiento a medio o largo plazo, el descenso del uso con el paso del tiempo, los problemas técnicos y el alto coste económico (O'Loughlin et al., 2012). Algunas investigaciones, sobre todo de corte experimental (Azevedo et al., 2014; Watson et al., 2016), muestran que no hay diferencias significativas entre el uso de los exergames en el entorno escolar y la práctica de ejercicio físico tradicional en muchas variables de tipo motor y físico. Por el momento, parece que los principales efectos de los exergames son psicológicos y motivacionales.

La mayoría de los hallazgos actuales pertenecen a ciencias básicas como ciencias de la computación, ciencias biomédicas o psicología (Quintas, 2019a). Un estudio de revisión sobre experiencias de *exergaming* en EF plantea la necesidad de crear experiencias basadas en el exergame como herramienta educativa compatibles con el currículo escolar de EF, con ánimo de explorar la capacidad de motivar y generar satisfacción en los procesos de aprendizaje más allá de su demostrada capacidad para luchar contra la obesidad (Vagheti et al., 2018). Se hacen necesarias, por tanto, investigaciones de carácter educativo, fundamentadas en la didáctica y la pedagogía, que estudien la viabilidad y utilidad de intervenciones educativas reales que tengan en cuenta los exergames en el ambiente escolar.

1.4. La neuroeducación

1.4.1. De la psicología de la educación a la neurociencia

La psicología de la educación y del aprendizaje hizo grandes aportaciones en el siglo XX, desarrollando varias concepciones como el aprendizaje por asociación y consecuencias (Skinner, 1953), el aprendizaje por asimilación y acomodación (Piaget, 1984), el aprendizaje significativo (Ausubel, 1960), el aprendizaje enactivo (Bruner, 1963), el aprendizaje en la zona de desarrollo próximo (Vygotski, 1978), el aprendizaje vicario (Bandura, 1987) o el aprendizaje según la competencia o dominio (Gardner, 1994). No obstante, de forma paralela surgió la neurociencia cognitiva desarrollando un corpus de conocimientos y nuevas técnicas de investigación, llegando a ser una disciplina de referencia del estudio del sistema nervioso, y en concreto el cerebro, con implicaciones educativas (Maureira, 2010). En este sentido, la neurociencia no tiene por qué contradecir las teorías del aprendizaje, sino que las puede matizar y fundamentar (Goodin, 2013). Las neurociencias son el conjunto de ciencias o disciplinas cuyo objeto de investigación es el sistema nervioso e intentan responder cómo la información del mundo externo e interno es procesada, almacenada y comparada para dar una respuesta motriz u hormonal (Botero, 2014). Así, el constructo refiere a diversas áreas aplicadas al objeto de estudio del sistema nervioso como la biología molecular, la química, la inmunología, la genética... pero también la psicología, la filosofía, la inteligencia artificial, las ciencias sociales o la educación (Salas, 2003).

A las ya existentes técnicas usadas en neurociencia derivadas de la biología molecular, la genética o la neuroanatomía, últimamente se han incluido las técnicas basadas en la neuroimagen, es decir, ver el cerebro en acción mediante imágenes cada vez que se realiza una conducta, de forma que se puede comprender en mayor profundidad las diferentes zonas encefálicas con funciones tan importantes como el aprendizaje o la motivación (Maureira, 2010). Estas técnicas de neuroimagen se comenzaron a desarrollar y aplicar a finales de los noventa, permitiendo a los didactas y a los neurocientíficos cerciorarse del potencial para comprender mejor la enseñanza-aprendizaje (Revet & Williams, 2017). Estas tecnologías de neuroimagen han permitido estudiar la conducta neurofisiológica ante múltiples situaciones de aprendizaje, pudiendo analizar las reacciones más exitosas frente a ciertos estímulos (Gómez & Escobar, 2015). Con estas técnicas ya se adelantaba el establecimiento de nueva neurocultura —cultura basada en el cerebro— (Mora, 2007), y un aprendizaje fundamentado en la neuroeducación (Mora, 2013). Varias de las tecnologías basadas en neuroimagen no invasiva son las siguientes: el escáner tomográfico axial computerizado (TAC), el Resonancia Magnética Neural (RMN), el Electroencefalografía (EEG), la Magnetoencefalografía (MEG), el Instrumento de Interferencia Cuántica Superconductora (SQUID, en inglés), el Mapeo de la Actividad Eléctrica Cerebral (BEAM, en inglés), la Tomografía por Emisión de Positrones (TEP) o, como será en el caso de la presente tesis doctoral, la Espectroscopía Funcional de Infrarrojo-Cercano (fNIRS, en inglés) (Salas, 2003; Schünke, Schulte, Schumacher, Voll, & Wesker, 2011, p. 451).

Mediante esas técnicas, entre otros, se han ido adquiriendo conocimientos neuropsicológicos interesantes para la educación como son la existencia de periodos críticos para aprender, la necesidad del estímulo temprano en el desarrollo, el trabajo holístico del cerebro, la organización epistemológica en base a funciones ejecutivas, y el trabajo conjunto de las dimensiones cognitiva, emocional y motivacional (Blanco, 2017a, pp. 7-27). Las funciones ejecutivas, que trabajan de forma simultánea y coordinada, son el conjunto de habilidades para el control cognitivo, la autorregulación, y la organización y planificación de eventos que se afrontan diariamente (Pinzón & Fernández, 2019, p. 33). Todo ello se puede operativizar en la didáctica en base a: (a) la prevención, estimulando al aprendiz para obtener una activación suficiente y saludable; (b) las intervenciones globales y competenciales; el desarrollo de la inhibición, la atención, la memoria de trabajo, lo emocional, el lenguaje interior, y la resolución de problemas; (c) y en base al trabajo de aspectos cognitivos, afectivo-emocionales y motivacionales. Si bien siguen existiendo tradiciones investigadoras que mantienen la tesis de independencia entre la cognición y la emoción (Domínguez & García, 2011, pp. 189-192), la neurociencia parece mostrar grandes avances en cuanto a la complementariedad de lo cognitivo y lo emocional-motivacional (Damasio, 2008), por lo que es relevante estudiar todos ellos a nivel escolar.

A las grandes aportaciones de la psicología sobre el cómo se aprende, centradas en el estudio de la conducta y la cognición humanas, se les puede complementar otras contribuciones derivadas de la neurociencia como disciplina más reciente que, debido al avance técnico, permite estudiar y entender mejor el aprendizaje desde el punto de vista del sistema nervioso y del cerebro.

1.4.2. De la neurociencia a la neuroeducación

La neuroeducación es la disciplina que estudia específicamente la relación entre la actividad cerebral y del sistema nervioso con la conducta y el aprendizaje, pudiendo extraer consecuencias para la didáctica —o la neurodidáctica (Gómez & Escobar, 2015; Rivoltella, 2011)—, como nuevos métodos de enseñanza-aprendizaje más adaptados (Ibarrola, 2016). La neuroeducación, al ser una de las neurociencias, permite avanzar en el conocimiento sobre cómo la persona aprende, teniendo en cuenta aspectos fisiológicos, tanto neurales como emocionales y cognitivo-funcionales (Blanco, 2017b, pp. 2-3). La neurodidáctica se nutre de los avances específicos de los estudios neuroeducativos y neuropsicológicos respecto a cómo es el sistema nervioso —en concreto, el cerebro—, cómo aprende, registra, conserva y evoca información, entre otros aspectos (Campos, 2010), para de esta forma repensar el proceso de enseñanza-aprendizaje en cada contexto, repensar el currículum y actualizar la formación docente (Cuevas, 2017; Mora, 2013).

La comprensión neural del fenómeno del aprendizaje desde el enfoque del quehacer docente resulta de interés fundamental para elegir o diseñar objetivos, contenidos, métodos y evaluación ajustados (Cuevas, 2017). La neurociencia puede tener un planteamiento mecanicista —buscando una comprensión mecanicista de la conducta del ser humano— y reduccionista —debido a la simplicidad-artificiosidad de los experimentos y técnicas neurocientíficas desarrolladas hasta el momento—, lo que ha llevado a plantear a algunos educadores encargados de capacitar a futuros maestros que los problemas mecanicistas que conciernen a los neurocientíficos están demasiado alejados del contexto del aula para poder informar de manera efectiva la práctica (Hirsh-Pasek & Bruer, 2007). Es decir, una de las críticas con respecto a las aplicaciones de los hallazgos producidos en esta disciplina es la artificialidad de los experimentos neurocientíficos y la naturaleza demasiado simplificada de las pruebas utilizadas para investigar procesos cognitivos en contextos educativos (Brockington et al., 2018). Pero por otro lado, los neurocientíficos intentan aplicar las técnicas de la neurociencia cognitiva a cuestiones educativamente relevantes (Dubinsky, 2010). La neurociencia presenta la gran ventaja de poder unir las aportaciones de neurodisciplinas muy diversas (Ravery & Williams, 2017). En este sentido, la neuroeducación no puede por sí sola proveer el conocimiento necesario para diseñar diseños educativos eficaces (Cuevas, 2017), sino que se deberá establecer una relación recíproca entre la neurociencia y la didáctica como ya han conseguido hacer por ejemplo la ciencia de la biología y la

práctica de la medicina, si bien esta tarea es ardua (Martín, 2015). En *Figura 9* se ha utilizado un diagrama de Venn usado en lógica para representar la relación de tres definiciones, a saber, la educación, la neurociencia y la psicología.

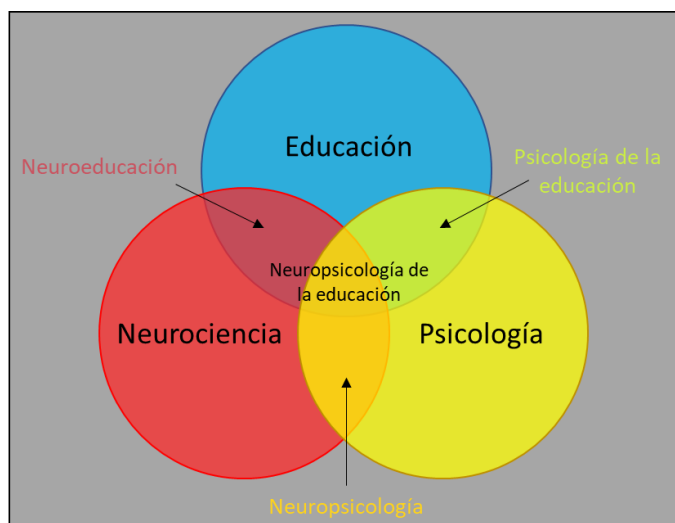


Figura 9. Diagrama de Venn de la educación, la neurociencia y la psicología.

Algunos hallazgos asentados desde hace años que la neuroeducación ha aportado a la didáctica y que son interesantes para esta investigación son:

- (1) el cerebro crece —crea nuevas células: neurogénesis— (Casafont, 2019);
- (2) las interacciones sociales impactan en el nivel hormonal, y este en el aprendizaje cerebral (Bueno, 2019a, p. 21);
- (3) el movimiento influye en el aprendizaje (Guillem & Bueno, 2019);
- (4) el cerebro tiene plasticidad neuronal o sináptica y puede *realambrarse* (Bueno, 2019a, p. 19);
- (5) los *feedbacks* influyen en la formación de redes neuronales (Casafont, 2019);
- (6) las artes y la música afectan al cerebro y la conducta (Casafont, 2019, p. 75);
- (7) el cuerpo es cerebral y el cerebro es corporal —trozos de información cerebral circulan por todo el cuerpo— (Jensen, 2000);
- (8) el cerebro es como un mecánico y un artista simultáneamente —requiere y registra de forma automática lo familiar, al mismo tiempo que busca y responde a nuevos estímulos— (Cuevas, 2017);
- (9) el aprendizaje se incrementa por el desafío y se inhibe por la amenaza (Jensen, 2000).

La neuroeducación aconseja que el profesorado genere ambientes de aprendizaje propicios para el adecuado estímulo neural del alumnado (Goswami, 2015), especialmente para las edades de niños en educación infantil y primaria (Martín, 2015). Ello se explica porque los factores ambientales —sociales, culturales, familiares y educativos— pueden influir en las funciones cognitivas, dado que condicionan la plasticidad sináptica, que a su vez es al base de los circuitos neuronales (Bueno, 2019a,

p. 21); incluso pueden producir modificaciones epigenéticas, esto es, que el ambiente puede influir en la regulación de la función de ciertos genes (Bueno, 2019b). Los nuevos ambientes digitales, en lugar de los analógicos o sin TIC, pueden tener importantes implicaciones en el aprendizaje a nivel cerebral (Botero, 2014). Un ambiente de aprendizaje debe tener en cuenta aspectos sociales, organizacionales, emocionales y educativos, no sirviendo cualquier espacio físico (Jensen, 2000). Además, el cerebro se desenvuelve mejor en entornos (o problemas) interdisciplinarios reales (o similares a la realidad) respecto a la organización clásica en asignaturas, exigiéndole capacidades analíticas, técnicas y creativas (Cuevas, 2017). Estas situaciones reales permiten interpretar por parte de los aprendices que los contenidos educativos son algo necesario —de atender, de procesar, de retener, etc.— (Botero, 2014). Estos entornos que deben ser lo más reales posibles —no resultar abstractos, descontextualizados o artificiosos, sino situados y significativos (Rivoltella, 2013)—, no tienen que dejar de ser educativos; por ello, es necesario dar una base orientadora de la acción (BOA), donde el cerebro-aprendiz está dirigido de alguna manera hacia uno o varios objetivos y se le brinda los apoyos (BOA) necesarios para que los logre (González-Moreno, Solovieva, & Quintanar-Rojas, 2012). Este principio neuroeducativo para crear ambientes adecuados de aprendizaje es compatible con conceptos de psicología de la educación como la zona de desarrollo próximo (Vygotski, 1978) o el equilibrio entre la habilidad y el reto (Csíkszentmihályi, 1990).

La neuroeducación se presenta, pues, como una nueva disciplina que, junto a la neurodidáctica, aporta a los profesionales e investigadores de la educación un *corpus* de nuevos conocimientos e indicaciones para construir nuevas situaciones educativas más eficaces desde el punto de vista de las funciones ejecutivas. Además, estas indicaciones, como la creación de retos, la implicación corporal, las relaciones sociales, la capacidad creativo-artística, o el movimiento, son compatibles con algunas de las características básicas de la gamificación y los exergames, por lo que parece plausible que puedan diseñarse situaciones educativas que las impliquen desde un enfoque neuroeducativo.

1.4.3. Neuroeducación y juego

Una forma de crear nuevos ambientes educativos es la basada en la gamificación. Cierta forma de gamificación se diseña únicamente en base a la donación de puntos o emblemas que el jugador-alumno recibe a modo de recompensas —la arquitectura gamificadora *Points-Badges-Leaderboards* que impera en la actualidad—. Por ello, se basan únicamente en la psicología consecuencialista de Skinner (1971). Es necesario ir más allá de las recompensas y, por un lado, entenderlas a nivel neuroeducativo, y por otro complementarlas con otras estrategias gamificadoras no-consecuencialistas. Un entorno gamificado puede aumentar la motivación del alumnado de forma proporcional a la donación de recompensas en tanto que crece la activación de regiones clave del sistema de recompensa cerebral asociados a la motivación (Howard-Jones, 2016).

Además, este aumento de motivación lleva asociado una mejora en el aprendizaje, dado que se ha comprobado que el nivel de activación del cuerpo estriado —región del sistema de recompensa cerebral en la que se libera dopamina— puede predecir la formación de la memoria declarativa, una de las más demandadas en las aulas (Howard-Jones, 2011).

Andrzej Marczewski analizó cuáles son los principales neurotransmisores que se pueden asociar a la gamificación, a saber, la dopamina, la oxitocina, la serotonina y la endorfina (Redondo, 2019, pp. 119-120). La dopamina, que puede ser desencadenada ante actividades novedosas, está asociada a la sensación de placer, y este con la motivación y el compromiso, los cuales son esenciales para el aprendizaje dado que puede haber neurogénesis. En concreto, la dopamina se asocia con la expectativa de recompensa —es decir, hace también su función antes de recibir el refuerzo—. La oxitocina favorece el establecimiento de relaciones de confianza y generosidad, la cual puede ser desencadenada ante actividades cooperativas y las tareas grupales; aunque, por otra parte, podría conducir a fortalecer sentimientos de ira o disgusto según la situación planteada. La serotonina regula el estado anímico y puede ser favorecida por la donación de insignias y emblemas, fruto del sentimiento de orgullo y la percepción de competencia y logro. Por último, la endorfina es un opioide que se produce de forma natural como reacción ante ciertos estímulos. Se asocia con el bienestar y la euforia, y puede ser secretada tras la superación de desafíos que requieran esfuerzo para superarlos. Este neurotransmisor se produce en muchas ocasiones con los videojuegos y la actividad física.

La neuroeducación también nos advierte de la necesidad de trabajar funciones ejecutivas básicas como la inhibición (Guillén, 2019). De esta forma, el jugador-alumno se educa en la tolerancia a la frustración —ante la no ganancia de un punto, o por la paciencia que requiere hasta conseguirlo— (Perlman, Luna, Hein, & Huppert, 2015), así como en la evitación de búsqueda continua de recompensas inmediatas y aceptar retos que activan zonas frontales del cerebro (Luerssen, Gyurak, Ayduk, Wendelken, & Bunge, 2015). La neurociencia ya ha mostrado que el aprendizaje se incrementa por el desafío y se inhibe por la amenaza (Jensen, 2000), por lo que es compatible con ciertas estrategias gamificadoras, como es la propuesta de retos-desafíos-misiones de un nivel elevado pero asequible, que permite aumentar la motivación y poner en marcha los recursos de los que se dispone para conseguir la meta. Encontrar el punto de desafío cognitivamente óptimo en las tareas no solo afecta a la motivación, sino a la eficacia de la actividad física y la motricidad, en concreto la coordinación motriz (Pesce et al., 2013). Aunque sobre la gamificación ya se ha realizado algún estudio desde la perspectiva neuroeducativa, por ejemplo con recursos como salas de escape (*escape rooms*) (Climente & Castillo, 2018), prácticamente no existen investigaciones en este campo (Mullins & Sabherwal, 2020), y dado que se estima que un alto porcentaje de las experiencias gamificadas han fracasado en sus objetivos (Mullins & Sabherwal, 2020),

es pertinente conocer cómo un diseño completo gamificado influye a nivel neuroeducativo, aportando nuevo conocimiento y desde una disciplina nueva.

Por otro lado, el juego representa, desde el punto de vista neurológico una herramienta indispensable para el aprendizaje, dado que ha favorecido a nivel evolutivo comprender el mundo y las reglas que lo rigen de forma segura, asequible y simple (Redondo, 2019, p. 177). A nivel neurodidáctico, el juego aporta diversión, alegría, imaginación, creatividad, conocimientos y mayor implicación, lo que produce mayor deseo de seguir aprendiendo (Forés & Ligioiz, 2009). Los juegos se han mostrado como fundamentales para promover beneficios a nivel específicamente neuroemocional (Casafont, 2019, pp. 75-76). Una de las implicaciones didácticas más importantes es la necesidad de presentar los contenidos lúdicos de forma novedosa, en tanto que producirá en el alumnado el deseo de explorar esa nueva realidad para acomodarse y poner a prueba las hipótesis previas conceptuales con las cuales se desenvolvía (Stahl & Feigenson, 2015). En el diseño de los estudios científicos será necesario realizar un buen planteamiento que permita diferenciar la motivación de media y larga duración respecto al entusiasmo inicial que se vive ante una novedad (Cuban, 2016, p. 37).

El uso del juego en educación, o de varias de las características del mismo en que consistiría la gamificación, tiene el respaldo de varios avances neuroeducativos que, complementados con los de la psicología, permiten comprobar los beneficios a nivel cognitivo, afectivo, relacional, endocrino, motivacional y motor, en aras de conseguir más y mejor aprendizaje.

1.4.4. Neuroeducación y motricidad

Los juegos motores —aquellos que implican gran actividad física—proporcionan una forma única de enriquecimiento que impacta en el desarrollo cognitivo de los niños a través de la mejora de la coordinación motriz, particularmente las habilidades de control de objetos en determinados juegos (Pesce et al., 2016). Se ha demostrado la relación recíproca que existe entre los actos motores y los procesos cognitivos, los cuales implican también procesos atencionales, emocionales y sociales (Guillem & Bueno, 2019, p. 180). Existe gran volumen de literatura científica que estudia la positiva relación entre actividad física y funciones ejecutivas a nivel fisiológico y estructural, habiendo establecido que: (1) se producen cambios a nivel neuroquímico, con el aumento de neurotransmisores como la dopamina o la noradrenalina; (2) se incrementa el flujo sanguíneo cerebral y, por tanto, una mayor oxigenación; (3) se activa el córtex prefrontal; (4) se producen cambios estructurales en el hipocampo y el cerebelo (Guillem & Bueno, 2019, p. 181).

El aprendizaje del acto motor se puede definir, según la taxonomía de funciones ejecutivas del *BrainMap* basada en bases de datos de experimentos neurofuncionales (<http://brainmap.org/taxonomy/behaviors.html>), como el estado o proceso de aprender a ejecutar un movimiento manifiesto del cuerpo (Fox & Lancaster, 2002). Desarrollar e

implementar intervenciones educativas en alumnado escolar para mejorar sus habilidades motrices y cognitivas se ha convertido en una prioridad (Zeng et al., 2017). Por otro lado, los exergames se diseñan para estimular la motricidad (Quintas, 2019a). Si bien los efectos de los exergames han sido muy estudiados a nivel de actividad física-fisiológica, mucho menos se conoce respecto a los efectos psicológicos o psicomotrices (Dichev & Dicheva, 2017). Algunos estudios ya han abordado los posibles efectos de los exergames en el acto motor, específicamente en su aprendizaje (Sheehan & Katz, 2010), o en el control motor (Vernadakis et al., 2015).

Se ha concluido en un estudio experimental aleatorizado que el exergame basado en tecnología *Xbox Kinect™* no provocó la misma ejecución de habilidades que un desempeño similar sin el exergame en niños, además los participantes no mejoraron su habilidad motriz —captura, tiro por encima, tiro por debajo y patada, entre otras— en las seis semanas que duró la intervención; sin embargo se identificó como limitantes del estudio la situación demasiado artificiosa de la evaluación, y la baja muestra (Zeng et al., 2017). Otro estudio encontró que los exergames pueden no potenciar la adquisición de habilidades motrices jugando 1 hora semanal durante 6 semanas a menos que dispongan de instrucciones claras en la intervención escolar, si bien sí que permiten transferir los aprendizajes a contextos no basados en exergames según los participantes (Barnett, Ridgers, Reynolds, Hanna, & Salmon, 2015). Este último estudio sugiere investigar los actos motores con exergames diferentes al que usó, esto es, *Nintendo Wii®*. De igual forma, el uso del *Xbox Kinect™* no mejoró los patrones de movimiento ni en niños con desarrollo normal ni en niños con Trastorno del Espectro Autista, aunque sí tuvo beneficios en la competencia motriz percibida (Edwards, Jeffrey, May, Rinehart, & Barnett, 2017). Otros estudios sí han encontrado pruebas de la utilidad de ciertos exergames basados en tecnología del *smartphone* (con audio, cámara, *WiFi*, *GPS*...) para mejorar las habilidades motrices fundamentales en niños en edad escolar (Barnett, Hinkley, Hesketh, Okely, & Salmon, 2012; Barnett, Bangay, McKenzie, & Ridgers, 2013).

Todo acto motor implica la participación de las funciones ejecutivas. Dado que según las características de la actividad física las exigencias sobre las funciones ejecutivas serán diferentes (Guillem & Bueno, 2019, p. 180), es preciso conocer cómo la actividad física que promueve cada exergame puede incidir a nivel neurofuncional, dado que los exergames no promueven solo aspectos físicos sino también cognitivos (Gao et al., 2016). En un estudio de revisión se ha concluido que el *exergaming* no produce una mejora en el aprendizaje de habilidades motrices o la regulación emocional, aunque sí en el cumplimiento de actividad física moderada-vigorosa, si bien en población específicamente con Trastorno del Espectro Autista (Fang, Aiken, Fang, & Pan, 2019). En el ámbito de la rehabilitación, otro estudio de revisión ha concluido que el *exergaming* es una actividad complementaria y útil para mejorar las funciones cognitivas y motrices en población adulta con discapacidades neurológicas o trastornos

neurológicos del desarrollo (Mura, Carta, F., Machado, & Prosperini, 2018). Otro estudio de revisión ha encontrado que los exergames producen beneficios a nivel de atención, de habilidades visoespaciales y de cognición general tanto en población adulta sana y como en población con impedimentos neurocognitivos (Stanmore, Stubbs, Vancampfort, De Bruin, & Firth, 2017). Se hacen necesarios estudios en población joven y en el ámbito educativo que observen componentes demostrables del acto motor y la habilidad motriz que hayan sido causados por el exergame (Castañer, Camerino, Landry, & Pares, 2016; Rosa, Ridgers, & Barnett, 2013).

El baile es una de las actividades aconsejadas para su implementación escolar por los requerimientos neurofuncionales y motrices (Guillem & Bueno, 2019, p. 184), dado que es una actividad que contempla acciones repetitivas pero también novedosas, y tiene beneficios a nivel neurosocial en preadolescentes (Román, 2019, pp. 158-159). Este fenómeno es ideal en tanto que exige al cerebro construir y usar patrones de acción fijos, con el fin de predecir y buscar significados, mediante las neuronas espejo que son las responsables del aprendizaje por imitación patrones previamente integrados a través de la propiocepción, la vista y la cinestesia (Mozo, 2019, p. 163). Así, el cerebro produce un modelo neuronal de los estímulos repetidos, con el cual compara cualquier estímulo, y si este es novedoso, realiza los ajustes a las respuestas que se van a utilizar (Llinás, 2003). Si además se plantean actividades bailadas abiertas, por ejemplo mediante proyectos de trabajo en equipo, permitirán ejecutar en cada aprendiz diferentes estilos de aprendizaje para alcanzar la misma meta planteada por el docente, como aconseja el principio neuroeducativo de la organización única de cada cerebro y su propio estilo de aprendizaje (Ibarrola, 2016), y aumentará la motivación fruto del crecimiento de la dopamina —un neurotransmisor— al realizar tareas cooperativas (Ligioiz, 2019, p. 49). De igual forma, se desarrollará el pensamiento creativo y la flexibilidad cognitiva en niños de educación primaria, abiertas por las *llaves naranjas* que llama Ryan (2014), entendidas en modo metafórico como recursos, estrategias o rutinas de pensamiento que *abren* ciertas destrezas cognitivas; así como la capacidad de esforzarse y visualizar las expectativas de éxito y fracaso, pasando del *no sé hacerlo* al *no sé hacerlo todavía* (Vega, 2019). Plantear actividades coreográficas de baile en grupo exige en los participantes poner en marcha el control inhibitorio, en tanto que deben asumir que la coreografía se crea en grupo y no siempre se seguirá las indicaciones que una persona en concreto quiere (Román, 2019, p. 156).

La coordinación motriz es, como el equilibrio, una capacidad que está en el epicentro del engranaje de toda capacidad perceptivo-motriz, es decir, una capacidad soporte. Las capacidades perceptivo-motrices son aquellas que se derivan especialmente del sistema nervioso —y no solo del sistema músculo-esquelético—, como el esquema corporal, la actitud tónico-postural ortostática, la respiración, la lateralidad, el ritmo o la relajación. El desarrollo neurológico y filogenético ha permitido pasar de la sensoriomotricidad a la perceptivomotricidad, de la médula al córtex, y de los movimientos reflejos a los

automatismos motrices (Castañer & Camerino, 2006, p. 30). La coordinación motriz es la capacidad de regular de forma precisa y eficaz la intervención del propio cuerpo en la ejecución de toda habilidad motriz, que dota al acto motor de mayor calidad — precisión, eficacia, economía y sinergia— (Castañer & Camerino, 2006, pp. 117-118), y es posibilitada por la corteza motora; en concreto, es ejecutada por el área motora primaria y controlada por el área motora suplementaria y el área premotora (Schünke et al., 2011, pp. 408-409).

La corteza cerebral humana es la capa de sustancia gris más superficial del cerebro. En concreto, existe una zona o corteza motora en el lóbulo frontal del cerebro que es la responsable de planificar, controlar y ejecutar el acto motor voluntario. Esta área motora la integran varias áreas funcionales como son el área motora primaria, el área premotora, la corteza parietal posterior y el área motora suplementaria (SMA) (Schünke et al., 2011, pp. 108-115). De esta último área, cuyo nombre lo acuñaron Penfield y Welch (1951), se sabe que es un complejo sistema asociado a la preparación, inicio y monitoreo de la función motora, pero al mismo tiempo muchas de sus funciones y funcionamientos siguen sin estar claros dado que existen pocos estudios al respecto (Marín, Bramasco, & Alonso, 2008). De hecho, aún no se ha establecido un método adecuado para delimitar la zona anatómica exacta del SMA, lo cual es necesario para colocar electrodos y realizar investigación.

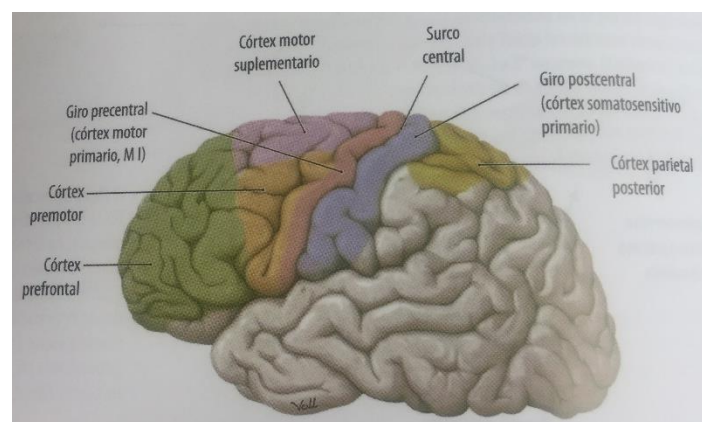


Figura 10. Diferentes áreas de la corteza cerebral.

Sí que se ha hallado que, si bien los movimientos sencillos como flexionar los dedos activan áreas motoras y sensoriales primarias, los movimientos más complejos secuenciales provocan activación adicional de SMA (Marín et al., 2008). Por ello, las tareas basadas en coordinar diferentes miembros simétricos corporales o tareas bimanuales se muestran como ideales para activar la SMA, y de esta forma estudiar y analizar la adquisición y aprendizaje de coordinación motriz (Smethurst & Carson, 2001a). Además, dado que el aprendizaje y desarrollo de la coordinación motriz implica una representación neuronal de orden superior (Kelso & Zanone, 2002), los efectos de aprendizaje derivados de bailar para coordinar movimientos de rodilla se pueden transferir a la coordinación de los dedos, o viceversa (Miura, Fujii, Okano, Kudo, &

Nakazawa, 2016a). Los movimientos bimanuales repetitivos —especialmente los dedos— tienden a realizarse en un patrón de espejo simétrico a medida que aumenta la frecuencia de los movimientos (Kelso, Scholz, & Schoner, 1986b), implicando mayores demandas cognitivas para mantener la coordinación motriz (Zanone, Monno, Temprado, & Laurent, 2001). Estos patrones de coordinación motora sofisticados parecen estar asociados con el SMA (Wilson, Kurz, & Arpin, 2014), y el SMA está involucrado en las actividades físicas musicales como el baile (DeManzano & Ullén, 2012; Olshansky, Bar, Fogarty, & DeSouza, 2015b). El SMA da forma a un plan motor adecuado al contexto en base al tipo de tarea motriz (Sarfeld et al., 2012; Welniarz et al., 2019a). De hecho, la comunicación interhemisférica está involucrada en la ejecución motora, incluso durante el período anterior al movimiento compuesto por diferentes pasos que van desde la toma de decisiones hasta la ejecución del movimiento (Welniarz et al., 2019a).

Por otro lado, hay pruebas obtenidas mediante estimulación eléctrica que indican que, aunque la principal función del SMA es motora, no es una área puramente motora sino mixta sensoriomotora —es decir, asociada a la sensación y la percepción— (Lim, Dinner, & Pilay, 1994). Un estudio concluyó que la SMA puede mediar en la percepción de los pulsos rítmicos (Grahn & Brett, 2007b), los cuales están altamente presentes en la danza y en los exergames basados en el baile. Además, los exergames que se basan específicamente en videojuegos tienen un alto componente estético y perceptivo, por lo que permitiría que los jugadores-alumnos focalizaran, retuvieran y esquematizaran mucho mejor la información exterior, y de esta forma influir en la calidad del acto motor (Fernández, 2013).

Guzmán, Fonseca, y Jiménez (2016) encontraron beneficios motrices en la coordinación óculo-manual en el alumnado cuando practicaban de forma tradicional pero de forma complementaria con el exergame *Wii Sports*. Otro estudio halló una mejora en la coordinación y el tiempo de reacción (Watson et al., 2016). Algunos aspectos del exergame que podrían mejorar la coordinación motriz podría ser el aumento de la exigencia de atención y la concentración durante las tareas de aprendizaje (Budde, Voelcker-Rehage, Pietrabyk-Kendziorra, Ribeiro, & Tidow, 2008; Hsieh & Chen, 2019; Staiano & Calvert, 2011), las retroalimentaciones e instrucciones personalizadas, y una vivencia activa de la habilidad (Di Tore & Gaetano, 2012). Otros elementos del exergame que podrían mejorar el rendimiento académico medido en términos de calidad motriz sería la inteligencia espacial —entendida en este caso como la capacidad para asociar causas y efectos físicos—, la correcta manipulación del *smartphone*, la respuesta apropiada al *feedback* visual, la creación de un mapa cognitivo de los movimientos corporales en relación con el juego, o el mayor compromiso durante las tareas de aprendizaje debido a la motivación hacia el exergame y la gamificación (Çakıroğlu, Başbüyük, Güler, Atabay, & Memiş, 2017; Chang & Wei, 2015; Staiano & Calvert, 2011). Sin embargo, un estudio de revisión informó del efecto positivo de los

exergames en las funciones cognitivas y de doble-tarea —es decir, cualquier movimiento físico que requiera la capacidad de realizar dos tareas simultáneamente— en personas adultas, aunque también mencionó la necesidad de realizar estudios con grupos control que incluyan actividad física realizada de forma tradicional para ganar validez en los estudios (Ogawa, You, & Leveille, 2016). Otros estudios informan de la escasez de investigación en el efecto de los exergames en la adquisición de habilidades motrices específicas (Castañer et al., 2016). Por ello, el posible efecto de los exergames en el aprendizaje de la motricidad aún no es definitivo y se ha propuesto seguir investigando en este campo desde una perspectiva educativa y no clínica (Di Tore & Gaetano, 2012). Se hace necesario comprobar si efectivamente un diseño gamificado basado el exergame produce efectos en la coordinación motriz de los escolares, como uno de los elementos a desarrollar interdisciplinarmete en EF y EM.

Algunas de las preguntas educativas clave que la neuroeducación invita a replantearse: ¿cómo desarrollar un ambiente o atmósfera de aprendizaje orientado ecológicamente y gamificada para un cerebro involucrado contextualmente? ¿cómo plantear problemas o proyectos significativos reales que supongan un reto interdisciplinar para el alumnado? ¿cómo imbricar lo social, lo emocional y lo cognitivo en un planteamiento de enseñanza-aprendizaje que tenga en cuenta los avances neuroeducativos? Estas cuestiones sugieren reformar la didáctica, y revistar el currículo escolar (Cuevas, 2017; Zadina, 2015). Una enseñanza coherente con la naturaleza de los cerebros debe entender a estos como limitantes o potenciadores del aprendizaje (Botero, 2014). Si el interés del presente estudio es conocer la aplicabilidad y utilidad de los exergames y la gamificación en el sistema educativo, se hace necesario evaluarlos desde la perspectiva neuroeducativa con la técnica fNIRS, dado que permitirá estudiar la eficacia del método y el material de enseñanza cuantificando cómo estimula los procesos neurofuncionales.

La enseñanza-aprendizaje del actor motor en contextos como el baile desde la EF y la EM debe atender a las aportaciones al estudio de la motricidad que hace la neuroeducación. El acto motor se asocia a procesos cognitivos, atencionales, emocionales y sociales, dado que las funciones ejecutivas asociadas se ven incluidas por cambios neuroquímicos (estructurales y funcionales), los cuales a su vez son sensibles a las propuestas de tareas educativas que se diseñen. Diseñar y aplicar situaciones educativas que incluyan los exergames como estimulantes de la motricidad resulta ser un incentivo para el desarrollo del control motor y de la coordinación motriz. A nivel neurofuncional, el SMA es un área sensoriomotora asociada a la preparación, inicio y monitoreo de la función motora, de cuyo funcionamiento queda mucho por conocer, y el cual parece ser demandado en tareas repetitivas rítmicas y que requieran coordinación motriz. El estudio de la coordinación motriz como habilidad motriz básica en el contexto de la enseñanza de la motricidad en educación desde la perspectiva

neuroeducativa es clave para poderlo asociar con estructuras y funciones cerebrales específicas, como puede ser el SMA.

2. MARCO EXPERIMENTAL

2.1. Planteamiento de la investigación

2.1.1. Principios filosóficos sobre la ciencia

Todo planteamiento científico, tanto a nivel epistemológico como metodológico y experimental tiene unos principios filosóficos. Cuando estos no se explicitan puede ser debido a que se adecuan a algunas de las grandes tendencias y convenciones del momento, y por tanto dándose por presupuestas, o quizá porque se pretende cierta ocultación o pseudoneutralidad. Por ello se hace necesario explicitar los principios ontológicos y epistemológicos que justifiquen posteriormente los métodos elegidos, teniendo en cuenta que: «*la cuestión de cuál es la ontología que debe efectivamente adoptarse sigue abierta y el consejo que debe darse es obviamente el de ser tolerante y tener un espíritu experimental*» (Quine, 2002a, p. 59).

La presente tesis doctoral ha sido compatible con una ontología monista, es decir, la concepción de la existencia de una única realidad homogénea —esto es, de una misma naturaleza regida por leyes o regularidades—, compuesta por objetos que existen con independencia de la experiencia humana. Además, también ha sido compatible con una ontología fisicalista positivista —mecanicista y determinista—, donde lo microfísico *constituye* todos los demás niveles de realidad macrofísicos. Es decir, que las ciencias sociales como la psicología o la didáctica, que pueden realizar explicaciones legítimas y son útiles socialmente, realmente *sobrevienen* —descansan, se fundamentan— a las ciencias naturales. En concreto, la didáctica científica puede hallar propiedades «superiores» que descansan en la psicología —entre otras, como la sociología—, y esta en la neuropsicología, y esta en la biología, y esta en la química, y esta en la física. Se podrán reducir unas a otras cuanto más se despejen las variables ocultas de «nivel inferior» que determinan las de «nivel superior».

Igualmente, se ha usado una epistemología empirista de corte *relativa*, esto es, un empirismo matizado o criticado por Quine (1988) en algunos de sus puntos metafísicos del empirismo clásico. Este empirismo tiene una consecuencia metodológica: «*no alejarse de la evidencia sensorial más de lo que se necesite*» (p. 162); y una consecuencia metódica: el método hipotético-deductivo —o mejor, inductivo-deductivo—, ante la imposibilidad de establecer enunciados básicos puramente empíricos y por tanto traducibles en hechos físicos de la experiencia, y ante la ineludible carga mínima teórica que todo enunciado lleva asociada (Lakatos, 1998). En coherencia, se ha pretendido usar un lenguaje no esencialista ni intensionista, sino referencial, extensionista y consecuencialista. Todos los conceptos usados, creados o refinados en esta tesis se deben entender, por tanto, de manera operativa y pragmática —útil—. Esta postura se basa también en el pragmatismo lingüístico de Grice (1989), donde el significado de los conceptos —enunciados, hechos, resultados...— no solo refieren de

forma extensional sino también a la intención del hablante y al contexto —en este caso, de investigación científica—. Esta visión del lenguaje es naturalista y consecuencialista, es decir, que los conceptos aceptados son aquellos que permiten inferir más y mejor —sacar mejores consecuencias—, pudiéndose evitar nociones, aunque se utilicen por razones económicas, como «verdad» o «existencia» (Zamora, 2017, pp. 100-103). Así, el planteamiento lingüístico es el instrumentalismo sobre entidades, es decir, que los conceptos son meros recursos predictivos.

Este empirismo crítico permite huir de cierta metafísica positivista, pero también de la metafísica idealista que sustenta los actuales paradigmas científicos denominados *interpretativo* y *crítico*. Los paradigmas, concebidos para identificar y entender los cambios epistemológicos en la historia, son «*realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica*» (Kuhn, 1971, p. 13). El uso del concepto de paradigma, inicialmente aplicado a las «ciencias naturales» principalmente, se extendió al resto de áreas de conocimiento: el paradigma positivista, el interpretativo y el crítico (Koetting, 1984). En la ciencia de la educación Tejada (2005) establece tres paradigmas curriculares ligados respectivamente a los tres anteriormente descritos: Tecnológico, Interpretativo-Fenomenológico y Sociocrítico. Los dos últimos derivan de corrientes filosóficas como la fenomenología, la hermenéutica y los postmarxismos, las cuales sobredotan a la conciencia, al lenguaje o a la historia el poder de fundamenar el mundo, lo que puede acabar conduciendo al solipsismo, al relativismo o, por lo menos, no explican la utilidad que la ciencia y la técnica han aportado a la humanidad. Un empirismo crítico y relativo permite reconocer la influencia del lenguaje en la epistemología, sin caer en el idealismo, el historicismo o el subjetivismo. Es decir, se puede aceptar un racionalismo interno de la ciencia que deba actuar mediante el falsacionismo (Popper, 2004), sofisticando la postura con ciertos aspectos de la *historia externa* que rodean e influyen al científico, la comunidad científica y la cultura científica (Lakatos, 1998). Así, cualquier hallazgo y afirmación científica —incluso que una molécula de amoníaco tiene tres átomos de hidrógeno y uno de nitrógeno o que el ser humano tienen tres necesidades psicológicas básicas— se deben aceptar solo provisionalmente debido al problema de la inducción.

La visión de la ciencia que se mantiene en esta tesis doctoral es una visión naturalista, al estilo de la epistemología naturalista de Quine (2002b) y el naturalismo científico de Laudan (1984), quien mantuvo que la tríada constitutiva de la ciencia — las teorías, los métodos y los valores— cambian por razones que incluyen la racionalidad —y no solo por una cuestión arbitraria o social—. Esta visión aboga por la objetividad y considera inaceptable la deriva relativista de corrientes muy presentes en ciencia —especialmente en la ciencia social— como el socioconstructivismo, el postmodernismo o el historicismo; aunque, por otra parte, también se aleja de posiciones esencialistas, formalistas y aprioristas. La sociología de la ciencia ha

permitido cerciorarse a la comunidad científica de ciertos aspectos que influyen en su profesión, como los valores, las motivaciones, la financiación, la estructura de la comunidad científica, el progreso en la carrera profesional de los investigadores o la decisiones de citar a unos estudios/autores pero no a otros; no obstante, ello no permite afirmar que la ciencia sea un constructo social o un discurso como cualquier otro — como lo mantiene la concepción fuerte de la sociología de la ciencia—.

Este reconocimiento de las cuestiones tanto racionales como sociales del quehacer científico ha permitido optar por una aproximación multimétodo en esta tesis doctoral, en concreto usando métodos y técnicas propias de las llamadas *metodología cuantitativa y cualitativa*. La aproximación multimétodo se considera necesaria en tanto que es la mejor combinación de técnicas y procedimientos de recogidas de datos, lo que no implica que se deban aceptar los presupuestos ontológicos y epistemológicos del paradigma interpretativo o sociocrítico; es decir, se puede diseñar y aplicar diseños con métodos cualitativos que respondan a una ontología y epistemología como las presentadas anteriormente. Obviamente, es obligatorio aceptar y reconocer el nivel de rigor y fiabilidad de cada técnica y método usado, dado que no son iguales todos ellos, y permiten realizar afirmaciones o generalizaciones en diferente grado; por otro lado, el uso de diferentes instrumentos de recogida de datos —como la observación, el autoinforme, la entrevista, una escala psicológica validada o una medida con espectroscopía de infrarrojo cercano— permite acceder a información que, de otra manera, y dado el progreso técnico actual, no se podría obtener.

Es importante a tener en cuenta todos estos principios filosóficos o metacientíficos establecidos dado que funcionan a modo de supuestos auxiliares que acompañarán a todas las hipótesis y procedimientos de contrastación que se realizarán en la tesis doctoral, más aún cuando la observación (recogida de datos en general) no se realizará a modo de *simple observación de un contexto natural*, sino de observación con experimento, el cual tiene aún más supuestos teóricos auxiliares que intervienen en la contrastación (Díez & Ulises, 2008).

En resumen, los principios de esta investigación se basan, con los matices mencionados, en el monismo, el fisicismo, el mecanicismo, el determinismo, el empirismo relativo, el pragmatismo y consecuencialismo lingüísticos, el falsacionismo, el naturalismo científico y el objetivismo. Si se ha optado por estos planteamientos ontológicos, epistemológicos y metodológicos es porque se considera que ayudarán en mayor medida a descubrir el *aprendizaje visible* (Hattie, 2017). La didáctica ya ha sido muy nutrida de planteamientos teóricos pedagógicos y filosóficos, muy necesarios por otra parte, pero debe complementarse con enfoques que extraigan pruebas empíricas sobre el impacto de ciertas ideas didácticas. Hattie (2017) analizó más de 800 metanálisis de 50.000 artículos de investigación, sobre 150.000 tamaños de efectos y sobre 240 millones de alumnos. Esta tesis doctoral pretende ser una humilde aportación a ese conjunto de investigaciones de prueben el aprendizaje visible —o su ausencia—.

2.1.2. Concreción del problema de investigación.

En la actualidad, muchas de las innovaciones educativas que se investigan caen en el peligro de la simple moda y la novedad (Pérez-Tornero, 2016), que de alguna manera ya existían en el siglo XX pero con otros nombres (Meirieu, 2019), o que simplemente introducen una herramienta tecnológica en el contexto tradicional del aula (Cuban, 2016; Gros, 2016). Así, se exigen innovaciones educativas fundamentadas pedagógicamente (Rivoltella, 2017), que busquen y prueben la mejora y calidad educativa de una manera original (Greany, 2016; Martínez, 2019). La innovación educativa rigurosa es escasa en educación primaria (Chalkiadaki, 2018), por lo que supone un desafío diseñar e implementar programas educativos realmente innovadores, fundamentados pedagógicamente, y capaces de ser acompañados por un método científico que pruebe validez de sus materiales o sus métodos (Gros, 2019; Tricot, 2019).

A pesar de que el estudio de los videojuegos en educación ya tiene varias décadas (Borges et al., 2014; Vagheti et al., 2018), se sabe muy poco respecto a los exergames como nuevos materiales educativos, especialmente en contextos escolares (Lee, Kim, Park, & Peng, 2017a; Li & Lwin, 2016). Los exergames pueden aportar para la EF y la EM los beneficios tanto de los juegos motores como de los videojuegos (Gee, 2003; González & Navarro, 2015). Por ello se ha sugerido incorporar los exergames a las clases para promocionar la motivación en el alumnado (Campelo, Donaldson, Sheehan, & Katz, 2015; Chacón et al., 2016; Chacón et al., 2015; Li & Lwin, 2016), dado que ya se han comprobado ciertos efectos sobre la misma (Lwin & Malik, 2012), y también sobre el interés situacional (Sun, 2013); si bien queda por comprobar cómo incorporarlos, estudiando diferentes variables que entran en juego para su aplicabilidad, como son la actitud del alumnado y del profesorado, la logística o los beneficios y obstáculos (Watson et al., 2016).

Se han estudiado los efectos físicos y fisiológicos que pueden producir los exergames (Lee et al., 2017a; Li & Lwin, 2016), y queda por indagar qué efectos pueden producir a nivel psicológico, especialmente en el ambiente escolar. Son diversas las variables psicológicas asociadas a las materias que tienen que ver con el movimiento y el cuerpo y mediadas por los exergames que quedan por investigar, como son la motivación, el estado de *flow*, las necesidades psicológicas básicas, la diversión, la actitud hacia el ejercicio físico (Ho, Lwin, Song, & Yee, 2017b; Huhtiniemi, Sääkslahti, & Jaakkola, 2017). La mejora de estas variables en la escuela es necesaria para aumentar la calidad en la enseñanza y aprendizaje de la EF y la EM (García, Abos, & Sevil, 2020; Vernia, 2018).

Igualmente, en la EF y EM existen diferentes variables de rendimiento académico que pueden verse beneficiadas por los exergames (Gao et al., 2013), como la habilidad motriz rítmica (Castañer et al., 2016), la coordinación motora, el tiempo de reacción (Watson et al., 2016), la concatenación de los pasos, la expresividad corporal y la

interacción motriz (Larraz, 1988; Larraz, 2012). No existen estudios en estas áreas de conocimiento y etapa educativa que indaguen variables neurofuncionales relevantes para el rendimiento académico en la EF y la EM, como la coordinación motriz (Pesce et al., 2013), por lo que se requiere iniciar el conocimiento a nivel exploratorio de los posibles efectos a nivel neurofuncional de una intervención educativa con exergame (Daniel, 2012; Howard-Jones et al., 2015).

Dado que existen múltiples investigaciones sobre los exergames que se realizan con adultos, universitarios, o con una perspectiva clínica (Conde et al., 2020; Street et al., 2017), resulta interesante ampliar el conocimiento científico en este campo específicamente en el contexto escolar de educación primaria. Precisamente, los cursos de 5º y 6º de educación primaria coinciden con las edades del alumnado comprendidas entre los 10 y los 12 años, las cuales pertenecen a una franja de edad clave a nivel psicológico dado que es un periodo crítico a nivel psicológico respecto al establecimiento o pérdida de hábitos. Existe mucho uso del tiempo libre en niños y jóvenes basado en juegos y deportes digitales (Campos, 2015; Chacón et al., 2016; Chacón et al., 2015; Chacón et al., 2017), y este tipo de ocio digital puede estar asociado con el sedentarismo (Chacón et al., 2015). El 86% de los niños de 10 a 14 años pasan mínimo una hora frente a una pantalla en su tiempo de ocio (INE, 2017). Los niños de 10 a 14 años suelen videojugar el 71.7%, siendo la tasa del 84% en el caso de los chicos y un 58.7% en el caso de las chicas (INE, 2019a, p. 541). El 40% de los jóvenes españoles (de 15 a 24 años) videojugaban al menos una vez al mes (INE, 2015), ascendiendo al 45.2% en 2018-2019. En la actualidad, el 18.4% de estos jóvenes videojuegan todos los días, siendo un hábito mucho más frecuente en los chicos que en las chicas (INE, 2019a, p. 446). El hábito de videojugar desciende según crece la edad de la persona. El 13.8% de la población utiliza videojuegos al menos una vez al mes, cifra muy superior entre los hombres (20.8%) que en el colectivo de mujeres (7.1%) (INE, 2019a, p. 56). Los hábitos de sedentarismo en 2017 pasaron del 14% en población infantil de 5 a 14 años al 30% en población joven de 15 a 24 años (INE, 2017); es decir, se duplica la tasa de sedentarismo cuando el alumnado de primaria pasa a la educación secundaria. Todos estos datos estadísticos de la población española entre los 10 y los 12 años parecen indicar que, por un lado, el videojugar es un hábito asentado culturalmente, al igual que las actividades enfrente de una pantalla digital, y por otro, que el hábito sedentario aumenta al final de la niñez. Es relevante conocer si la introducción de los exergames específicamente en educación primaria como estrategia que unifique el placer de los videojuegos con el ejercicio físico —que implica la estructura del exergame— es eficaz para un cambio de hábitos, dado que la práctica de ejercicio físico se asocia con la salud y el bien estar físico y psicológico (Murillo, 2013; Wu et al., 2017), los exergames implican más actividad física (Lau et al., 2016) y en general más beneficio para la salud (Staiano & Calvert, 2011). En este sentido, es aún desconocido que los exergames sean materiales educativos que puedan promover el

ejercicio físico mediante su incorporación a la docencia en educación primaria (Errisuriz, Golaszewski, Born, & Bartholomew, 2018).

Específicamente, el JDN como exergame ha sido muy poco estudiado en contextos educativos en educación primaria, si bien ya se han hallado ciertos efectos en otros contextos (Gao et al., 2016; Li & Lwin, 2016; Lin, 2015), que invitan a pensar si sería posible hallarlos también en el contexto escolar mediante una intervención cuasiexperimental, dado que parece aplicable por sus requisitos de logística y por la afinidad entre la población joven (Allsop et al., 2013). Existen escasas intervenciones educativas que contemplen la intervención de los *smartphones* como recurso, aunque ya se ha mostrado que promueven una buena actitud psicológica en el alumnado (Beltran-Carrillo, Beltran-Carrillo, Gonzalez-Cutre, Biddle, & Montero-Carretero, 2015); dado que el *Just Dance Now* requiere el uso de los mismos, resulta pertinente conocer los efectos, a nivel de utilidad y aplicabilidad, de los *smartphones* a nivel escolar (Beltran-Carrillo et al., 2015).

Por otro lado, el solo estudio de la introducción de material concreto nuevo en toda una intervención educativa de carácter complejo no implica grandes cambios ni a nivel didáctico ni posiblemente a nivel psicosocial (Freinet, 1993; Gómez-Gonzalvo, Molina, & Devis-Devis, 2018), por lo que se hace necesario contextualizar el material educativo en un ambiente, una atmósfera que dé sentido a una nuevo hacer didáctico y contextualice y sitúe el aprendizaje (Rivoltella, 2015, 2016a). La gamificación se presenta como un nuevo método o estrategia que podría conseguir este aprendizaje más contextualizado (Gonzalez, Jimenez, & Moreira, 2018b), por lo que parece pertinente poder unir el exergame JDN con la estrategia gamificadora, para estudiar una intervención con sentido didáctico. No obstante, la literatura previa exige la realización de estudios experimentales sobre gamificación educativa que sean claros y detallados en sus intervenciones (Çakiroğlu et al., 2017; Dichev & Dicheva, 2017), que no se basen en grandes principios de la gamificación sino en elementos concretos de los mismos; en este sentido, la gamificación MDA permite conseguir atmósferas que produzcan inmersión en el alumnado y que promueva su motivación mediante la incorporación de técnicas muy concretas (Hunicke et al., 2004; Shi, Cristea, Hadzidedic, & Dervishalidovic, 2014a). La falta de estudios con esos requisitos ha provocado quizá que aún no se sepa cómo y cuánto puede afectar la gamificación a nivel psicológico en el contexto de educación primaria, específicamente en ambientes interdisciplinarios, encontrando investigaciones tanto inconcluyentes como con efectos positivos (Bai et al., 2020; Dichev & Dicheva, 2017; Dicheva et al., 2015a).

Muchos diseños de investigación en estudios comparativos entre grupos control y grupos con presencia de alguna tecnología digital no han tenido en cuenta otras variables más allá del rendimiento académico, como son las condiciones socioeconómicas, la actitud, la motivación, o la asistencia a clase (Cuban, 2016, p. 36). La literatura previa ha marcado la necesidad de centrarse también en la actitud y

perspectivas del profesorado, dado que la mayoría de los estudios se basan en el estudio de la actitud del alumnado (Bai et al., 2020). Esto permite ampliar el objeto de estudio, la intervención educativa, desde un prisma que englobe diversas variables de muy diferente tipo, pero todas ellas relevantes para la ciencia de la educación. Ello exige un acercamiento multimétodo en el planteamiento metodológico de la investigación.

La principal pregunta de la investigación es: ¿en qué medida son útiles y aplicables la gamificación como método didáctico y el exergame como material educativo en el contexto escolar de primaria, y en qué medida no lo son?

La presente investigación de tesis doctoral tiene como objetivo analizar si la gamificación educativa MDA como método didáctico y el exergame *Just Dance Now* como material educativo son (o no) fenómenos útiles y aplicables desde la perspectiva educativa, añadiendo pruebas empíricas de tipo motriz, psicológico y neurofuncional mediante el diseño e implementación de una intervención interdisciplinar en EF y EM en el contexto escolar de primaria.

2.1.3. Planteamiento metodológico de la investigación

2.1.3.1. Diseño de investigación científica.

La gamificación y el exergame son fenómenos muy desarrollados en la industria comercial y de entretenimiento, pero su aplicación al contexto educativo es aún muy reciente (Dicheva et al., 2015b). De igual forma, la investigación en este campo es reciente y escasa, siendo los estudios existentes poco concluyentes al respecto (Dichev & Dicheva, 2017). Se han reclamado nuevas investigaciones que incluyan grupos de control en sus diseños para poder comparar (Hanus & Fox, 2015), mayor validez en la recogida de datos (Hamari & Koivisto, 2014), y la aplicación en etapas educativas no universitarias (Dichev & Dicheva, 2017). Parece que el diseño experimental-natural —o cuasiexperimental— cumple con las demandas de investigación de la literatura científica previa, dado que permite adquirir conocimiento tanto en la construcción de conocimiento científico generalizable como en la generación de conocimiento práctico-técnico sensible a la realidad cambiante de la educación. Igualmente se ha plasmado la necesidad de ser más preciso en los elementos específicos que constituyen las intervenciones que se estudian, siendo necesaria investigación no solo sobre si la gamificación genera efectos sino bajo qué condiciones concretas los produce (Bai et al., 2020). Para todo ello es necesario, por un lado, ser específico a la hora de expresar la intervención, y por otro, realizar un diseño didáctico y de investigación que regule bien la relación naturalidad-control para adquirir conocimientos útiles.

La presente investigación ha usado un muestreo de conveniencia que se realizó entre mayo y septiembre de 2017. Inicialmente se invitó a 9 colegios de educación primaria a participar, y 1 de ellos declinó participar dado que consideró el diseño de la intervención incompatible con el currículum. Finalmente se seleccionaron 4 colegios

siguiendo los siguientes criterios: la adecuación material (conectividad *WiFi* y espacios), la diversidad del carácter público/privado de los colegios, la diferente localidad de los colegios (Huesca y Zaragoza), la diversidad étnica y socioeconómica del alumnado, la predisposición del profesorado a participar, y la accesibilidad y disponibilidad del investigador.

Todo el alumnado de 5º y 6º curso de los 4 colegios seleccionados (n= 418) fueron invitados a participar mediante información detallada y con solicitud del consentimiento informado a los padres. Un estudiante no participó en la investigación por la falta de consentimiento, por lo que no se extrajo ningún dato de él, si bien recibió con normalidad el programa educativo dado que perseguía objetivos curriculares y la relación investigador-estudiante fue igual que las demás relaciones. Los padres justificaron que el niño tenía Trastorno del Espectro Autista. Finalmente, la muestra del estudio se conformó por 417 alumnos (53.2% niñas, n=222, y 46.8% niños, n=195). Su media de edad era 11.1 (des.tip.=1.7); el 50.4% de la muestra estudiaba 5º curso de educación primaria (con una edad de 10-11 años; 50.9% de niñas, n=107; 49.04% de niños, n=103) y el 49.6% estudiaba 6º (con una edad de 11-12; 55.5% de niñas, n=115; 44.45% de niños, n=92). Además, han participado en esta investigación doctoral 8 maestros (75% varones, n=6, y 25% mujeres, n=2; edad media=37.5±6.12; promedio de años de docencia: 11.5±7.31). En la Tabla 3 se muestran los datos descriptivos de la muestra de alumnado de la investigación.

Tabla 3. Datos descriptivos de la muestra (n) de alumnado, diferenciando según sexo, intervención y curso.

Sexo	Tratamiento		Total	
	Control	Experimental		
Niñas	5º curso	83	24	107
	6º curso	18	97	115
	Total	101	121	222
Niños	5º curso	75	28	103
	6º curso	15	77	92
	Total	90	105	195
Total	5º curso	158	52	210
	6º curso	33	174	207
	Total	191	226	417

Son muy pocos los diseños de investigación que toman al maestro como una constante —es decir, siendo la misma persona tanto en las clases del tratamiento innovador como en las clases del tratamiento tradicional—, centrándose solo en la presencia o ausencia de una herramienta tecnológico-digital (Cuban, 2016, p. 36). Así, parece necesario realizar intervenciones donde se neutralice la gran variabilidad asociada a cada docente, para poder centrarse en otras variables asociadas al diseño didáctico y a los efectos en el alumnado.

Por otro lado, la innovación educativa, al requerir de una investigación que la avale y la justifique, plantea la necesidad de aunar fuerzas entre los educadores especialistas basados en la práctica, y los investigadores especialistas basados en la teoría (Meirieu,

2019, pp. 35-36). Como indica Cuban (2016): «*Pocos investigadores han tenido la oportunidad de observar directamente cómo se dan las lecciones en el aula durante períodos de tiempo largos en que los alumnos se sirvan de ordenadores portátiles y de mano. Hasta que no haya más investigadores en las aulas, costará afirmar con seguridad que la relación del docente con las TIC ha cambiado de manera considerable*» (p. 38). Ambos roles pueden recaer en la misma persona a modo de *profesional reflexivo* (Jolonch, 2019, p. 229), si bien las exigencias laborales son tan altas en ambos casos que la calidad tanto de la innovación como de la investigación puede menguar. Por ello, se debe favorecer la colaboración estrecha entre ambos profesionales, para de esta forma generar innovaciones educativas que creen investigación científica rigurosa —y por tanto generalizable al estudiar las regularidades educativas—, y crear investigaciones científicas sensibles al contexto natural educativo, es decir, con bajo grado de artificialidad y abstracción como para que puedan ser útiles en el contexto educativo real. La innovación educativa no está asociada solo a cambios en los métodos o en las técnicas, sino en la forma de pensar y en el sistema axiológico (Martínez, 2019, p. 19). Por ello, los elementos curriculares elegidos en el diseño didáctico han tenido en cuenta las nuevas capacidades que el alumnado debe desarrollar en el siglo XXI, a saber: responder de forma flexible a problemas complejos y abiertos, gestionar información, trabajar en equipo, utilizar tecnología actual, producir conocimiento y comunicar de manera eficaz (Comisión-Europea, 2010).

Para superar las limitaciones metodológicas indicadas en estudios previos sobre la materia, en la tesis doctoral se ha empleado un diseño de investigación basado en el experimento natural —llamado también en ciertos contextos *cuasiexperimento*— con un grupo control no aleatorizado y con medida pre y post. Se diseñó y aplicó un tratamiento control (es decir, un programa educativo *control*) basado en la didáctica habitual del baile y la expresión corporal en la EF y la EM (Larraz, 2012). Además se diseñó y aplicó otro tratamiento experimental (esto es, un programa educativo *experimental*) muy similar al tratamiento control, excepto porque se gamificó el ambiente de aprendizaje y se introdujo el *exergame* JDN como herramienta educativa. Cada tratamiento educativo duró 12 sesiones, adaptado a la programación de cada colegio, o 9 horas (dado que en algunos colegios había más sesiones de menos duración, o menos sesiones de más duración), las cuales se aplicaron durante 4-6 semanas en el horario curricular habitual de cada colegio. Las 9 horas correspondieron a 1 mes de intervención, lo cual se basa en una manera habitual de programar la EF escolar de la región (Larraz, 2012).

Al final de cada intervención, el mismo investigador-maestro aplicó la evaluación final en la tarea final del programa educativo, que en ambos casos —control y experimental— consistía en exponer y comunicar grupalmente al resto de compañeros de la clase la coreografía creada en las sesiones anteriores. Tanto el tratamiento control como el gamificado fue aplicado por el mismo investigador-profesor en todos los

colegios y todas las clases, con acompañamiento del maestro titular de cada grupo-clase. Al final de cada tratamiento se usó una sesión para que los participantes rellenaran las escalas psicológicas y el cuestionario de preguntas abiertas, ya sea mediante tabletas digitales, ordenadores, o de forma impresa. Además, se realizaron entrevistas y grupos de discusión solo con determinados alumnos fuera del horario de las clases.

Para que los resultados de la investigación resulten lo menos contaminados posible, se ha seguido en el diseño del estudio el principio MAX-MIN-CON, que consiste en maximizar la varianza sistemática primaria, minimizar la varianza error y controlar la varianza sistemática secundaria. Las investigaciones experimentales rigurosas en torno a intervenciones educativas requieren un diseño de investigación adaptado a los objetivos, un recogida de datos válida y una buena capacidad de inferencias estadísticas (D'Agostino, 2005). Por ello, en esta investigación se tomaron en cuenta algunas amenazas a la validez interna del experimento para evitar confusiones en el proceso de inferencia al establecer, al mismo tiempo, un análisis estadístico que hizo que el estudio fuera más ecológico, así como un criterio más estricto para obtener validez y consistencia en los resultados estadísticos (Bland & Altman, 1995). Primero, se ha usado un grupo control para controlar los posibles efectos del proceso madurativo que pueda vivir el alumnado durante el desarrollo del estudio, y los posibles efectos derivados de ciertos eventos que le puede ocurrir al alumnado entre la medida pre y la post. Segundo, la presencia de un grupo control permite controlar el efecto de familiaridad con la medidas de recogidas de dato entre el momento pre y el post. Tercero, el mismo investigador/maestro ha sido el responsable de impartir el programa de intervención en cada aula y colegio, siguiendo el mismo protocolo de administración y evitando de esta forma el sesgo del efecto del administrador. Cuarto, se han usado técnicas e instrumentos de medida válidos, sensibles y confiables para la población de estudio —niños españoles de educación primaria— para establecer y evidenciar los efectos del tratamiento (Tabla 4). Desde un planteamiento más cualitativo, se ha aplicado una triangulación de instrumentos (notas de campo, cuestionarios de preguntas abiertas, grupos de discusión y entrevistas semi-estructuradas) y una triangulación de participantes (maestros y alumnos) en aquellas variables de acceso más cualitativo (Tabla 5). Quinto, el grupo control podría ser susceptible de una contaminación cruzada debido al acceso al conocimiento de los tratamientos y materiales en los colegios —referido especialmente al *ClassDojo*, al JDN, o al sistema gamificado—; por ello, y también por razones éticas, en cada colegio se han aplicado ambos programas educativos, pero sin diferenciar el programa dentro del mismo curso. La intervención ha sido aplicada en diferencias ciudades y colegios, y en diferentes meses a lo largo del curso académico 2017-2018. Por último, el hecho de que el alumnado conociera que estaba inmerso en una situación investigadora afecta en tanto que se pierde cierta naturalidad del entorno escolar más habitual. Para atenuar este efecto, la investigación

ha tenido en cuenta el diseño de un programa educativo afín a la EF, compatible con el currículo, y se ha aplicado la técnica de doble-ciego.

Tabla 4. Variables dependientes e instrumentos de medida desde la metodología cuantitativa.

Variable		Instrumento de medida
Locus Percibido de Causalidad	Motivación intrínseca	«Escala de Locus Percibido de Causalidad» (Goudas, Biddle, & Fox, 1994), validada y traducida a población española (Moreno-Murcia, Gonzalez-Cutre, & Chillon-Garzon, 2009).
	Regulación identificada	
	Regulación introyectada	
	Regulación externa	
	Motivación extrínseca	
	Desmotivación	
Motivación de logro	Competencia motriz percibida (PMC)	«Achievement Motivation in Physical Education Test» elaborado por Nishida (1988), validado para escolares españoles de entre 9 y 12 años (Graupera et al., 2004), y readaptado para la clases de baile (Requena, 2014).
	Compromiso y entrega en el aprendizaje (CEA)	
	Ansiedad ante el error y las situaciones de estrés (AESE)	
Satisfacción hacia la EF		«Sport Satisfaction Instrument» elaborado por Balaguer, Atienza, Castillo, Moreno y Duda (1997), y adaptado a la Educación Física (Baena et al., 2012).
Actitud hacia los Exergames		«Attitude Toward Exergames», escala extraída de un estudio afín (Ho, Lwin, Sng, & Yee, 2017a)
Intención para con el ejercicio físico (PEX)		«Exercise intention» escala extraída de un estudio afín (Li & Lwin, 2016).
Intención para con los exergames		« Exergame intention», escala extraída de un estudio afín (Li & Lwin, 2016).
Actividad cerebral en el Área Motora Suplementaria (SMA)		Consumo de oxihemoglobina medida mediante la Espectroscopía Funcional de Infrarrojo Cercano (fNIRS)

Tabla 5. Información descriptiva sobre el uso de instrumentos y técnicas de recogida de datos.

Colegio	Carácter	Ciudad	Trata mi.	Cuestionario de preguntas abiertas (n)		Grupos de discusión (n)		Entrevistas (alumnos) (n)		Escala cuantitativas validadas		Entrevistas (maestros) (n)	
				O	A	O	A	O	A	O	A	O	A
1	Público	Huesca	C	-	-	-	-	1	1	9	15	1	-
			E	-	-	2	2	1	-	11	18		
2	Concert.	Huesca	C	19	17	1	3	-	1	20	18	2	-
			E	21	23	4	2	-	-	23	22		
3	Publico	Huesca	C	14	18	2	2	-	-	15	18	1	2
			E	23	26	3	2	-	-	43	42		
4	Concert.	Zaragoza	C	46	50	8	8	-	-	46	50	2	-
			E	46	53	9	8	-	-	59	107		

*O = Chicos; A= Chicas; C= Control; E=Experimental

Los datos extraídos mediante métodos cualitativos puros son normalmente contradictorios, incoherentes y divergentes —no permiten realizar solo una afirmación sobre el fenómeno estudiado— (Mathison, 1988). La triangulación de métodos (cuantitativos y cualitativos), investigadores y fuentes de información permite obtener resultados más nítidos ante fenómenos de estudio sociales y complejos como es la

educación (Cuban, 2016, p. 38). Por ello, se hace necesario una aproximación multimétodo que aproveche las ventajas de cada método y técnica, para entender los fenómenos objetos de estudio lo mejor posible.

Para la aproximación neurofuncional del estudio, se va a usar una técnica de neuroimagen funcional que tiene una alta fiabilidad para recoger datos de tipo neurofuncional, si bien implica gran complejidad técnica asociada a la preparación, programación e implementación de las tareas motrices al entorno de la resonancia (Bustamante, 2012, p. 149). En concreto, se va a usar la técnica de Espectroscopía Funcional de Infrarrojo Cercano (fNIRS), la cual puede ser aplicada de forma no invasiva y monitorizar ciertos cambios en el metabolismo cerebral —cambios en la concentración relativa de oxihemoglobina y de la desoxihemoglobina—, mapeando las áreas cerebrales que se activan en un momento específico. La fNIRS da información sobre la actividad funcional cerebral similar a los estudios de resonancia magnética funcional. En este sentido, proporciona cambios relativos en los niveles de hemoglobina de la sangre con o sin oxígeno. La fNIRS es una técnica de mapeo cerebral funcional a nivel cortical (principalmente en áreas frontales laterales) emergente, no invasiva, fácilmente transportable y de bajo coste en comparación con otras técnicas (Irani, Platek, Bunce, Ruocco, & Chute, 2007). Su aplicabilidad en contextos más reales y clínicos le confieren de una mayor validez ecológica y flexibilidad experimental, y ya se cuenta con experiencias de investigación previas en el estudio de procesos cognitivos (Okamoto & Dan, 2007). En este sentido, su posible uso en estudios de neuroimagen sobre funciones cognitivas relacionadas con el contexto educativo, le hacen un método claramente aplicable y útil a nivel de investigación (Buss, Fox, Noas, & Spencer, 2014). Si bien la fNIRS no es capaz de registrar cambios en zonas cerebrales más profundas, sí que detecta respuestas hemodinámicas en el metabolismo del córtex cerebral que se relacionan con las funciones cerebrales (Huneau, Benali, & Chabriat, 2015). Esta técnica es robusta para el estudio de los movimientos corporales (Balardin, Zimeo Morais, Furucho, Trambaiolli, & Sato, 2017), y ya ha sido aplicada en algún estudio neuroeducativo, buscando indagar cambios neurofuncionales producidos en escenarios educativos reales (Brockington et al., 2018), o basados en juegos serios y realidad virtual (Aksoy et al., 2019; Lamb, Antonenko, Etopio, & Seccia, 2018). Para la presente tesis doctoral las medidas de fNIRS se han recogido en dos momentos diferenciados (antes –medida PRE- y después –medida POST- de la intervención) con un sistema NIRScout (NIRx Medical Technologies LLC. Glen Head, NY, USA) de 64 canales (con 8 fuentes de luz y 8 detectores) cubriendo la SMA (*Figura 11*). Los emisores y detectores que forman parte del gorro (o NIRScap) estarán separados por una distancia de 30 mm, y se utiliza una frecuencia de longitud de onda que se encuentra entre 750 y 2600 nm. Además las señales obtenidas en los distintos canales se miden con una tasa de muestreo de 62.5 Hz. Para la recogida de los datos se ha utilizado el paquete estadístico NIRStar (v. 14.2; NIRx Medizintechnik GmbH, Berlin, Germany).

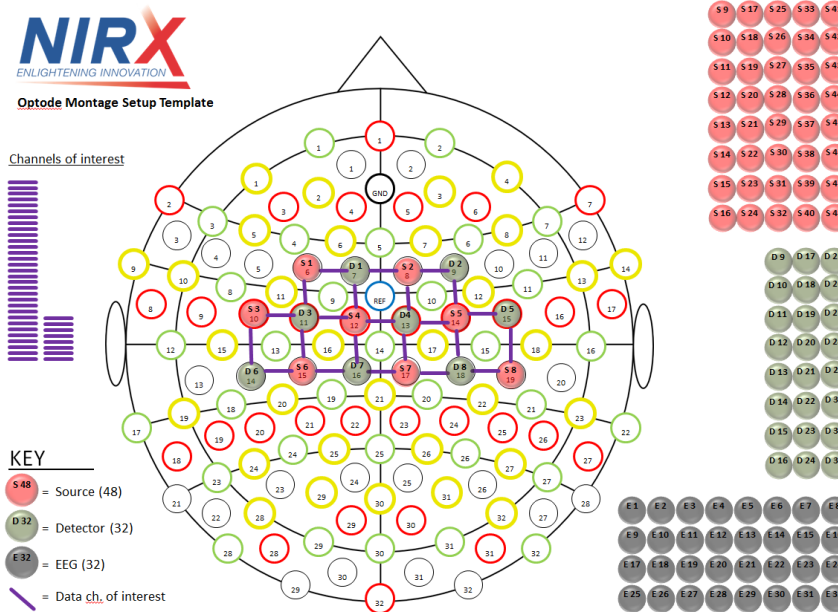


Figura 11. Montaje del SMA en el sistema NIRScout. Extraído de <http://support.nirx.de>

2.1.3.2. Diseño de la intervención educativa.

El resultado de aprendizaje visible en ambas intervenciones (control y experimental) consistió en crear un proyecto coreográfico original de manera grupal, y exponerlo/comunicarlo al resto de compañeros. Los contenidos de aprendizaje de ambos programas fueron prácticamente iguales: exploración corporal, posibilidades expresivas del cuerpo, ritmo musical-corporal, análisis musical, trabajo de roles (bailarín, coreógrafo y espectador), trabajo en equipo y creación de un proyecto coreográfico. Las fases de aprendizaje en ambos programas fueron las mismas: fase de exploración, fase de expresión, fase de creación y fase de comunicación. Los mismos modelos de aprendizaje también estuvieron presentes en ambos tratamientos: expresión corporal preparatoria (durante las primeras sesiones de cada tratamiento), danza creativa (en el último tercio del tratamiento) y danza reproductiva (presente en todas las clases de cada tratamiento). La evaluación del programa fue también la misma, consistiendo en la exposición de la coreografía inventada en base a una canción dada y estandarizada para todos los grupos, y su exposición al resto de compañeros, existiendo una heteroevaluación del investigador-maestro —además de una coevaluación presencial y constructiva tras cada exposición—.

El elemento didáctico clave que difirió entre los dos programas fue el método didáctico, operativizado en las diferentes actividades de aprendizaje y herramientas utilizadas en el modelo de baile reproductivo. En el grupo control éstas se basaban en bailar diferentes estilos musicales y de baile (danza tradicional, hip hop, salsa) mediante la imitación del investigador-maestro a modo de guía. Por otro lado, en el grupo experimental, esa función del investigador-maestro fue sustituida con el *exergame* JDN, consistente en aprender a bailar de forma también reproductiva. El baile reproductivo

del grupo control se basó en diferentes estilos. Para la danza tradicional se usó la danza canadiense «*Big John*», donde todo el grupo-clase bailaba de forma cooperativa. Para el estilo hip hop, se usó con la técnica de *baila en línea* la canción «*Cupid Shuffle*», creada por Cupid en el álbum «*Time for a Change*». Finalmente el estilo salsa se aprendió por parejas usando la canción «*Mambo Jambo*» de Olé Orquesta.

El baile reproductivo en el grupo experimental se basó en el uso del *exergame* JDN. En este caso, el alumnado, en grupos de entre 6 a 15 personas, debía colocarse enfrente de una gran pantalla mientras mantenía un *smartphone Samsung J3* facilitado por el investigador-maestro en la mano derecha, para imitar lo más fielmente posible el bailarín del *exergame* —un avatar virtual: véase *Tabla 5*—. El *smartphone* hace la función de recolector de puntos a modo de donador de *feedbacks* continuos mientras el alumno realiza el baile, dado que incluye un acelerómetro en su interior; además, en su pantalla muestra al avatar que debe ser imitado, el estado de puntos, la consecución de *estrellas* a modo de méritos, y vibraciones en caso de cambiar en el *ranking* de bailarines. Se obtuvieron 12 *smartphones* para esta investigación, y el investigador-maestro los gestionó en todo momento los mismos. Los estudiantes estaban acostumbrados a una rutina de buena praxis de los *smartphones* —modo de empleo, requisito para recibirlo, colocación, tiempo de empleo y criterios de reparto—. De entre 300 canciones disponibles en el JDN, se preseleccionaron 9 de ellas —y 1 que era elegible libremente por cada grupo según sus preferencias—, según su adecuación a educación primaria y a la materia de aprendizaje; es decir, se tuvo en cuenta la diversidad de canciones, estilos y culturas, las diferentes modalidades de baile —individual, parejas, tríos, cuartetos—, la axiología en las letras de las canciones y en la expresión corporal y la dificultad motriz. Las 10 canciones, disponibles en el sitio web oficial del *exergame* (<https://justdancenow.com/>), se secuenciaron en orden de dificultad y fueron las expresadas en la *Tabla 6*.

Tabla 6. Bailes elegidos del JDN para el programa experimental.

Nivel	Nombre	Artista	Año	Género	Dificultad	Esfuerzo	Personas
1	Rasputin	Boney, M.	1977	Disco / Pop	1	3	1
2	Crazy Christmas	Just Dance Now	2010	Dance	2		1
3	Boogie Wonderland	Earth, Wind & Fire	1979	Disco	2	2	4
4	Aquarius	The 5th Dimension	1969	Pop	1		2
5	Let's groove	Earth, Wind & Fire	1981	R&B contemporáneo = Ritmo and Blues	2	2	3
6	#thatPOWER	will.i.am Justin Bieber y Damien Leroy	2013	Electropop	1	1	4
7	Huganrian Dance nº 5	Johannes Brahms	1917 (pero XIX)	Clásica	2	3	2
8	I will survive	Gloria Gaynor	1978	Soul / Disco	2	3	1

9	Libre elección	-	-	-	-	-	-
10	Jambo Mambo	Olé Orquesta (Antonio Diaz Lopez)	1997	Mambo	3	2-3	2

La otra gran diferencia fue que en el programa experimental todas las sesiones estaban gamificadas, generando una atmósfera sociopsicológica y de aprendizaje diferente. El tipo de arquitectura de gamificación empleada fue la MDA, y fue adaptada al contexto y los propósitos educativos. Los elementos de la mecánica empleados fueron los siguientes: sistema de puntos —si bien no se usaron puntos negativos o retiro de puntos—, insignias, clasificaciones, niveles de dificultad, desafíos, equipos cooperativos y competitivos, avatares virtuales y personalización de avatares. Para implementar esta mecánica se usó la aplicación *ClassDojo* y un tablón de puntos realizado *ad hoc* con *Microsoft Excel*, donde ponían todos los puntos de ejecución de baile que conseguían en el exergame JDN. Se buscó una dinámica gamificadora basada en el refuerzo constante, la autoexpresión, la motivación mediante la autorreferencia, el estatus, la sensación de progreso, la sensación de acumulabilidad y la sensación de coleccionabilidad. Estéticamente se promovió que el alumnado experimentara placer, identidad, relaciones sociales, inmersión, belleza, y un aprendizaje más enactivo y audiovisual (Tabla 7).

Tabla 7. Diseño gamificador de la innovación educativa (tratamiento experimental).

Arquitectura MDA		
Mecánica	Dinámica	Estética
Puntos de ejecución de baile	Refuerzo / esfuerzo Acumulabilidad	Placer Satisfacción Inmersión
Promedio de ejecución de baile individual (en el tablón)		
Puntos de creatividad		Pertenenencia social
Punto de atención		
Punto de buen comportamiento		
Diseñar una coreografía	Autoexpresión	Placer Identidad
Diseñar una coreografía en grupo	Cooperación	Pertenencia social
Insignia Estrella	Refuerzo / esfuerzo Progreso Coleccionabilidad	Satisfacción
Puntos verdes (de mejora individual).		Diversión Placer Interés
Puntos verdes grupales (de mejora grupal)	Cooperación	Pertenenencia social Identidad
Promedio de puntos grupales (en el tablón)	Cooperación Refuerzo / Esfuerzo Progreso	
Insignia 1º-2º-3º mejor bailarín/a de canción	Cooperación Coleccionabilidad	
Insignia 1º-2º-3º mejor bailarín/a semanal		
Punto ayudando al equipo	Cooperación	
Punto de mejora de grupo	Acumulabilidad	
Insignia 1º-2º-3º bailarín	Cooperación	

semanal que más ha mejorado	Coleccionabilidad	
Tablón de puntos de baile	Estatus Competición	Identidad Inmersión
Avatar personalizado	Autoexpresión	Customización Identidad Belleza externa Interés
Consulta de resultados en ClassDojo	Refuerzo	Identidad Satisfacción
Niveles de baile cada vez más difíciles	Progreso	Diversión Satisfacción
Siguiente nivel ignoto		Interés
Posibilidad de elegir el Nivel 9 de baile entre más de 300 bailes.	Autoexpresión	Identidad Customización
Interfaz de Just Dance Now y ClassDojo	Refuerzo	Belleza externa Inmersión
Presencia de música en todas las clases, de diversas culturas y épocas.	Autoexpresión	Interés Placer

Para facilitar el ambiente gamificado en el tratamiento experimental, se usó el programa virtual ClassDojo. Con el mismo se pudo crear los diferentes elementos de la mecánica especificados en la Tabla 7, en concreto, 6 tipos de puntos diferentes: de creatividad, de atención, de buen comportamiento, de mejora individual, de ayuda al equipo y de ejecución perfecta (*5 estrellas*). Igualmente, se diseñaron 12 insignias: a los 3 mejores bailarines de un nivel (oro, plata y bronce), 3 a los mejores bailarines de una semana (oro, plata y bronce), 3 a los bailarines que más han mejorado en una semana (oro, plata y bronce), y a los 3 grupos con más puntos cada semana (oro, plata y bronce). Todos los puntos que se donaban a cada estudiante no solo se manifestaba explícitamente durante las clases, sino que se añadían a la aplicación ClassDojo, de forma que cada estudiante podía consultarlos en cualquier momento y de forma privada. Con esos puntos, el alumnado podían personalizar estéticamente su propio avatar.

A continuación, en la *Figura 12* se presenta el diseño metodológico respecto a los dos programas educativos diseñados e implementados que se han desarrollado en los colegios:

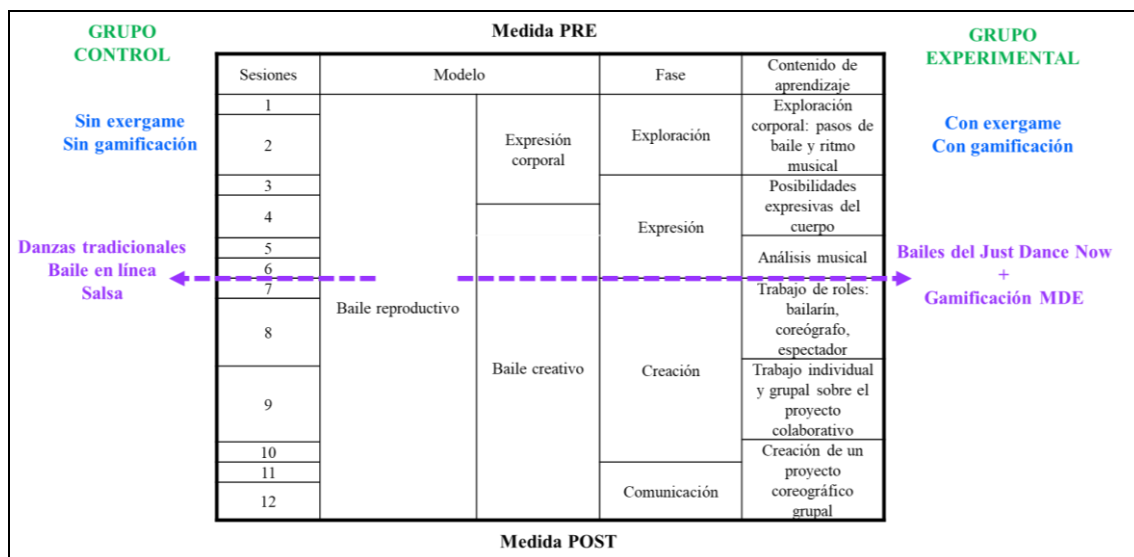


Figura 12. Diseño metodológico del estudio respecto a los programas educativos diseñados y aplicados.

Los contenidos y tipos de actividades de los programas educativos planteados (control y experimental) se concretan en la Tabla 8, donde se pueden los tratamientos de forma comparativa.

Tabla 8. Programas educativos de doce sesiones del tratamiento experimental y control

	Tratamiento experimental	Tratamiento control
	Medición pre-test.	Medición pre-test.
1	- Expresión corporal: tareas expresivas de desinhibición. - Baile masivo con exergame (JDN).	- Expresión corporal: tareas expresivas de desinhibición. - Baile en línea dirigida por el maestro (sin JDN).
2	- Expresión corporal: tareas expresivas de desinhibición. - Baile masivo con exergame (JDN).	- Expresión corporal: tareas expresivas de desinhibición. - Baile en línea dirigida por el maestro (sin JDN).
3	- Dos talleres simultáneos: 1. Danza colectiva. 2. Baile grupal con el exergame (JDN).	- Danza colectiva. - Baile en línea dirigida por el maestro (sin JDN).
4	- Análisis de la música: pulso, tempo, acento, frase. - Baile masivo con el Exergame (JDN) y análisis musical.	- Análisis de la música: pulso, tempo, acento, frase. - Baile en línea (sin JDN) y análisis musical.
5	- Dos talleres simultáneos: 1. Danza colectiva. 2. Baile grupal con el exergame (JDN).	- Danza colectiva. - Baile en línea dirigida por el maestro (sin JDN).
6	- Dos talleres simultáneos: 1. Danza colectiva. 2. Baile grupal con el exergame (JDN).	- Danza colectiva. - Baile en línea dirigida por el maestro (sin JDN).
7	- Dos talleres simultáneos: 1. Danza colectiva. 2. Baile grupal con el exergame (JDN).	- Danza colectiva. - Baile en línea dirigida por el maestro (sin JDN).
8	- Dos talleres simultáneos: 1. Danza colectiva. 2. Baile grupal con el exergame (JDN).	- Danza colectiva. - Baile en línea dirigida por el maestro (sin JDN).

9	- Proyecto coreográfico: improvisación y creatividad. Inductor: baile del exergame (JDN) modificado.	- Proyecto coreográfico: improvisación y creatividad. - Inductor: danza colectiva y/o tradicional.
10	- Proyecto coreográfico: creación y ensayo. Preparación y ensayo con el exergame (JDN).	- Proyecto coreográfico: creación y ensayo. Preparación con disponibilidad de música y espacio (sin JDN).
11	- Proyecto coreográfico: creación y ensayo. - Preparación y ensayo con el exergame (JDN).	- Proyecto coreográfico: creación y ensayo. - Preparación con disponibilidad de música y espacios (sin JDN).
12	- Proyecto coreográfico: realización y comunicación. Exposición final de la coreografía grupal (sin el JDN). Evaluación final del profesor	- Proyecto coreográfico: realización y comunicación. Exposición final de la coreografía grupal (sin el JDN). Evaluación final del profesor
-	Medición post-test	- Medición post-test.

Ambos programas educativos debían ser por cuestiones éticas coherentes y compatibles con el currículo de educación primaria, así como representantes de la mejor didáctica de ambos casos —la tradicional y la gamificada—. En concreto, la programación curricular se basó en la Orden de 16 de Junio de 2014 de la Consejera de Educación, Universidad, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo de la Educación Primaria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón. (2014). En la Tabla 9 se muestra esquemáticamente la programación curricular del programa educativo experimental.

Tabla 9. Esquema de la programación curricular del programa educativo experimental.

Objetivo de área	Bloque de contenido	Objetivo didáctico	Estándar de aprendizaje	Elemento evaluable	Instrumento de evaluación	Calificación del estándar
Obj.EA1 Obj.EF1 Obj.EF4	B3EM	ObjD9	Est.MU.3.1.1.	Coordinación grupal	Registro observacional	10%
		ObjD1 ObjD4 ObjD11	Est.MU.3.1.2.	Expresividad actuando		20%
		ObjD2	Est.MU.3.1.5	Ritmo musical-corporal	Exergame	15%
Obj.EA11.	B5EF	ObjD5 ObjD8 ObjD10	Est.EF.5.2.1. Est.EF.5.2.3. Est.EF.5.2.4.	Calidad de la coreografía	Registro observacional	20%
		ObjD3	Est.EF.5.2.2.	Encadenar los pasos	Análisis video coreografía	15%
Obj.EF5. Obj.EA14.	B3EM	ObjD7	Est.EF.6.7.2.	Compromiso y entrega	Registro observacional	10%
	B6EF	ObjD6			ClassDojo	10%

*EA=Educación Artística (Música)

Los objetivos didácticos de cada programa educativo se basaron en literatura previa especializada en el tipo de contenido de enseñanza-aprendizaje. Se especifican a continuación:

- ObjD1. Conseguir mayor desinhibición expresivo-corporal (Canales, 2010).
- ObjD2. Explorar las posibilidades motrices, tomando conciencia de las emociones y sensaciones experimentadas a través de la música (Canales, 2007; Meyer, 2001).
- ObjD3. Saber identificar y analizar las partes que componen una canción o baile (Azorín, 2012).
- ObjD4. Practicar la expresión corporal como medio de enriquecimiento para el baile (Cuellar, 1995).
- ObjD5. Conocer y practicar bailes de diversas partes del mundo (Larraz, 1998).
- ObjD6. Promocionar el baile con música como posibilidad de ocio físicamente activo y divertido (Moreno y Cerbelló, 2010).
- ObjD7. Reflexionar individualmente y en grupo sobre el esfuerzo y el trabajo motrizmente bien ejecutado en el baile con música. (Viciano y Arteaga, 2004).
- ObjD8. Crear y practicar en grupo una coreografía con apoyo musical (Learreta y Sierra, 2003; Viciano y Arteaga, 2004).
- ObjD9. Mejorar la coordinación con el resto de compañeros en una coreografía de expresión corporal y el baile (Viciano y Arteaga, 2004).
- ObjD10. Entender y practicar los roles de actor, coreógrafo y espectador (Larraz, 2012).
- ObjD11. Conocer un exergame de baile como posibilidad de ocio físicamente activo alternativo a los videojuegos no activos y a los deportes realizados de forma convencional (Lin, 2015).

Igualmente, la evaluación de los programas educativos se confeccionaron de forma compatible a los criterios de evaluación legales, y a las necesidades de investigación y medición, de forma que las variables de rendimiento estudiadas coinciden con los elementos de evaluación educativa de los programas. Se especifican en la Tabla 10:

Tabla 10. Criterios de evaluación, estándares de aprendizaje e indicadores de logro de los programas educativos.

Criterios de Evaluación	Estándares de Aprendizaje	Indicadores de logro	
Crit.EA.MU.3.1.D esarrollar el dominio corporal atendiendo a criterios motrices, expresivos, creativos, sociales y culturales mediante la danza, la expresión corporal y la dramatización.	Est.EA.MU.3.1.1.Coor dina su intervención corporal con el grupo en montajes de expresión corporal, dramatización y danza.	1. Baila totalmente solo, sin coordinarse con el resto.	Coordinación grupal
		2. En ocasiones se coordina con el baile del resto de compañeros.	
		3. Baila sin tener en cuenta a los demás, y coordinado con el resto, en un porcentaje similar.	
		4. Normalmente se coordina con el baile del resto de compañeros.	
		5. Baila coordinado con el resto de compañeros.	
	Est.EA.MU.3.1.2. Practica y perfecciona el carácter expresivo de los pasos, las figuras y los movimientos que configuran una	1. No practica y realiza movimientos de carácter expresivo, realizando movimientos solo inexpresivos.	Expresividad actuando
		2. A veces practica y realiza movimientos expresivos, pero normalmente realiza movimientos inexpresivos.	
		3. Realiza unos movimientos expresivos e inexpresivos en porcentaje similar.	

	propuesta corporal.	4. Suele practicar y realizar movimientos expresivos. 5. Práctica, realiza y perfecciona continuamente movimientos expresivos.	
	Est.EA.MU.3.1.5. Elabora, dirige e interpreta coreografías sencillas de piezas musicales utilizando pasos rítmicos y de baile cuidando las transiciones y la ejecución.	1. Interpreta una coreografía con soporte musical de forma arrítmica. 2. Interpreta una coreografía con soporte musical coincidiendo a veces con el ritmo. 3. Interpreta una coreografía con soporte musical realizando una ejecución rítmica y arrítmica en igual proporción. 4. Interpreta una coreografía con soporte musical de forma normalmente rítmica. 5. Controla el ritmo musical y corporal durante la interpretación de una coreografía con soporte musical.	Ritmo musical-corporal
Cri.EF.5.2. Combina el uso de recursos expresivos del cuerpo y del movimiento para elaborar producciones con intención artística o expresiva. [5º curso]	Est.EF.5.2.1. Est.EF.5.2.3. Est.EF.5.2.4. Coordina con otros de manera autónoma el uso de diferentes recursos expresivos (por ejemplo, uso de espacios, alturas, desplazamientos, mirada, miedo, humor, jugar con el espectador, etc.) para participar en proyectos de acción colectivos (por ejemplo para elaborar y representar composiciones coreográficas, escénicas o danzadas) con la intención de mostrarlo a otros.	1. Escasamente ha participado en el diseño de una coreografía. 2. Ha participado en la elaboración de una coreografía, pero ésta no tiene recursos expresivos (espacios, alturas, desplazamientos, mirada, relación entre actores...). 3. Ha participado en la elaboración de una coreografía, pero ésta tiene escasos recursos expresivos. 4. Ha participado en la elaboración de una coreografía, y ésta tiene bastantes recursos expresivos. 5. Ha participado en la elaboración de una coreografía rica en recursos expresivos.	Calidad expresiva de la coreografía
	Est.EF.5.2.2. Realiza de manera autónoma movimientos encadenados a partir de estímulos rítmicos o musicales, de forma individual, en parejas o grupos.	1. No encadena los movimientos de la coreografía, estando aislados y mostrando discontinuidad de forma no intencional. 2. A veces encadena los movimientos de la coreografía, realizándose en general de manera discontinua. 3. Realiza los movimientos de la coreografía de manera encadenada y de manera desencadenada en igual proporción. 4. Normalmente encadena los movimientos de la coreografía, realizándose en general de manera continua. 5. Siempre realiza los movimientos de la coreografía de manera encadenada.	Encadenamiento de pasos
Cri.EF.6.7. Valorar, aceptar y respetar la propia	Est.EF.6.7.2. Toma de conciencia, con ayuda, de las exigencias y	1. No se compromete con el aprendizaje de nuevas habilidades de baile, o no se esfuerza ante las situaciones que le suponen cierta dificultad.	Compromiso y

realidad corporal y la de los demás, mostrando una actitud reflexiva y crítica. [5° y 6°]	valoración del esfuerzo que comportan los aprendizajes de nuevas habilidades tanto en uno mismo como en los demás.	2. Tiene un compromiso suficiente con el aprendizaje de nuevas habilidades de baile, y se esfuerza lo justo.	
		3. Se compromete totalmente con el aprendizaje de nuevas habilidades de baile, con independencia del resultado, y se esfuerza por progresar continuamente.	

En base al marco teórico de la tesis doctoral, que ha explicitado las necesidades metodológicas y de conocimiento que plantea la literatura previa sobre los fenómenos de la gamificación y el exergame en el ámbito educativo, y los principios filosóficos de los que se parte, se ha diseñado un programa educativo en formato de unidad didáctica directamente implementable en colegios de educación primaria con las siguientes bases: (1) fundamentado disciplinariamente e interdisciplinariamente en el conocimiento de la didáctica de la EF y de la EM actual sobre el cuerpo y el baile; (2) basado psicológicamente en la SDT, la AGT y la Teoría del Flow; (3) sensible a las últimas recomendaciones de la neuroeducación respecto a las funciones ejecutivas; (4) construido en base a la arquitectura de gamificación MDE para generar un clima o atmósfera psicosociológica de clase; (5) complementado con el exergame Just Dance Now y la aplicación ClassDojo como materiales educativos auxiliares a la didáctica habitual; compatible con un diseño de investigación cuasiexperimental, que no perturbe el normal funcionamiento de los colegios, y permita realizar mediciones PRE y POST cuantitativas y cualitativas así como tener un grupo control que reciba un programa educativo muy similar y de forma ética —basado en los beneficios probados de la didáctica habitual sin exergame ni gamificación—. En la Figura 13 se muestra el planteamiento metodológico y educativo de la tesis doctoral, ilustrando los fundamentos teóricos así como las variables de interés del estudio para avanzar en el conocimiento de los mismos.

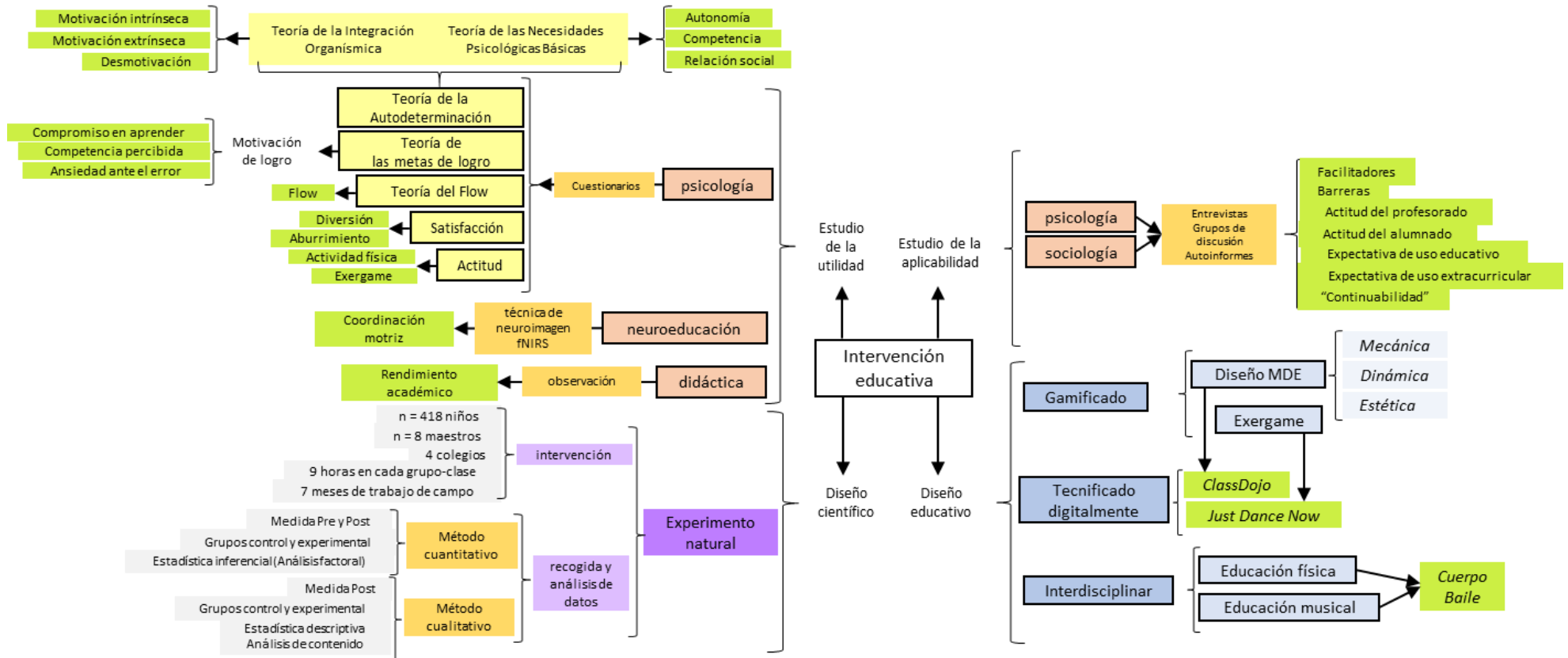


Figura 13. Fundamentos científicos y educativos de la intervención de la tesis doctoral.

Este diseño de investigación ha recibido el dictamen favorable tras la evaluación del Comité Ético de Investigación Clínica de Aragón (CEICA) el día 24 de mayo de 2017, considerando que: (1) el proyecto se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y su realización es pertinente; (2) se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto, así como las compensaciones previstas por posibles derivados del estudio; (3) es adecuada la utilización de los datos; (4) el alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respecto a los postulados éticos; y (5) la capacidad de los investigadores y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio ([Anexo 2](#)).

2.2. Objetivos e hipótesis

El objetivo principal de esta investigación es conocer en qué medida la gamificación educativa como método didáctico y el exergame como material educativo son (o no) fenómenos útiles y aplicables desde la perspectiva educativa, añadiendo pruebas empíricas de tipo motriz, psicológico y neurológico mediante un experimento natural basado en un diseño e implementación de una intervención interdisciplinar en educación física y musical en el contexto escolar de primaria. Los objetivos específicos —e hipótesis, cuando correspondan— de la investigación son los siguientes:

1. Estudiar la aplicabilidad de una intervención educativa gamificada y con exergame utilizando un método cualitativo, con el propósito final de saber qué elementos de intervención didáctica se pueden mejorar según las consideraciones de la comunidad escolar.
2. Estudiar la utilidad de una intervención educativa gamificada y con exergame utilizando un método cualitativo, con el propósito final de saber qué elementos de intervención didáctica se pueden mejorar según las consideraciones de la comunidad escolar.
3. Comprender los efectos por separado de la gamificación y del exergame en una intervención educativa gamificada y con exergame.
4. Analizar los efectos de una intervención educativa gamificada y con exergame sobre la motivación intrínseca.

H₄ La intervención educativa gamificada y con exergame producirá menos motivación intrínseca a lo largo del tiempo con respecto a la intervención sin gamificar y sin exergame.

5. Analizar los efectos de una intervención educativa gamificada y con exergame sobre la regulación externa.

H₅ La intervención educativa gamificada y con exergame producirá más regulación externa a lo largo del tiempo con respecto a la intervención sin gamificar y sin exergame.

6. Analizar los efectos de una intervención educativa gamificada y con exergame sobre la desmotivación.

H₆ La intervención educativa gamificada y con exergame producirá menos desmotivación a lo largo del tiempo con respecto a la intervención sin gamificar y sin exergame.

7. Analizar los efectos de una intervención educativa gamificada y con exergame sobre el estado de flow.

H₇ La intervención educativa gamificada y con exergame más estado de flow a lo largo del tiempo con respecto a la intervención sin gamificar y sin exergame.

8. Analizar los efectos de una intervención educativa gamificada y con exergame sobre las necesidades psicológicas básicas.

H₈ La intervención educativa gamificada y con exergame mejorará las necesidades psicológicas básicas a lo largo del tiempo con respecto a la intervención sin gamificar y sin exergame.

9. Analizar los efectos de una intervención educativa gamificada y con exergame sobre el rendimiento académico asociado al ritmo musical-corporal.

H₉ La intervención educativa gamificada y con exergame mejorará el rendimiento académico asociado al ritmo musical-corporal con respecto a la intervención sin gamificar y sin exergame.

10. Analizar los efectos de una intervención educativa gamificada y con exergame sobre el rendimiento académico asociado al compromiso y al comportamiento hacia el aprendizaje.

H₁₀ La intervención educativa gamificada y con exergame mejorará el rendimiento académico asociado al compromiso y al comportamiento hacia el aprendizaje con respecto a la intervención sin gamificar y sin exergame.

11. Analizar los efectos de una intervención educativa gamificada y con exergame sobre la motivación de logro.

H₁₁ La intervención educativa gamificada y con exergame producirá más motivación de logro a lo largo del tiempo con respecto a la intervención sin gamificar y sin exergame.

12. Analizar los efectos de una intervención educativa gamificada y con exergame sobre la diversión.

H₁₂ La intervención educativa gamificada con exergame producirá más diversión a lo largo del tiempo con respecto a la intervención sin gamificar y sin exergame.

13. Analizar los efectos de una intervención educativa gamificada y con exergame sobre la actitud hacia los exergames.

H₁₃ La intervención educativa gamificada y con exergame producirá una actitud más positiva hacia los exergames a lo largo del tiempo con respecto a la intervención sin gamificar y sin exergame.

14. Analizar los efectos de una intervención educativa gamificada y con exergame sobre la intención hacia el futuro uso de los exergames.

H₁₄ La intervención educativa gamificada y con exergame producirá mayor intención hacia el futuro uso de los exergames a lo largo del tiempo con respecto a la intervención sin gamificar y sin exergame.

15. Analizar los efectos de una intervención educativa gamificada y con exergame sobre la intención hacia la futura práctica de ejercicio físico tradicional.

H₁₅ La intervención educativa gamificada y con exergame producirá mayor intención hacia la futura práctica de ejercicio físico tradicional a lo largo del tiempo con respecto a la intervención sin gamificar y sin exergame.

16. Analizar los efectos de una intervención educativa gamificada y con exergame sobre el funcionamiento cerebral asociado con la coordinación motora.

H₁₆ La intervención educativa gamificada y con exergame producirá un patrón de actividad cerebral diferente en una área relacionada con procesos de coordinación motora como el SMA, en comparación con la intervención sin gamificar y sin exergame.

2.3. Estudios parciales

A continuación, se presentan cuatro estudios que pretenden dar luz científica al fenómeno del exergame y la gamificación aplicados a educación primaria investigando su aplicabilidad y utilidad mediante el diseño y aplicación de una innovación educativa y, de esta forma, aclarar cierta incertidumbre en el campo de la didáctica. En concreto, respecto a esa innovación educativa el primer estudio ha investigado de forma mixta cuantitativa-cualitativa su utilidad y aplicabilidad mediante el análisis de las consideraciones del alumnado y el profesorado participantes respecto a los facilitadores, barreras y efectos de la innovación educativa. El segundo estudio ha investigado de forma cuantitativa su utilidad mediante el análisis de efectos psicológicos en la motivación autodeterminada, el estado de flow, las necesidades psicológicas básicas, el compromiso hacia el aprendizaje, y el análisis de efectos psicomotrices en el ritmo. El tercer estudio ha indagado de forma cuantitativa su utilidad mediante un análisis de efectos psicológicos asociados a la promoción del hábito de ejercicio físico. Por último, el cuarto estudio ha investigado de forma exploratoria el análisis de los efectos neurofuncionales en el aprendizaje de la coordinación motriz.

En los siguientes epígrafes se presenta cada uno de los cuatro estudios que componen esta tesis doctoral, siguiendo con el mismo formato del presente documento y no con el formato de cada una de las revistas en las que han podido ser publicadas.

Estudio 1: Quintas-Hijós, A., Peñarrubia-Lozano, C., & Bustamante, J. C. (2020). Analysis of the applicability and utility of a gamified didactics with exergames at primary schools: Qualitative findings from a natural experiment. *PLoS ONE*, 15(4). doi: 10.1371/journal.pone.0231269 Disponible en: <https://bit.ly/3eielmP>

Estudio 2: Quintas, A. Bustamante, J.C., Pradas, F., & Castellar, C. (2020). Psychological effects of gamified didactics with exergames in Physical Education at primary schools: Results from a natural experiment. *Computers & Education*, 152, 103874. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103874>

Estudio 3: Quintas, A., y Bustamante, J. C. (2020). Effects of gamified didactic with exergames on psychological variables associated with the promotion of physical exercise: results of a natural experiment in primary schools. *Physical Education and Sport Pedagogy*, SOMETIDO A REVISIÓN

Estudio 4: Bustamante, J. C., Quintas, A., Segura, M., Peñarrubia, C., y Antoñanzas, J. L. (2020). Impact of an exergame-based didactic intervention on supplementary motor area activation during motor coordination in primary school students: a pilot study. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 17.

2.3.1. ESTUDIO 1: análisis de la aplicabilidad y utilidad

2.3.1.1. Abstract

One of the main objectives of Physical Education in elementary schools is to encourage motivation so that the subject enhances academic performance and the practice of physical exercise. Didactic research should evaluate the effectiveness of educational methods to know if they are applicable, useful, and in what sense. Exergames are digital motor games that aim to stimulate players' motor skills. Gamification refers to the use of game-based elements in nongame contexts to motivate actions. This research evaluates a gamified exergaming intervention, designed to improve children's academic performance by focusing on understanding applicability and usefulness. A natural experiment was set up in schools according to a mixed methods design. The qualitative data herein reported were collected during a natural experiment with a nonrandomized controlled design. The qualitative research design was used with field notes, an open-questions questionnaire, individual semi-structured interviews and focus group interviews. Eight teachers and 417 students took part. A content analysis was chosen as the methodological orientation. The facilitators were the realism of their didactic design and their adaptability to different educational contexts. The main barriers were the required materials and facilities. Teachers and students' attitudes were very positive, although future use was inconclusive. These findings may imply that this study is one of the few to provide positive evidence for educational gamification. The «Mechanics-Dynamics-Aesthetics» gamification model and the «Just Dance Now» exergame may be applicable and useful for didactics in Physical Education, but all the participants' suggestions need to be considered to improve teaching interventions.

2.3.1.2. Introduction

Innovative educational interventions should have scientific support to explain whether students learn more and better. Exergames are digital motor games that aim to stimulate players' motor skills, which are popular on the global market and have been paid increasing attention by educational research (Lee et al., 2017a; Quintas, 2019a). As a game type, exergames can be applied to Physical Education (PE), and can simultaneously provide the benefits of motor games (González & Navarro, 2015) and video games (Gee, 2003). Gamification refers to the use of game-based elements in nongame contexts for motivating actions (Deterding et al., 2011; Kapp, 2012). While gamification is advancing in business or marketing, its application to education is still an emerging practice (Dicheva et al., 2015a). There are several implicit assumptions about the usefulness of gamification in the education context, and the main one is that

gamification is motivating. However, as the scientific literature is still scarce and inconclusive, more empirical studies are needed (Dichev & Dicheva, 2017).

As most children in Europe and the USA play video games (Muller et al., 2015), the question is no longer whether children play video games and how we can prevent them from doing so, but how we can positively impact what type of digital games they use, and why they are playing (Benzing & Schmidt, 2018).

Exergames have often been applied to PE in an instrumental and mechanical way (Gómez-Gonzalvo et al., 2018). The inclusion of new technology in class does not mean an essential change in didactics. Following Freinet (Freinet, 1993), it is necessary to transform the dynamics of the whole classroom to make an essential change in didactics (Freinet, 1993). This contextualized learning change can be created by the gamification strategy (Gonzalez et al., 2018b). Research in the fields of exergames (Chen, King, & Heckler, 2014; Lee et al., 2017a; Street et al., 2017) and gamification (Hamari & Koivisto, 2015b; Kapp, 2012; Morillas, Muñoz-Organero, & Sánchez, 2016; Sailer et al., 2017) has shown that both can produce beneficial psychological effects.

One of the main objectives of PE is to encourage motivation toward the subject to increase academic performance or the practice of physical exercise (PE_x) (Moreno-Murcia et al., 2009). It has been suggested that exergames should be incorporated into PE classes to enhance students' motivation (Sheehan & Katz, 2012a). Six components that exergames posit have been proposed to intrinsically motivate children to engage in PE: challenge, control, curiosity, constant feedback, creativity, competition (Sheehan & Katz, 2010). Besides, the following motivation-related game characteristics have been postulated: fun, challenging, motivating, developmental, appropriate, individualized, contemporary (Hansen & Sanders, 2008). Several psychological benefits of exergaming associated with motivation have already been proven, such as providing changes toward physically active behavior (Lwin & Malik, 2012), especially in those who do not normally engage in traditional PE_x (Street et al., 2017), by improving either motivation thanks to social interaction during exergames (Paw, Jacobs, Vaessen, Titze, & Van-Mechelen, 2008) or situational interest motivation (Sun, 2013) by improving academic performance in subjects other than PE (Gao et al., 2013). However, empirical support for the effectiveness of exergaming on students' motivation and in-class activity in PE is sparse (Sun, 2013). Even a review study on exergames suggests that perhaps strengths and positive effects are more likely to be published than null or even negative effects. Thus empirical research that focuses specifically on potential negative effects is needed (Benzing & Schmidt, 2018).

Qualitative research has shown that intervention and context could be improved to achieve more success and greater effectiveness by detecting events as distractions for children by social interactions, angered by errors in exergames, or lack of space to correctly perform the activity (Robertson, Jepson, Macvean, & Gray, 2016). Another

qualitative study has shown that, despite not quantitatively detecting increased physical activity (PA) through intervention, qualitative results suggest that sufficient exergaming had not been used during the intervention to make any significant differences (Watson et al., 2016). All these research works have proven the advantage of using mixed methods to completely interpret empirical research.

According to children, the likelihood of long-term engagement with exergames depended on game content and children's ages (more appropriate for younger children than for teenagers). According to parents, the cost of exergames and lack of space at home to play games were identified as barriers (Dixon et al., 2010). A positive attitude was found toward the use of exergames in PE in elementary students, but no associations were found between that attitude with gender, physically active habits and digital leisure habits (Chacón et al., 2016). Another qualitative study found children and parents' positive attitude toward exergames, who preferred exergames to traditional video games (De Vet, Simons, & Wesselman, 2014). A study with an obese adolescent population qualitatively found that the facilitators to continue using exergames were the feeling of immersion, music, the ease of controlling exergames, affordable challenges and social cohesion with classmates, while barriers were frustration from technical problems with exergames or challenges were too difficult (Lam, Sit, & McManus, 2011; Staiano, Abraham, & Calvert, 2012; Watson et al., 2016). The study of Benzing and Schmidt (Benzing & Schmidt, 2018) found that the strengths of exergaming were the potential for individualization, adaptivity and specificity, and the capacity to improve motivation and engagement.

Despite the fact that gamification or exergaming is booming in the education world, its effectiveness in increasing motivation has not been proven due to many inconclusive studies (Dichev & Dicheva, 2017; Dicheva et al., 2015a; Mekler et al., 2017; Robertson, Macvean, Fawkner, Baker, & Jepson, 2018; Su & Cheng, 2013). For this reason, gaining an in-depth understanding of some virtues of gamification and exergames is necessary to improve learning. We performed a natural experiment in elementary schools using a mixed methods design.

The scientific support for the effectiveness of exergaming and gamification in-class activity is sparse (Dichev & Dicheva, 2017; Sun, 2013), and its effects have been overestimated due to high expectations (Dichev & Dicheva, 2017) or the tendency to publish only beneficial results (Benzing & Schmidt, 2018). These findings are interesting *per se* because they raise the following previous research questions with no affirmation bias: «Is a gamified exergaming intervention for school PE applicable and useful or not?», «What are the reasons that make exergaming and gamification more or less applicable and useful?» and «What intervention elements can be improved according to the school community's opinions?».

Hence this research evaluates a gamified exergaming intervention that was designed to improve children's academic performance through psychological variables such as motivation and fun. This paper focuses on understanding the applicability and usefulness of the designed intervention for the ultimate purpose of knowing what didactic intervention elements can be improved according to the school community's opinions. Our operational research objectives were to:

- 1- To study the applicability of the gamified exergaming intervention using a qualitative method
- 2- To study the utility of the gamified exergaming intervention using a qualitative method
- 3- To understand the effects of the intervention separately between gamification and exergames

This qualitative approach allowed us to understand which specific gamification and exergames aspects were more applicable and useful for education, and if these were effects have not been previously considered.

2.3.1.3. Study Design

The qualitative data herein reported were collected during a natural experiment with a nonrandomized controlled design. A qualitative research design was used with field notes, an open-question questionnaire, individual semi-structured interviews and focus group interviews. These data collection techniques are commonly used when the research objective is to profoundly explore a subject about which very little is known (Dixon et al., 2010), and when researchers seek to know participants' reactions to an intervention (Patton, 2002).

Focus groups are especially appropriate when seeking children's contributions for three reasons: they imply a shared intervention experience, which allows to take children's spontaneity; adults have a better chance of understanding what children have to say in their interaction and behavior context; focus groups free children and researchers of data-collection limitations due to literacy/reading levels (Kennedy, Kools, & Krueger, 2001). The thematic analysis focused on identifying themes related to behavior. The results presented in this study are analytical interpretations of the identified themes (Ziebland & McPherson, 2006). Content analysis was chosen as the methodological orientation.

2.3.1.4. Participants

Elementary schools were recruited for this study from May 2017 to September 2017. Of the nine elementary schools invited to participate in it, only one declined because it considered that the intervention incompatible with the curriculum. Criteria Based Selection was used to choose the schools. The researchers chose four schools according

to the following criteria: the adequacy of their material (Wi-Fi connectivity, facilities), the diversity of the public/private school's, schools from different cities (Huesca and Zaragoza, Spain), students' ethnic and socio-economic diversity, teaching staff's positive predisposition and accessibility for researchers. Eight teachers took part in the study (75% men, n=6, 25% women, n=2; age mean in years=37.5±6.12; mean of years of teaching experience=11.5±7.31). The student sample comprised 417 students (53.2% girls, n=222; 46.8% boys, n=195) from four elementary schools. Their mean age was 11.1 (SD=1.7), and 50.4% of the sample studied 5th Grade (aged 10-11 years; 50.9% girls, n=107; 49.04% boys, n=103) and 49.6% studied 6th grade (11-12 years; 55.5% girls, n=115; 44.45% boys, n=92) in elementary schools.

2.3.1.5. Ethics

This research obtained the ethical approval of the Ethical Committee of Clinical Research of Aragon (Spain) on May 24, 2017 (statement n^o.: 10/2017). All the schools invited to participate received a detailed written report of the study. A face-to-face meeting was held with the representatives of each school, when they had the opportunity to ask questions. When a school accepted to collaborate, informational letters and informed nonconsent forms were sent to all the parents/ guardians of eligible students. All the children had access to didactic interventions, but only the participants whose parents or guardians agreed to collaborate in the study were included.

2.3.1.6. Intervention and Materials

A natural experiment with a nonrandomized controlled design was conducted. This design, together with the qualitative approach, allowed good scientific rigor, and has been considered appropriate in similar studies (Robertson et al., 2016; Verjans-Janssen et al., 2018; Watson et al., 2016). The control condition (traditional didactic intervention) was designed based on the usual didactic teaching of dance in Spanish PE (Larraz, 2012). Another similar experimental condition was designed to the control condition, except for the presence of an exergame and a gamified design (gamified exergaming intervention). Each intervention lasted 9 hours, which was applied to each school for 4 or 6 weeks during curricular PE classes.

The different number of weeks that an intervention lasted depended on each school's number of holidays. Each school had a different number of PE sessions per week (according to its schedule), but they all had 135 minutes/week. This intervention duration is justified as being the usual way to schedule classes in Spain (Larraz, 2012), and is the minimum duration recommended to avoid the bias of «familiarization» with the test (Fontes & Fontes, 2016; Rey, Espinosa, & Hidalgo, 1989).

Both traditional didactic and gamified exergaming interventions were applied in the same way by the same male «researcher-teacher». Researcher-teacher was the person

who played the role of researcher in this study, but also taught classes in schools. Priority was given to the fact that it was always the same person who taught the teaching units to all the children recruited in the study to, thus, remove the bias of «different teachers» at each school. The control group learnt dance without using exergame and with no gamification strategy.

The gamification system based on the Points-Badges-Leaderboards (PBL) architecture has been extensively applied and studied. However, «achiever» is the only player-student profile that fits that architecture (Bartle, 2003), and broader approaches can be made (Chou, 2014). Accordingly, the Mechanics-Dynamics-Aesthetics (MDA) architecture (Hunicke et al., 2004) was used to achieve an inclusive gamified atmosphere (Shi, Cristea, Hadzidedic, & Dervishalidovic, 2014b) for all the student-player types in the experiment. The MDA architecture was adapted to the education field (Quintas, 2019c). Mechanics refers to the system’s set of constituent elements, the relation linking them, and the way in which a system can routinely function. Dynamics refers to the way in which mechanics effectively works (adding the player factor and its interaction with mechanics). Esthetics refers to both the perceptions produced by the mechanics in the player-student as it is designed (beauty) and the sensations-emotions experienced by students while playing (Quintas, 2019c). All the design elements are specified in Table 11. No negative points of any kind were used. Mechanic elements were designed: a system of positive points, rewards, classifications, levels of difficulty, challenges, achievements, badges, cooperative and competitive teams, virtual avatars and the possibility of personalizing avatars. Self-referential situations in an epic sense (Chou, 2014) of a cooperative group were raised to promote motivation among all the student types, even those who were not competitive (Robertson et al., 2016; Zuckerman & Gal-Oz, 2014).

Table 11. Gamified didactic design

Mechanics	Dynamics	Aesthetics
Dance performance point Creativity point Attention point Good behavior point	Reinforcement Cumulability	Pleasure Satisfaction Success Social membership
Design a choreography	Self-expression	Pleasure Identity
Design a group choreography	Cooperation	Social membership
Leaderboard (Fig. 3)	Competition Cooperation Progress	Social membership Success
Star badge (perfect dance) Green badge (for individual improvement)	Reinforcement Progress Collectability	Satisfaction Fun Pleasure Interest

Group green badge Group improvement point Best dancers badges Badge dancers who improved the most Point helping the team	Cooperation collectability Competition Cooperation Collectability	Social membership Identity Success
Point of dance plank	Status Competition	Identity Absorption
Custom avatar	Self-expression	Customize Identity Beauty
Increasingly difficult dance levels	Progress	Fun Satisfaction Interest
Music in all classes, from different cultures and periods Choosing dance Level 9 from more than 300 dances	Self-expression	Pleasure Absorption Identity Customize

The *Just Dance Now* exergame was used because it can be applied in the facilities of the participating schools, and because it is based on accessible materials for most people in the study context (laptop, screen projector, Internet, and *smartphone*) (Errisuriz et al., 2018). Its use is justified because it has been scientifically studied (Gao et al., 2016; Li & Lwin, 2016; Lin, 2015; Nyberg & Meckbach, 2017; Thin et al., 2013) and is extensively used for youth leisure (Allsop et al., 2013). Playing with a *smartphone* can be a strategy to obtain a good attitude as young people employ it (Beltran-Carrillo et al., 2015). The experimental condition design allowed all the students to dance several times during all the sessions, except for the logistical problems reported in the Results.

In order to gamify learning contents, 10 exergame dances were previously selected from 300 dances of the *Just Dance Now* web platform. The selection criteria were motor difficulty, the dance's cultural variety, and adjusting values to Primary Education: Level 1 «Rasputin»; Level 2 «Crazy Christmas»; Level 3 «Boogie Wonderland»; Level 4 «Aquarius»; Level 5 «Let's groove»; Level 6 «#thatPOWER»; Level 7 «Hungarian Dance no. 5»; Level 8 «I will survive»; Level 9 a dance chosen by the group of students; Level 10 «Jambo Mambo». All the dances are available on the official exergame website (<https://justdancenow.com/>).

The *ClassDojo* virtual platform was used to make the intervention sessions contextually gamified. Seven badges were associated with seven types of points that are usually given by the teacher to students in class: good behavior, creativity, helping the team, paying attention, motor self-improvement, group improvement, and motor perfection (called «5 stars»). Twelve badges were also designed for the three best dancers at each level, the three best dancers every week, the three students who had improved the most, and the three groups with the most points in general (see Figure. 14). Each student's points accumulated in the *ClassDojo* application and could be

consulted by students at any time, even at home. With those points, students could custom their own avatars and obtain a higher score in the subject (see Figure. 15).

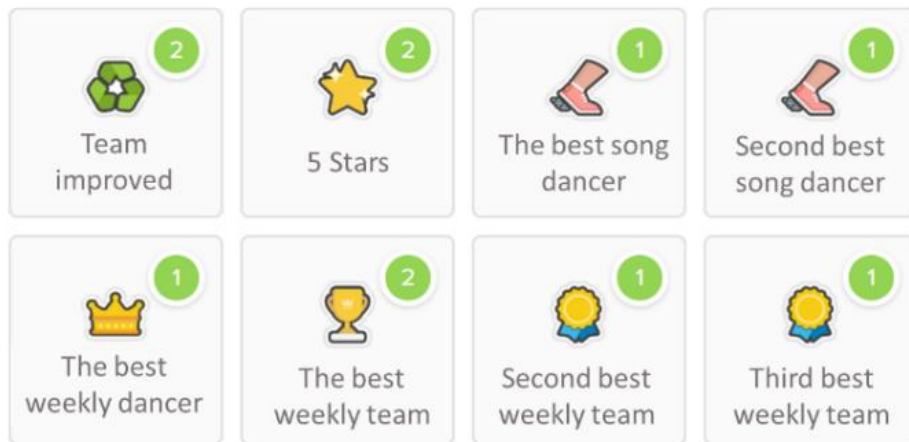


Figure. 14. Screenshot of the individual and comparative badges received by students through ClassDojo.



Figure. 15. Screenshot of each student’s personalized avatars with the total points of the ClassDojo application.

An *ad hoc* digital game board was designed using the *Microsoft Excel* software (see Fig. 3). The students had to enter the score of each dance indicated by the Just Play Now exergame on the gamifier board using a laptop accessible in class (see Figure. 16). The board indicated the students’ average results for each dance, and the totals obtained from the beginning both individually and in groups.

CLASS 6ª A		Dance points (1st)	Got dance stars	Dance points (2nd)	Improvement achievement (2nd -1st)	Individual average
		Level 1 "Rasputin" Dance			Level 2 "Crazy Christmas"	
B l u e g r o u p	Student 1					
	Student 2					
	Student 3					
	Student 4					
	Student 5					
	TOTAL:					

Average team Group improvement

Figure. 16. Partial screen of the gamifier board.

2.3.1.7. Data collection procedure

The qualitative data herein reported were collected during the natural experiment with a nonrandomized control conducted between October 2017 and June 2018 in the four Primary Education schools of Aragon (Spain). Two public elementary schools were selected for this study, and two «semi-private» elementary schools (with partial public funding), both types of schools are very common in Spain (Table 3). All the qualitative measures were collected in the same way: by the same researchers, and with the same procedure. Detailed information on the qualitative data collection can be found in Table 12:

1. Field notes: they were collected by the male researcher-teacher during all the intervention sessions. Particular events were recorded, such as accidents, breakdowns, unforeseen events (session changed by another school activity), particular comments made by students, or alternations in the content being worked on.
2. Open-question questionnaire (OQQ): it was administered at the end of each intervention during the last class session to both the control and experimental groups (n=356). It consisted in responding in writing to four (control group) or six (experimental group) open questions, such as: «*What caused you the most difficulty?*» or «*What do you think about using a video game with which you move in the Physical Education class?*» It took 15 minutes to complete on average. In School 1, a school with a high percentage of students at risk of social exclusion, it was not possible to collect these data because of its students' low literacy skills, and because of their excited emotional state on the last day of class.
3. Focus group interviews: 14 focus group with four or five students were formed among the four participating schools (n=56). The student's choice was made by the male researcher-teacher according to his/her experiences throughout the intervention. The selection criteria were: attitude shown by students (very positive and very negative), student's gender, student's communicative ability and student's agreement to be interviewed. All the interviews were filmed and audio-recorded, always transcribed by the

same researcher, and re-imputed into different files to ensure data protection (Transcripts). The interview comprised open questions, such as «*Do you think your dance skills have improved?*». Debate was encouraged among students. This part 20 minutes on average.

4. Individual semi-structured interviews: at the end of each intervention (both control and experimental), a personal interview was held by the same two researchers with some students (n=4) and all the participating teachers (n=8). Only certain students were interviewed if they were considered able to provide in-depth information. The choice of students was made by the researcher-teacher according to his/her experiences throughout the intervention, and when it was observed that the student's profile could be very interesting: two students were chosen for increasingly showing special interest in classes during the didactic unit, and two students for quite the opposite.

The interview consisted in the same open questions for students and the focus groups, with other open questions for teachers, such as «*What advantages and disadvantages do you see in using a dance video game as an educational resource in school PE?*» (Transcripts). Each teacher knew both interventions (traditional and gamified with exergames), as did an assistant professor to the male researcher-teacher who performed all the interventions, which meant they knew both didactic methods. This part took 25 minutes on average.

This data collection strategy allowed mixed triangulation: triangulation of observers (teachers and students), triangulation of researchers (researcher-teacher and researcher 2) and triangulation of instruments (interviews, discussion groups and OQQ).

Table 12. Information about the qualitative measures.

Instrument	When?	Who?	To whom?	How long?	How many people at a time?
1. Field notes	during the intervention	researcher-teacher	any aspect	1-3 minutes each annotation	-
2. OQQ	last session	researcher-teacher	students	15 minutes	12 - 25
3. Focus groups	after the intervention	researchers 1 and 2	students	20 minutes	4 - 5
4. Interviews	after the intervention	researchers 1 and 2	students and teachers	25 minutes	1

Table 13. Information about participant selection.

School	Funding	City	Condition	OQQ (n)		Focus groups (n)		Interviews (students) (n)		Interviews (teachers) (n)	
				boys	girls	boys	girls	boys	girls	boys	girls
1	Public	Huesca	Control	-	-	-	-	1	1	1	-
			Experim.	-	-	2	2	1	-		
2	Semi-private	Huesca	Control	19	17	1	3	-	1	2	-
			Experim.	21	23	4	2	-	-		
3	Public	Huesca	Control	14	18	2	2	-	-	1	2
			Experim.	23	26	3	2	-	-		
4	Semi-private	Zaragoza	Control	46	50	8	8	-	-	2	-
			Experim.	46	53	9	8	-	-		

2.3.1.8. Analyses

The information collected by OOs were transcribed and categorized emergently using the Spss (version 21.0, <https://www.ibm.com/es-es/analytics/spss-statistics-software>) software by the same encoder. These data were quantitatively processed in order to triangulate them with the information collected from the interviews and group discussions. The analyses consisted in descriptive contingency tables by comparing the control and experimental groups (in the common questions), and by focusing only on the most frequent or interesting open answers.

A thematic analysis was conducted (Cabrera, 2009), which was both deductive (to study the previously raised problems and elements) and inductive (allowed new issues to emerge). The original classification tree was built based on the previously considered concept. The first analysis layer derived from the first and second study objectives; that is, the applicability and utility dimensions, which are basic study dimensions. The second analysis layer derived from the third objective by differentiating «exergame», «gamification» and «condition as a whole». Operationally, «applicability» has been defined as the ability of the gamified exergaming intervention to be carried out at school easily [facilitators], with minimum obstacles [barriers], with the best predisposition of teachers [attitude, expectation of use and continuous learning] and students [attitude, affinity], enduring in time [continuity] and to develop the educational curriculum. «Utility» has been defined as the ability of the gamified exergaming intervention to produce concrete and direct effects of psycho-educational interest, both as a whole [as a didactic design] and through some of its characteristics [gamification, exergame, dance, etc.]. Two similar, yet different, classification trees were built for teachers and students.

When the original classification tree was built, two researchers used it to jointly analyze a student's interview, a teacher's interview and a focus group, and added emerging categories. All the operational definitions used in each tree category can be seen in the Supplementary Materials (Classification Trees). The Nvivo software (version 11, <https://www.qsrinternational.com/nvivo/home>) was used to analyze all the content from interviews and focus groups. These emerging categories were the fourth analysis layer based on participants' responses. This way in which the final classification tree was achieved allowed a deductive and inductive analysis (Cabrera, 2009). Next the reliability index between the two researchers ($\kappa=.94$) and intrapersonal reliability ($\kappa=.94$) was calculated. This last researcher was the encoder who analyzed all the content of the interviews and discussion groups. Children and teachers was anonymized. Excerpts from the interviews and focus groups for each theme are included in the Supplementary Materials (Transcripts), along with coding sheets with more details about the qualitative analysis (Classification Trees). A COREQ checklist with further details of the qualitative design is also included in the Supplementary Materials (Checklist).

2.3.1.9. Results and Discussion

2.3.1.9.1. Quantitative indicators

The OQQ allowed us to find that the greatest difficulty expressed by students (control = C, Experimental = E) lay in working in groups (C = 38.4%, E = 44.3%), complexity of dances (C = 44.5%, E = 19.3%) and body expression activities (C = 5.5%, E = 17.2%). What they least liked about the intervention were body expression activities (C = 18.9%, E = 36.5%), adapting to the song of the final choreography (C = 42.7%, E = 13%) and making group decisions (C = 12.2%, E = 14.1%). Students would have liked more freedom to choose the groups and songs (C = 46.3%, E = 24.5%), a more current repertoire of songs (C = 15.9%, E = 8.9%) and more practice time in the exergame (E = 22.4%). The most frequently shared feelings were enjoyment (C = 32.3%, E = 55.2%), embarrassment (C = 20.7%, E = 16.7%) and positivity (C = 14%, E = 8.3%).

Descriptive analyses were previously performed with the focus groups and interviews (see Table 14 and Table 15). This information was used as an indicator to direct the thematic analysis. More specific descriptive analyses can be found in the appendix (Classification trees).

Table 14. Descriptive analysis of the focus groups and interviews with students.

Classification tree	C Group		E Group	
	N Cod.	% Cod.	N Cod.	% Cod.
1. Applicability	29	18.01	34	20.00
1.1. General design	29	18.01	34	20.00
1.1.1. Changes	11	6.83	16	9.41
1.1.2. Strengths	17	10.56	18	10.59
2. Utility	119	73.91	126	74.12
2.1. General design	119	73.91	115	67.65
2.1.1. Enjoyment	22	13.66	21	12.35
2.1.2. Learning	37	22.98	25	14.71
2.1.3. Academic performance	27	16.77	30	17.65
2.1.4. Perceived physical effort	10	6.21	9	5.29
2.1.5. Usage expectations	1	0.62	11	6.47
2.1.6. Promoting PE	10	6.21	10	5.88
2.1.7. Resolving conflicts	12	7.45	9	5.29
2.2. Gamification	0	0.00	11	6.47
2.2.1. Advantages	0	0.00	9	5.29
2.2.2. Disadvantages	0	0.00	2	1.18
3. Miscellany	14	8.70	7	4.12
3.1. Researcher contributions	12	7.45	7	4.12
3.2. Irrelevant information for this study	2	1.24	3	1.76

«N Cod.»= number of times that the variable was encoded. «% Cod.» = percentage of the total encoded references.

Table 15. Descriptive analysis of the interviews with teachers.

Classification tree	N Cod.	% Cod.
1. Applicability	94	39.50
1.1. Exergaming	50	21.01
1.1.1. Facilitators	11	4.62
1.1.2. Barriers	39	16.39
1.1.2.1. Logistics	8	3.36
1.1.2.2. Students	0	0.00
1.1.2.3. Technical problems	15	6.30
1.1.2.4. Specific teacher training	7	2.94

1.1.2.5. Critical education	6	2.52
1.1.2.6. Teaching dependence on technology	3	1.26
1.1.3. Usage Expectations	0	0.00
1.2. Gamification	1	0.42
1.3. General didactic design	43	18.07
1.3.1. Strengths	21	8.82
1.3.2. Changes	22	9.24
2. Utility	113	47.48
2.1. Exergaming	58	24.37
2.1.1. Benefits	54	22.69
2.1.1.1. Learning	13	5.46
2.1.1.2. Health	2	0.84
2.1.1.3. Performing alternative leisure	7	2.94
2.1.1.4. Promoting PE	14	5.88
2.1.1.5. Motivation toward learning	18	7.56
2.1.2. Prejudices	4	1.68
2.2. Gamification	35	14.71
2.2.1. Benefits as a method	29	12.18
2.2.1.1. Motivation toward learning	17	7.14
2.2.1.2. Promoting PE	2	0.84
2.2.1.3. Promoting cooperation	4	1.68
2.2.1.4. Facilitating teacher evaluation	4	1.68
2.2.1.5. Achieving learning	2	0.84
2.2.2. Prejudices	6	2.52
2.2.2.1. Too much competitiveness	4	1.68
2.2.2.2. Points dependence	2	0.84
2.3. Utility of the general didactic design	20	8.40
2.3.1. For teaching-learning processes	15	6.30
2.3.1.1. Promoting curricular values in students	5	2.10
2.3.1.2. Resolving conflicts	3	1.26
2.3.1.3. Overcoming problems	7	2.94
2.3.2. For health	0	0.00
2.3.3. Performing alternative leisure	2	0.84
2.3.4. Promoting PE	0	0.00
2.3.5. For motivation	3	1.26
3. Miscellany	31	13.03
3.1. Researcher contributions	24	10.08
3.2. Irrelevant information for this study	7	2.94

«N Cod.»= number of times that the variable was encoded. «% Cod.» = percentage of the total encoded references

The qualitative and the thematic analyses of this study are presented below. The results are presented through textual extracts taken from different interviews and discussion groups. The coding used to identify each extract was based on four digits: the first number refers to the specific interview or discussion group (numbered from 1 to 26); the first letter indicates gender («B» for boy, «G» for girl); the second number indicates the paragraph number in each transcribed document; the second letter indicates the category of participants («s» for student, «t» for teacher).

2.3.1.9.2. Applicability

Logistics

The gamified exergaming intervention was used in four schools with very different characteristics (students, teachers, materials, installations, etc.). This means that despite making logistical and organizational decisions and changes, the same learning sessions

were held at all the schools, educational objectives were met and an equivalent evaluation was made. Of the main intervention facilitators, the realistic design for the school context as an open changing setting stood out, as did its adaptability to be applied to differing contexts without it losing its didactic essence. This result was acquired thanks to the 9-month researcher-teacher experience, which was triangulated with the views perceived by the teachers participating in the four schools: *«We have a block and some objectives, and the exergame helped to work by facilitating a context, because you had quite a specific context and a place where you knew what you were going to do»* (1B5-t).

The main barrier to apply the intervention was the logistics of materials and spaces: *«I think that its main problem is that it involves a number of minimum technical elements»* (1B11-t). One of the problems that most arises is when space is hard to find and must be shared by many teachers: *«I'm not sure if it is our problem or the school's problem but perhaps before beginning the unit, who is in charge of managing spaces, this must be made quite clear. [...] Because I found that this was a problem»* (07G17-t). This female teacher also stressed the problem of spaces not being coordinated, which was specifically due to her school (School 3) that was smaller and more modest, although the same problem arose sporadically at School 4. The research experience in this study, along with field notes, indicates that, quite often, it was never really a coordination problem, but was due to a real problem caused by lack of space. One reason for this is because PE is normally practiced in places that differ from where other subjects are taught (pavilion, playground, swimming pool, the natural environment). Nonetheless for this intervention, classes had to be given in each school's Assembly Room (to set up a projector and the Wi-fi network). These places tend to be frequently requested by more teachers to perform different activities in distinct courses.

The logistics problem of spaces and installations cannot be completely solved by applying more coordination at school given its daily open dynamic character. At any time, spontaneous activities may arise at school that change its planning: *«some events at schools are unavoidable, like the International Day of Peace [...] then class starts 30 minutes later. [...] if possible, [it is necessary] to control such events. [...] by the required logistics, organization, especially for materials and spaces. As for the rest, [...] it all worked well for us and, fortunately, the means you have when you have brought mobiles and the rest; the spaces we have used; projectors; Wi-fi...»* (12B23-t). Contextual problems of this kind are mentioned in similar studies (Watson et al., 2016). The field notes more frequently indicated at School 4 (the school with more people) that the bookings previously made for this intervention were spontaneously amended by other activities that were considered more preferential by the school. This is because the Assembly Room is used for those events that are particularly important for the school (meeting with parents, presentations, etc.). It can be stated that each school's Assembly Room allowed the intervention classes to be carried out, but it is necessary to seek alternatives for the project to be consistent over time. Moreover at most schools in Spain,

this intervention is applicable only by coordinating and managing spaces and materials well. Equipping the usual places where PE is taught with digital technology (projectors, Wi-fi) would solve the high demands to coordinate and plan spaces: *«Now we have this, and we have performed it in the Assembly Room, we can change and try it somewhere else. Or we can move it. But then again, if you don't try doing that, you can't see the failures or benefits»* (12B17-t).

A similar study detected general lack due to the chosen exergame barely being used (Watson et al., 2016) as it was destined for recess time or for out-of-school activities. However in the present study, the official curricular time was used and activities took place in the Assembly Room.

The school's dynamic nature strongly influences an intervention like that herein applied because it requires being set up and adapted before holding classes that involve using another type of school contents: *«when it is necessary to prepare things for PE, I always arrive much earlier, and I try to leave the gym ready before a class precisely to play with that motivation. [...] When they see everything set up, it's a plus. So I would go further as to whether you can calibrate [spaces] in centres, which I know is difficult, or even impossible, in many aspects»* (12B23-t). This proposal to improve the logistics of materials was hard to plan well in advance and in much detail; more often than not, previously adapting the classroom was not possible because another teacher was giving a class in another course. However, as the cited reflections suggest, having installations previously prepared at the start of class, whenever possible, is believed necessary to create more student motivation and to optimize time. Having the necessary time beforehand to adapt to this gamified exergame session would be a limit to apply it, which is not unusual with other PE contents.

Another logistic problem indicated by teachers was related to materials (*smartphones*): *«the limitation of having to rely on mobile phones; the limitation of the material, I believe that we at schools are not ready for all this, as we do not even have proper networks»* (6B5-t). Despite considering the intervention to be applicable in this way (teachers are used to not having material for all their students), they mentioned the need for good group organization capacity: *«It can be done in groups with everyone dancing, and this week we have this song; then on such and such a day, you haven't got exergame, so you have the time to practice and it's your turn first next week [with exergame] and you have to make so much effort. I mean, there are different ways of using it, but it involves that planning»* (01B11-t). The intervention increases its applicability if help is sought to plan it with students: *«Then you need previous preparation work, knowing well what we want to do, how we want to do it, students who are more used to dealing with exergame, video games..., students can perhaps help you during this session»* (06B16-t). Apart from better organization, three teachers from different schools considered a feasible solution to collect old mobile phones for schools, exactly as done before with another recycled material for PE: *«When I suggest obtaining second-hand [smartphones], I mean they can be borrowed*

from people, or donated. [...] It would just be a matter of organizing a small campaign with teachers, parents ...» (11B10-t).

This alternative to obtaining the material would be a minor advantage over other studies that have used exergames and required materials such as dance mats (Azevedo et al., 2014; Watson et al., 2016), which are more expensive and more difficult to manage. However, *smartphones* have presented similar problems to dance mats, such as run down batteries, outdated models or technological failures (González et al., 2015; Watson et al., 2016).

In this sense, the public or semi-private character of the schools in this study did not seem to affect the logistic variables of the spaces and materials differently from the teaching staff's perspective. That is, some comments were made about difficulty in the variables of space and materials by teachers from different schools. In any case, it may be convenient to consider such aspects when determining the applicability of this type of resources by taking into account that applying an exergaming program may depend on the center's available resources (Quan, Pope, & Gao, 2018), and some studies have already considered the type educational center to be a covariable (Kooiman & Sheehan, 2015). Thus, this main logistics barrier coincides with what other studies have indicated (Watson et al., 2016), which involves not only the applicability of the intervention, but is also one of the limitations of such research because exergames are not used so much in scientific-didactic interventions as expected.

Novelty and tradition

The first response with which the male researcher-teacher came across when considering the experiment in all the participating schools was teachers' skepticism, along with their doubts about the intervention's applicability: *«It is true that when you presented the project to us, at first I thought it would be impossible because I did not understand it. I mean, I did not understand its dynamics, how it could be organized»* (6B22-t). When the process ended however, teachers' overall attitude was positive: *«I quite liked it because we began with simple things that were related. I mean nothing isolated was included, nothing that did not work toward meeting the ultimate objective, rather everything worked toward that objective»* (17B3-t); *«My first impressions were positive because I noticed that students were really motivated»* (18B3-t).

Teachers considered the intervention applicable as they thought it was compatible with conventional didactic methods: *«I believe that virtue lies in mixing things. Not just one thing, not all exergames. ... precisely what we have done. It might be better doing half a unit as always and then adding strokes of exergames, why not? Or alternating»* (12B17-t). The compatible nature of exergames and gamification came over by it presenting PA and allowing students' curricular knowledge to develop: *«I think that any advantages that we embrace for students' knowledge are positive. [...] So, is this any different? Yes. Is it considered a form of physical activity? Yes. [...] I'd propose anything that matches our contents and objectives»* (18B17-t). This coincides with another qualitative study that

detects that PA is a benefit and a reason for teachers to include exergames (Watson et al., 2016).

Despite the initial doubts raised, teachers welcomed the novelty and considered the intervention to be applicable because it is compatible with the school curriculum, and also with the PE area for both its didactic methods and contents: «[exergame and gamification] are technical elements to develop the curriculum» (15B-t). These considerations were formed throughout the intervention, and were positive halfway through and at the end of the process, when teachers could see and understand the class dynamics. Students' changed attitude was also a determining factor: «Especially with what I see when having to work, which is motivating. When using an element, but not just having a phone in my hand, but also what is visual. Then there is the feedback given when scoring: you finish and you have points. Then you think, well that's it, and you know if you have done it well, or badly. Then you think I'm going to dance again and see if I can get a better score ... I think that this feedback is very important too» (1B7-t).

Novelty is one of the reasons mentioned in a discussion group of the E group to show a positive attitude: «we like it because it is something we have never done before. We have never tried doing things like this, dancing in PE» (23B26-s); «And with video games» (23G27-s); «Then they scored us, and I really liked it» (23B28-s). Three different novel elements stemmed from this conversation: dancing as content, exergame and gamification. However, the C group also referred to a novel aspect: «I personally liked it a lot because I had never done anything like this. We have always done sport games in playtime, and this year has been the first time we have used dance. It has been great fun» (20B6-s). Salsa was also included as novel content in the C group so that it matched the E group: «I really liked salsa because I was having fun with my friends and because it is a dance we'd never practiced before» (20B5-s).

Expectations of its use for teaching

The attitude shown toward the possible future application of such these interventions was not always the same for all the teachers who participated in this study. A positive attitude was shown toward the study intervention as it was shown to be feasible: «I have seen that linking technology and education, PE in this case, is possible» (18B7-t); «Yes, [I would apply this intervention again]. And in exactly the same way as we have already done [...] Moreover given the experience, which has been positive, we have the space and resources to use it, so there would be no problem» (12B17-t). Likewise, a generalized positive attitude was shown toward gamification and exergame as general educational resources: «Oh yes, [I would use exergames as a resource]» (17B31-t); «considering gamification and using technologies to develop units [dance lessons] should not be a problem» (01B15-t). Some teachers had good expectations of its use for teaching, even depending on the required logistics: «If I had the materials, yes [I would use exergames and gamification again]. I really enjoyed it, honestly» (18B19-t).

However, a more skeptical attitude was shown by other teachers, who found it hard to acknowledge their priorities, perhaps due to the social desirability effect (Edwards, 1953). Given this suspected bias, the interviewers asked the same questions, but they were expressed differently and they spent longer on this theme. A previous condition for teachers to apply the intervention in the next academic courses was for them to have sufficient training and knowledge: *«I will try it, but my knowledge of technology is limited. So I would use it if I was sure about the content I'm teaching»* (6B15-t). Some teachers indicated not having such training: *«You see in my case, I don't control the themes, it's not a content I handle. I have never played and I don't know how to play. So my knowledge is very poor»* (6B16-t). This lack of specific competence has been found in similar studies (Azevedo et al., 2014). Therefore, this intervention would be more applicable if teachers had more specific training in exergames and gamification. However, the required training was not placed as a priority because teachers carry a heavy training load in other new trends: *«I don't think that exergames is a priority line for the PE department, simply for priority reasons, and because PE can be done well, and it can be made motivating and creative without having to work with exergames. I don't believe it is an immediate priority»* (12B27-t). Exergame was perceived by some teachers as being interesting for PE, but not essential, which falls in line with (Watson et al., 2016) as it is not the only resource that allows certain objectives to be fulfilled, like motivation. Another male teacher stated something similar: *«now there are many options open as regards new methodologies. [...] There are many things available. Well, of course, it can be included, but it won't be easy. It's not a priority right now»* (11B24-t). This might lead us to think that teacher expectations were low because, despite lacking training, they felt it was not a priority to train in exergames and gamification. This skepticism coincided with the views that the teachers in (Robertson et al., 2016) indicated.

Digital technology in class

When the intervention ended, a positive attitude was shown by some teachers for using the video game in PE, if it was like exergame, because it was associated with PA and health: *«I believe that video games are not well considered socially speaking, [...] so, [it is necessary] to give a point of view, which also favours healthy life styles. We are talking about dancing, performing physical activity, sport. [...] It is like combining two things they like, changing the negative parameter, let's say the game. Because, at the end of the day, they use it to practice physical activity. Which is exactly the opposite to what other video games achieve»* (12B5-t). Therefore, some teachers did not perceive exergame as being linked to PE, but as another instrument available for educational interests: *«for me exergame is an instrument you can use to fulfill the objectives you set out, your educational purposes»* (1B5-s). One male teacher even postulated an artificial theoretical barrier between video games and sport: *«Perhaps we adults spot a difference between sport and*

video games. And if we did not find this difference, they might play something else» (17B21-t).

Other teachers, however, mentioned the technological nature of exergame as something negative. In the first case because (digital) technology means losing something essential of PE, and perhaps interactions could occur in the «natural» environment: «*I prefer nature myself, playing with sticks, stones, etc., which we are missing out on. With the few hours we spend on PE, I think we should focus on forgetting to use mobile phones, technologies, and we should act as a group that only interacts»* (7G7-t). In the second case, students' early age was mentioned as the main motivation to oppose including the use of mobile phones as an educational resource: «*I don't agree with them having mobile phones and being able to play with their phones, not in year 5, year 6, nor even in Secondary Education, especially in years 1 and 2»* (11B8-t). Another male teacher believed that technology could lead to dependency and teachers not being able to control: «*Disadvantages, apart from practical ones, include us depending on technology that is, therefore, a resource we cannot control. When you are teaching, you manage your class, you manage times. As soon as you depend on networks, spaces and a technology, times differ»* (6B10-t). These teaching considerations were preceded by an initial reluctance shown by the schools' different Management Teams to introduce *smartphones* into class as an educational tool. They finally accepted to participate when they explained that their use was designed for purely educational purposes and in a controlled manner. This attitude, which was one of the main barriers to apply the intervention, also comes over in several studies conducted in other countries (Bourgonjon, Valcke, Soetaert, & Schellens, 2010; Robertson et al., 2016; Silveira & Torres, 2007; Watson et al., 2016).

The various conceptions of exergames have implications for how teachers use them, which more determine the use of exergame than the nature of exergame (Azevedo et al., 2014). In this study the instrumental conception dominated, which did not coincide with the teachers who participated in another qualitative study, in which exergame was not considered by them as being essential in PE; that is, in what is sport (Azevedo et al., 2014).

Students generally showed a very positive attitude toward exergame. However, they indicated that they found systematic technological failures frustrating: «*What I didn't like was that my phone switched off when I held it in my hand»* (5B48-s), which has been previously reported (Staiano et al., 2012; Watson et al., 2016), perhaps because it leads to boredom (Watson et al., 2016). At all four schools, the Wi-fi signal was interrupted, which did not allow the exergame activity to continue and led to students feeling frustrated. This is a major barrier for the *Just Dance Now* exergame, as is also indicated in other studies with different exergames, like *FitQuest* (Robertson et al., 2016) or *XaviX Bowling* (Lam et al., 2011). Although no mention was made about a *smartphone* being a strange element to dance with, comments were made about the inconvenience of having to hold them in a certain way to avoid them switching off: «*My arm ached holding the phone»* (5G45-s). This intervention was done with children aged 10-11 years and with *smartphones* that were

the standard size for adults. One of the negative aspects mentioned was that technology was a limitation as regards the number of available devices; despite the theme being centered as a change to share and manage materials in groups, one female student mentioned that *«what I did not like much was that while others were dancing with mobile phones, some others had to dance with no phone. This was no good because you didn't score points»* (10B3-s). To overcome this limitation, an equal distribution system was created that would not affect either the individual or the group in terms of absolute points, and the order was set by students themselves voluntarily, who were awarded another type of points to those they shared and gave. Notwithstanding lack of material may have led to some frustration.

The male researcher-teacher indicated other technology-related technical failures in the field notes, and was able to solve some at the time, but had to seek alternatives with others for exergame. The most frequent failures were: the Wi-fi signal not reaching the classroom, the *smartphone* not recognizing the Wi-fi network (and not collecting dancing points), and the *smartphone* not running exergame.

Another failure associated with technology was the *Class Dojo* application. Students were delighted with the chance to see their own results for the application at any time: *«I liked the idea that an application is used in which we can see for ourselves if we want to see our points, rather than having to ask about them»* (23B134-s). However, the field notes reflected that the application was not used much outside the classroom. Many students indicated in class that they had unsuccessfully attempted to consult their report: *«I tried, but couldn't see it»* (23G135). This was because parents are required to participate (they have to consent their children using the application) and many participants did not obtain this beforehand. Technical problems also arose with the application because the procedure was not known to authorize this permission to their children. An alternative was to show the personal reports to those students who requested them at the end of each class.

Students' affinity

Elementary school children's possible affinity to video games and gamification today could make an intervention like that studied herein more applicable. Some teachers showed a positive attitude to technology as their students are used to such habits: *«I liked it, especially children's reactions when working in PE with a means like technology. You can really see that they live in the technology era, and their interest and motivation quickly grow when using this small... [technological component]»* (07G3-t). Another male teacher also considered exergame to be motivating thanks to students' affinity to technology: *«with benefits firstly in motivation because our students get their hooks into anything technological. They're used to working with new technologies»* (6B9-t). This affinity has already been recognised in other qualitative studies, and by parents (De Vet et al., 2014; Dixon et al., 2010) and teachers (Robertson et al., 2016; Watson et al., 2016).

Students generally reflected on liking the intervention: «*I generally liked everything*» (5B5-s) and mentioned their different reasons, like it being fun, presence of music, which coincides with that reported in (Staiano et al., 2012), or showing an interest in something new. This positive attitude is also found quantitatively in students of the same age (Chacón et al., 2016; Sun, 2013). Most student contributions to improve the intervention's affinity to them, and to make it more applicable, are summarized as: choosing more modern songs (in both the C and E groups) (Azevedo et al., 2014), making fewer corporal expressions, which are uncomfortable (more dancing in the C group, or more exergame in the E group) and being able to select more songs. These student requests are coherent with the Self-Determination Theory (Deci et al., 2001) and coincide with what another similar study indicated (Dubbels, 2009), which proposed generating activities desired by students to enhance intrinsic motivation.

In short, the gamified intervention with exergame came over as being partly applicable. The facilitators were the realism of the didactic design and its adaptability to different educational contexts. The obstacles that hindered its applicability were not minor, and stemmed mainly from lack of materials (*smartphones*), the need for spaces in conditions that are not often requested (room with Wi-fi and a projector), and a powerful Wi-fi network signal, which means that this intervention strongly depends on material. The solution proposals included better coordinating spaces in schools and acquiring *smartphones* by voluntary collections. The teaching predisposition toward the intervention was not conclusive as a positive attitude was shown toward it, but future expectations of training in the subject were low, and the expectation of future use was questioned by one male participant: negative use expectation given its technological nature or not being considered essential; a positive expectation of its use was denoted by students' affinity to it, its novelty and its psychological effects. Initially, the Schools' Management Teams were quite reluctant about including mobile phones. The intervention appeared highly applicable given students' positive attitudes and the good affinity they showed to its technological and video game nature. The intervention was feasible with time and strongly dependent due to previous aspects, especially in terms of logistics and teaching expectations. In curricular terms (Ennis, 2013), the intervention proved compatible as regards both contents and usual PE methods, and came over as being even more efficient than the C intervention for variables like being fun, motivation, autonomy or lack of corporal inhibition.

2.3.1.9.3. Utility

Being fun and motivation

Being fun was the feeling that the students most frequently mentioned about the intervention in general. No many references were made to negative aspects. The fact that the students thought the intervention was fun was associated with exergame's game character (Ennis, 2013; Sun, 2013), the presence of music, or certain gamified elements like scoring: «*I thought it was great and really fun because you play as if it was a video*

game at school, moving about, it was cool» (24B3-s). This finding coincides with similar studies that had qualitatively found that fun was one of the main strong points of exergame (Azevedo et al., 2014; De Vet et al., 2014; Dixon et al., 2010; Robertson et al., 2016). It also coincides with what was collected by the OQQs and by the team's field experience. The most frequent descriptions made of this intervention were «fun» and «cool». Most teachers mentioned that motivation was the main benefit of the intervention, and it was even mentioned by those teachers who were negatively predisposed to video games: «*My view about technologies and video games is very radical. So in line with my view, its benefit is that you have motivation and interest»* (7G5-t). This finding coincides with that reported by the teachers in study (Robertson et al., 2016), who explained the fun of using the exergame PBL system.

Shame

The main difficulty for both groups (C and E) lay in the corporal expression activities given their lack of previous experience and them not being used to them: «*I felt a bit ashamed, even though no-one was watching. I felt ashamed just thinking about it. I didn't feel at ease»* (14G14-s); «*I found it a bit hard because when it was your turn to perform corporal expression, you think "I don't know what to do"»* (15B3-s). One female student in the E group indicated feeling less shame with Just Dance Now: «*Sometimes, I mean before I felt ashamed to dance with people around me. But when we worked with Just Dance Now, I no longer felt ashamed because I danced casually»* (5G22-s). One male teacher indicated that «*They find this lack of inhibition part hard. Then they later have to teach others. That is where the barrier appears, which they find a bit hard to overcome. With exergame, this shame barrier is quickly overcome»* (11B6-t). The C group improved throughout the intervention. Therefore, the potential of exergame to overcome shame is not altogether clear: «*I, [have greatly overcome] feeling ashamed. I mean, before I focused more on what people would think, but not anymore. I don't really mind what they think now»* (14G20-s). One male teacher stated that a material advantage of exergame for lack of inhibition was the presence of a screen, not focusing on other classmates, and perceived competence increased: «*they no longer feel so ashamed because they are not being watched while their classmates dance, rather everyone is watching the screen and they feel more capable because they are immediately recognized by scoring points»* (17B5-t). These remarks about shame coincide with what the OQQs found, where shame was the second most experienced feeling. Likewise, these remarks coincide with having more difficulty expressing corporal expression, which was one of the activities that the students least liked. Exergame came over as an alternative for those youths who felt ashamed in not only corporal expression, but also when practicing PEx in public (Dubbels, 2009; Watson et al., 2016).

Learning

The intervention was considered to benefit student learning in three ways. The first was direct motor learning: «*Just Dance Now helped us to learn new dance steps*» (16G32-s); «*I have worked my coordination very well by dancing in parallel to the screen*» (11B8-t). The second was significant learning; that is, conscious: «*It helps me see how I had improved*» (16G67-s). Thirdly, it improved the motor competence perceived in the subject that derived from perceived learning: «*I think my dancing has improved, and I have learned new steps. I have improved a bit in PE in general because we move differently, and we can move parts of your body in another way*» (3B7-s). Such learning was also a benefit reported in other qualitative studies (Dixon et al., 2010; Dubbels, 2009; Robertson et al., 2016; Watson et al., 2016), and other studies with different methodology (Dubbels, 2009; Ennis, 2013; González et al., 2015).

Exergame was not didactically included only as a repetitive learning activity, but was framed within a creative process to build a choreography, which was perceived by the students. Despite both groups stating that they had learned, only the E group acknowledged that the preparation activities of an invented choreography acted as a source of inspiration: «*in Just Dance Now, if you don't know how to dance and you don't know the movements to create a song [...] then you have ideas about what you can do next*» (24G6-s); «*I think that dancing was fun because we got ideas from Just Dance Now*» (15G6-s). The male researcher-teacher was able to see how the E group was generally more autonomous in creating the new choreography, perhaps because it obtained more sources of inspiration with exergame. Different teachers made this observation about autonomy: «*I think the year-6 students [E group] wanted more and were more autonomous and you did not need to tell them off or be on top of them as much by saying «this must be done, that must be done». The year-5 students [C group] did not find it so easy*» (17B25-t); «*it is true that no-one sat down with Just Dance Now. I don't like admitting this [...], but when we danced, some sat down and I had to make some of them get up off the floor and ask «what are you doing?»*» (18B33-t). It seems that exergame enabled students to better focus on the task by allowing them more autonomy as they required less continuous teaching intervention. This facet can become an organizational advantage because it allows teachers to center on other didactic aspects in class.

Promoting physical exercise

The students related exergame with PEx and health: «*apart from enjoying dancing a lot, and a lot of people like it [...], you are also practicing sport for your health*» (24B4-s). Many students indicated that they liked exergame and they had downloaded it at home: «*Yes, [I would play exergame in my free time]. I played it the second week after we did in class. I have started playing Just Dance Now at home. I didn't know it before. I didn't know this application and I like it. At home, I sometimes play with my cousin, and alone on other occasions*» (3B15-s). However when given the chance to choose, it would seem that those students who liked and were used to PEx traditionally preferred to continue that way

«I think that both things are good. If I had to choose, I prefer to go outside» (23B142-s); «When I feel like doing exercise, I always dance. I have no video games, but if I did, I'd prefer to dance with no game» (25G64-s). For those who initially came over as leading sedentary lifestyles, exergame was not such a great discovery to help them change their habits: *«this I did at school, but in my free time, I want to do what I feel like, and I'd actually prefer to keep still» (23G147-s).* In particular, those students more used to the world of video games appeared to be more receptive to this intervention: *«I like playing Just Dance Now more because it's like a video game. I'm used to playing video games, and I more or less know how it works» (3B16-s).* These remarks coincide with (Nguyen et al., 2016; Watson et al., 2016), which report how exergame acts as a strategy to promote PEx only in those students used to playing video games. They are also coherent with another study, in which the students of the same age were willing to use exergame, while adolescent students preferred outdoor activities (Dixon et al., 2010).

Other studies have reported failure to promote PEx through exergames because the participants consider they are boring (Lau et al., 2016). This reason did not appear in our study. The ability of exergame and gamification to perform PEx is not yet clear, and more studies must be done.

Some teachers in a qualitative study (Watson et al., 2016) conceived exergames as a useful resource, especially for those students who had sedentary lifestyles. Similarly, teachers believed that exergame was a good alternative, but only as a passive digital entertainment formula, and not for traditional PEx: *«If there was some way of performing physical activity in the natural environment, with other classmates, don't let technology be involved, then I'd firmly go for that option. However for those students who spend many hours at home, it's an excellent way for them to spend their free time» (7B14-t).* Another male teacher from a different school thought along the same lines: *«I think that it is much better to perform physical activity outdoors, but I believe that your work is an alternative for those kids who, for whatever reason, do not spend much time outdoors» (18B9-t); «I think that we have plenty of very interesting resources apart from [digital] technology to make movements and to perform physical activity» (18B29-t).* Exergame allowed people to recognize its benefits, which make it a valid option to perform PEx, but it was less preferred for PEx done traditionally by sports. This view voiced by teachers coincided with what a similar study found (Watson et al., 2016), where one male teacher believed that *«no computer games would ever take the place of sport [...], but at least it is some form of physical activity».*

2.3.1.9.4. Differentiating gamification and exergame

The most frequently reported student valuations of the gamified system were a general positive assessment (28.6%), its motivating character (28.1%) and it being informative (13%), or its ability to individualize feedback (12.5%). Negative comments referred to a feeling of indifference (6.3%), stress (4.7%), frustration (2.6%) or nonsense (2.1%). The

most frequent opinions about introducing exergame into PE classes were associated with fun (38.5%), nonspecific positive assessment (21.9%), a wide range of songs (18.2%) and usefulness for learning (15.6%).

Although not all the students showed the same attitudes to and preferences for video games, it can be generally considered that the main source of motivation came from the gamified atmosphere (González et al., 2015). The points system as a gamifying strategy allowed more motivation: *«I think it's great, and you feel more motivated when they give you an individual point»* (25B71-s); *«I agree and think that you are really motivated to do it better, to try to do it well»* (25G72-s). The continuous reinforcement system not only provides a greater probability of a conduct being repeated (Skinner, 1971), but can also generate a feeling of desire (not one of liking) before being given a point (Peciña, Cagniard, Berridge, Aldridge, & Zhuang, 2003); that is, when the learning task is performed: *«You feel motivated before being given a point»* (25G73-s). The teachers generally agreed with the designed points system: *«The points system is motivating»* (11B12-t); *«I thought that the gamified system was good because first, what is prioritized is that you improve. You have a baseline level and you obtain an end level. You have some results. You see what progress you make»* (6B13-t).

The points system can be motivating, but can also be perceived as an external control tool and a stressor (Deci et al., 2001; Mekler et al., 2017). Although positive remarks were made about most cases, debate also took place in focus groups which, in relation to increased performance and making more efforts from being motivated by points, it was more overwhelming than other activities with less external feedback: *«I [felt more tired] with Just Dance Now because you have to concentrate more on the game and you had to do everything you saw on the screen. That's more overwhelming. So of course you felt more tired»* (26G56-s); *«Because in the other one, it was about how I invented dance steps. At the end, they were all repeated, and you felt calmer»* (26B57-s); *«You have more freedom to work»* (26G58-s). This could mean improved performance. Avoiding loss of points could be one of the gamifying focal points which, if badly managed, could lead to negative feelings and impulses (Chou, 2014). Most gamifying dynamics (Quintas, 2019c), produced by making attempts by using the intervention (see Table 1), were positively valued by the students:

- Feeling of success: *«I thought that dancing and all that was great fun because you can meet your objectives»* (24G22-s).
- Feeling of progress: *«It was good because you could see everything you improved in»* (15G34-s).
- Feedback and reinforcement: *«green and yellow points told you that you'd improved and if you had done it well»* (15G34-s).
- Accumulability: *«It didn't matter if you forgot. But with Just Dance Now, as you get points, you lose points if you forget a part or stop moving your hand»* (26G59-s).

- Cooperation: «*Apart from feeling motivated to win points, you must also motivate your team so that it gets plenty of points*» (25G73-s).
- Feeling of challenge: «*I liked it because you felt motivated to work better, especially for double points [challenges]. I made the same effort, but felt more motivated to do it well*» (25G74-s).
- Competitiveness: «*Yes, you feel more motivated to be successful at it [be the first]. If you're not first you think "Well, I can manage it another week"*» (24B104-s).
- Position: «*I thought the classification was good because if I am too low, I can move up, and if I'm in a good position, I can stay where I am*» (26G37-s).

However, no remark was made about self-expression and collectability. Feeling of challenge has previously been reported as a source of motivation, but also as a possible barrier if not adapted in several studies (Dixon et al., 2010; Lyons, 2015; Staiano et al., 2012). Feeling of success after meeting previously set objectives coincides with that found during interviews and observations (Dubbels, 2009; Robertson et al., 2016), where the students also indicated and remarked on the results to other friends and teachers, and they gave positive details of the game in line with this.

Boredom was not reported in the E group with time, unlike (De Vet et al., 2014; Robertson et al., 2016; Xu et al., 2012), where children lost interest in exergame. In our study, gamification seemed to produce constant fun and motivation as a feeling of progress being made was attempted using the gamifying board and levels, and also a feeling of challenge by daily and weekly challenges being set, and the level of difficulty progressively increased. Therefore, it would appear that gamification better maintained high motivation with time *versus* exergame. This can be accounted for because what (Xu et al., 2012) recommended can be achieved with gamification for exergames; that is, sustainability, adaptability and sociability. However, boredom was reported in both groups for corporal expression activities, whenever they were performed without using exergame or gamification. Thus conducting future studies with other PE contents is recommended because contents could be a limiting factor, as discovered in (Dixon et al., 2010).

The specific exergame effects can be related more to flow (Csíkszentmihályi, 1990), dance enjoyment and an entertainment alternative; i.e., that which is directly linked to the presence and structure of *Just Dance Now*. Exergame directly increased dance enjoyment, or related negative values disappeared in other cases: «*I now like [dancing] much more. Before, I didn't feel like letting myself go. But when we started dancing with Just Dance Now, I had the chance to... express myself*» (16B13-s). One of the possible psychological effects it had was flow, specifically in relation to its characteristic feeling of time being transformed. This was apparently achieved more by the video game than by its gamified atmosphere in general: «*I ended up sweating with both [dancing with and without exergame], but I felt more tired with Just Dance Now*» (24G65-s); «*But you did not think about feeling tired with Just Dance Now*» (24G65-s). These remarks are coherent with the field notes, which indicated that students performed more PA with exergame. Feeling more

tiredness can be explained by feeling more effective physical fatigue. More perceived fatigue can be explained by more physical effective fatigue, which is perhaps explained by making more effort and greater engagement which was, in turn, because the participants experienced more fun (Robertson et al., 2016). The partial effect on flow state could focus more on paying attention to the task and paying less attention to external elements, or even to the internal elements of one's own body. This can be explained by the capacity of exergames to lead to immersion (Staiano et al., 2012), which facilitates a feeling of security and less anxiety (Pasch, Bianchi-Berthouze, B., & Nijholt, 2009; Staiano et al., 2012). Each dance lasted 2-3 minutes on average, so immersion could be interrupted between one song and the next owing to limited Wi-fi network signals or to social interruptions as in (Robertson et al., 2016). Another specific effect of exergame was that it was considered a healthier entertainment alternative: *«I think this project is very good as it helps children to think who, apart from playing, many now play video games, although some children practice exercise while playing»* (25B4-s).

By considering what the OQs and interviews found, gamification appeared to have conferred a greater general positive feeling (28.6% for gamification vs. 21.9% for exergame) and led to remarks about motivation in different gamifying dynamics made by all the students. Conversely, exergame had more specific effects, like fun and motor learning, and led to more expectations of use for some students.

It ought to be stated that a video game, the exergame *Just Dance Now* in our case, is an intensely gamified system with a highly specific set mechanics; that is, with a very limited and specific material design, which is why only certain people like them. Nevertheless, the intervention's didactic design has a more open gamifying mechanics based on proposals of didactic (Larraz, 2012; Quintas, 2019c), psychological (Csíkszentmihályi, 1990; Chou, 2014) and technological (Bartle, 2003; Hunicke et al., 2004) interests, and can be better adapted to different psychological profiles, and also to student preferences. Empirical results apparently back this differentiation between the exergame mechanics and the gamification mechanics.

2.3.1.10. Conclusions

This study is the first to examine the applicability and usefulness of an intervention by combining gamification as a didactic method and an exergame as an educational resource. This research is an example of combining rigor in the didactic design of interventions and rigor of a qualitative methodology in a natural experiment.

The gamified intervention done with exergame, the object of this study, was partially applicable. The facilitators were the realism of its didactic design and its adaptability to different educational contexts. The main barriers were the necessary materials and facilities. The attitudes shown by teachers and students were very positive, but their

expectations of its future use were inconclusive. The compatibility with the school curriculum was complete. This intervention can gain applicability through the suggestions proposed by all the participants. The usefulness of this intervention on the whole (gamification and exergame) has been proven to produce more fun, motivation, better liking dance, feeling less shame about dancing, more creative inspiration, more autonomous learning, and provides a digital leisure alternative. However, the intervention has not been shown to promote PEx in all students, according to the profile and previous habits associated with PEx and traditional video games, or to solve group work problems to any greater extent than traditional teaching.

Despite the difficulty of separating the effects of gamification and exergame, gamification provided a greater overall positive feeling and more motivation in most students. Exergame specifically produced more fun and motor learning. Although scientific interest has been shown in understanding separate effects, the combination of gamification as a method and exergame as a tool is considered significant in didactic terms. Our findings may mean that this study is one of the few to provide positive evidence for educational gamification. The *Mechanics-Dynamics-Aesthetics* gamification model and the *Just Dance Now* exergame may be applicable and useful for didactics in PE, but it is necessary to deal with the various detected aspects to help improve teaching interventions.

The implications of this study include understanding the potential construction of educative gamification and primary school didactics to build applicable and useful instructional environments, which would extend the useful reference framework.

2.3.1.11. Strengths and limitations

Although some previous studies have studied gamification or exergame in educational systems, as far as are aware this is the first study to analyze the effects of an educative intervention that combines both phenomena. It is also the only study based on a natural experiment to use a C group, and is taught by the same teacher whose approach is taken from the qualitative methodology to allow an in-depth understanding of the effects. The key strengths of our study include triangulating: both the C and E intervention results; both teachers' and pupils' perspectives by considering their expectations and viewing interventions; the data from four different qualitative data collection techniques; both quantitative and qualitative data.

Interventions lasting 1 month (9 hours) were made in line with the traditional way of programming school contents (Larraz, 2012). However, due to logistic complexity, certain technical mismatches appeared which made the actual time used with the exergame slightly different among participants. Although the duration of studying the applicability sufficed, longitudinal studies are necessary to analyze the utility of such interventions in the long term. Another limit when interpreting this article is to use specific gamification elements and the concrete use of the *Just Dance Now* exergame. Thus future studies could

include different gamification elements, another exergame, or distinct PE contents to be applied and compared.

A limitation of the present study is the unequal existence of female teachers and male teachers caused by prioritizing the choice of participating schools according to Criteria-Based Selection (predisposition, availability of material, etc.), and not the teachers' profiles. Future research designs could attempt to gather a more proportional number of teacher types. Moreover, it has been found that some students in this study played exergame at home while participating in this study, which could affect the results. Therefore, it would be very interesting for future studies conducted from a multi-method approach to bear in mind these variables.

The applicability and utility of interventions based on gamification and exergames may change in participants of different ages (Allsop et al., 2013). Moreover, the video games phenomenon is associated with males (Díez-Gutiérrez et al., 2004), dance with females (Azevedo et al., 2014), and some gender differences appear in relation to the use of exergames (Dixon et al., 2010; Lam et al., 2011). Therefore, it would be interesting to know the effects of such interventions according to gender as a future research line. Another interesting future research line would be to incorporate other indirect agents that participate in the school community, such as group tutors or parents.

2.3.1.12. Acknowledgments

The authors wish to thank all the schools, teachers and pupils for their involvement in this study.

2.3.1.13. References

- Allsop, S., Rumbold, P. L. S., Debusse, D., & Dodd-Reynolds, C. (2013). Real Life Active Gaming Practices of 7-11-Year-Old Children. *Games for Health Journal*, 2(6), 347-353. doi: 10.1089/g4h.2013.0050
- Azevedo, L. B., Burges Watson, D., Haighton, C., & Adams, J. (2014). The effect of dance mat exergaming systems on physical activity and health - Related outcomes in secondary schools: Results from a natural experiment. *BMC Public Health*, 14(1). doi: 10.1186/1471-2458-14-951
- Bartle, R. (2003). *Designing virtual worlds*. Berkeley, CA: New Riders.
- Beltran-Carrillo, V. J., Beltran-Carrillo, J. I., Gonzalez-Cutre, D., Biddle, S. J. H., & Montero-Carretero, C. (2015). Are Active Video Games Associated With Less Screen Media or Conventional Physical Activity? *Games and Culture*, 11(6), 608-624. doi: 10.1177/1555412015574941
- Benzing, V., & Schmidt, M. (2018). Exergaming for Children and Adolescents: Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats. *Journal of Clinical Medicine*, 7(11). doi: 10.3390/jcm7110422
- Bourgonjon, J., Valcke, M., Soetaert, R., & Schellens, T. (2010). Students' perceptions about the use of video games in the classroom. *Computers & Education*, 54(4), 1145-1156. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2009.10.022>

- Cabrera, I. (2009). El análisis de contenido en la investigación educativa: propuesta de fases y procedimientos para la etapa de evaluación de la información. *Pedagogía Universitaria*, 14(3).
- Csíkszentmihályi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Nueva York: Harper & Row.
- Chacón, R., Castro, M., Zurita, F., Espejo, T., & Martínez, A. (2016). Videojuegos Activos como recurso TIC en el Aula de Educación Física: estudio a partir de parámetros de Ocio Digital. *Digital Education Review*, 29, 112-123.
- Chen, F. X., King, A. C., & Heckler, E. B. (2014). "Healthifying" exergames: improving health outcomes through intentional priming. Paper presented at the 32nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI'14, Toronto, Canada.
- Chou, Y. (2014). *Actionable gamification. Beyond points, badges and leaderboards*. USA: Octalysis Media.
- De Vet, E., Simons, M., & Wesselman, M. (2014). Dutch children and parents' views on active and non-active video gaming. *Health Promot Int*, 29(2), 235-243.
- Deci, E. L., Koestner, R., & Ryan, R. M. (2001). Extrinsic Rewards and Intrinsic Motivation in Education: Reconsidered Once Again. *Review of Educational Research*, 71(1), 1-27. doi: 10.3102/00346543071001001
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). *From game design elements to gamefulness: defining "gamification"*. Paper presented at the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments New York.
- Dichev, C., & Dicheva, D. (2017). Gamifying education: what is known, what is believed and what remains uncertain: a critical review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(1). doi: 10.1186/S41239-017-0042-5
- Dicheva, D., Dichev, C., Agre, G., & Angelova, G. (2015). Gamification in Education: A systematic mapping study. *Educational Technology & Society*, 18(3), 75-88.
- Díez-Gutiérrez, E. J., Terrón, E., García-Gordón, M., Rojo, J., Cano, R., Castro, R., . . . Morala, J. D. (2004). *La diferencia sexual en el análisis de los videojuegos*. Madrid: CIDE: Instituto de la Mujer.
- Dixon, R., Maddison, R., Ni Mhurchu, C., Jull, A., Meagher-Lundberg, P., & Widdowson, D. (2010). Parents' and children's perceptions of active video games: a focus group study. *Journal of Child Health Care*, 14(2), 189-199. doi: 10.1177/1367493509359173
- Dubbels, B. (2009). Dance Dance Education and Rites of Passage. *IJGCMS*, 1, 63-89. doi: 10.4018/jgcms.2009091504
- Edwards, A. L. (1953). The relationship between the judged desirability of a trait and the probability that the trait will be endorsed. *Journal of Applied Psychology*, 37(2), 90-93. doi: 10.1037/h0058073
- Ennis, C. D. (2013). Implications of exergaming for the physical education curriculum in the 21st century. *Journal of Sport and Health Science*, 2(3), 152-157.
- Errisuriz, V., Golaszewski, N., Born, K., & Bartholomew, J. (2018). Systematic Review of Physical Education-Based Physical Activity Interventions Among Elementary School Children. *The Journal of Primary Prevention*, 39(3), 303-327. doi: 10.1007/s10935-018-0507-x
- Fontes, S., & Fontes, A. (2016). La validez de la investigación. In S. Fontes, C. García, L. Quintanilla, R. Rodríguez, P. Rubio & E. Sarriá (Eds.), *Fundamentos de investigación en Psicología* (pp. 121-146). Madrid: UNED.
- Freinet, C. (1993). *Education through work: a model for child centered learning* (J. Sivell, Trans.). Lewiston: Edwin Mellen Press.

- Gao, Z., Hannan, P., Xiang, P., Stodden, D. F., & Valdez, V. E. (2013). Video game-based exercise, Latino children's physical health, and academic achievement. *American Journal of Preventive Medicine*, 44(3), 240-246. doi: 10.1016/j.amepre.2012.11.023.
- Gao, Z., Lee, J. E., Pope, Z., & Zhang, D. (2016). Effect of Active Videogames on Underserved Children's Classroom Behaviors, Effort, and Fitness. *Games for Health Journal*, 5(5), 318-324. doi: 10.1089/g4h.2016.0049
- Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. England: Palgrave Macmillan.
- Gómez-Gonzalvo, F., Molina, P., & Devis-Devis, J. (2018). Video games as curriculum materials: an approach to their use in Physical Education. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 34, 305-310.
- González, C., & Navarro, V. (2015). A Structural Theoretical Framework Based on Motor Play to Categorize and Analyze Active Video Games. *Games and Culture*, 11(7-8), 690-719. doi: 10.1177/1555412015576613
- González, C. S., Gómez, N., Navarro, V., Cairón, M., Quirce, C., Toledo, P., & Marrero, N. (2015). Learning healthy lifestyles through active videogames, motor games and gamification of educational activities. *Journal Computers in Human Behavior*, 55(A), 529-551. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.08.052>
- Gonzalez, L. E. Q., Jimenez, F. J., & Moreira, M. A. (2018). Beyond the textbook. Gamification through ITC as an innovative alternative in Physical Education. *Retos: Nuevas Tendencias En Educacion Fisica Deporte y Recreacion*(34), 343-348.
- Hamari, J., & Koivisto, J. (2015). Working out for likes: an empirical study on social influence in exercise gamification. *Computers in Human Behavior*, 50, 333-347. doi: 10.1016/j.chb.2015.04.018
- Hansen, L., & Sanders, S. (2008). Interactive gaming: changing the face of fitness. *Florida Alliance for Health, Physical Education, Recreation, Dance & Sport Journal*, 46(1), 38-41.
- Hunicke, R., LeBlanc, M., & Zubek, R. (2004). *MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research*. Paper presented at the Workshop on Challenges in Game AI.
- Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies of training and education*. Nueva York: Pfeiffer.
- Kennedy, C., Kools, S., & Krueger, R. (2001). Methodological considerations in children's focus groups. *Nursing Research*, 50(3), 184-187.
- Kooiman, B., & Sheehan, D. (2015). The efficacy of exergames for social relatedness in online physical education. *Cogent Education*, 2(1). doi: 10.1080/2331186X.2015.1045808
- Lam, J., Sit, C., & McManus, A. (2011). Play Pattern of Seated Video Game and Active "Exergame" Alternatives. *J Exerc Sci Fit*, 9, 24-30. doi: 10.1016/S1728-869X(11)60003-8
- Larraz, A. (2012). La Expresión Corporal en la Escuela Primaria experiencias desde la Educación Física. In G. y. C. Sánchez-Sánchez, J. (Ed.), *La expresión corporal en la enseñanza universitaria* (pp. 179-188). Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Lau, P. W. C., Wang, J. J., & Maddison, R. (2016). A Randomized-Controlled Trial of School-Based Active Videogame Intervention on Chinese Children's Aerobic Fitness, Physical Activity Level, and Psychological Correlates. *Games for Health Journal*, 5(6), 405-412. doi: 10.1089/g4h.2016.0057
- Lee, S., Kim, W., Park, T., & Peng, W. (2017). The Psychological Effects of Playing Exergames: A Systematic Review. *Cyberpsychology, behavior and social networking*, 20(9), 513-532. doi: 10.1089/cyber.2017.0183

- Li, B. J., & Lwin, M. O. (2016). Player see, player do: Testing an exergame motivation model based on the influence of the self avatar. *Computers in Human Behavior*, *59*, 350-357. doi: 10.1016/j.chb.2016.02.034
- Lin, J. H. (2015). "Just Dance": The Effects of Exergame Feedback and Controller Use on Physical Activity and Psychological Outcomes. *Games Health J*, *4*(3), 183-189. doi: 10.1089/g4h.2014.0092
- Lwin, M. O., & Malik, S. (2012). The efficacy of exergames-incorporated physical education lessons in influencing drivers of physical activity: A comparison of children and pre-adolescents. *Psychology of Sport and Exercise*, *13*(6), 756-760. doi: 10.1016/j.psychsport.2012.04.013
- Lyons, E. J. (2015). Cultivating Engagement and Enjoyment in Exergames Using Feedback, Challenge, and Rewards. *Games For Health Journal*, *4*(1), 12-18. doi: 10.1089/g4h.2014.0072
- Mekler, E. D., Brühlmann, F., Tuch, A. N., & Opwis, K. (2017). Towards understanding the effects of individual gamification elements on intrinsic motivation and performance. *Computers in Human Behavior*, *71*, 525-534. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.08.048>
- Moreno-Murcia, J. A., Gonzalez-Cutre, D., & Chillon-Garzon, M. (2009). Preliminary validation in Spanish of a scale designed to measure motivation in physical education classes: the Perceived Locus of Causality (PLOC) Scale. *Span J Psychol*, *12*(1), 327-337. doi: <https://doi.org/10.1017/S1138741600001724>
- Morillas, C., Muñoz-Organero, M., & Sánchez, J. (2016). Can Gamification Improve the Benefits of Student Response Systems in Learning? An Experimental Study. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, *4*(3), 429-438. doi: 10.1109/tetc.2015.2497459
- Muller, K. W., Janikian, M., Dreier, M., Wolfling, K., Beutel, M. E., Tzavara, C., . . . Tsitsika, A. (2015). Regular gaming behavior and internet gaming disorder in European adolescents: results from a cross-national representative survey of prevalence, predictors, and psychopathological correlates. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, *24*(5), 565-574.
- Nguyen, H. V., Huang, H. C., Wong, M. K., Lu, J., Huang, W. F., & Teng, C. I. (2016). Double-edged sword: The effect of exergaming on other forms of exercise; A randomized controlled trial using the self-categorization theory. *Computers in Human Behavior*, *62*, 590-593. doi: 10.1016/j.chb.2016.04.030
- Nyberg, G., & Meckbach, J. (2017). Exergames 'as a teacher' of movement education: exploring knowing in moving when playing dance games in physical education. *Physical Education and Sport Pedagogy*, *22*(1), 1-14. doi: 10.1080/17408989.2015.1112778
- Pasch, M., Bianchi-Berthouze, N., B., v.-D., & Nijholt, A. (2009). Movement-based Sports Video Games: Investigating Motivation and Gaming Experience. *Entertainment Computing*, *1*(2), 49-61. doi: <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2009.09.004>
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative Research and Evaluation Methods* (3 ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Paw, C., Jacobs, W. M., Vaessen, E. P., Titze, S., & Van-Mechelen, W. (2008). The motivation of children to play an active video game. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *11*(2), 163-166. doi: 10.1016/j.jsams.2007.06.001
- Peciña, S., Cagniard, B., Berridge, K., Aldridge, J., & Zhuang, X. (2003). Hyperdopaminergic mutant mice have higher "wanting" but not "liking" for sweet rewards. *Journal of Neuroscience*, *23*(28), 9395-9402.

- Quan, M., Pope, Z., & Gao, Z. (2018). Examining Young Children's Physical Activity and Sedentary Behaviors in an Exergaming Program Using Accelerometry. *J Clin Med*, 7(302). doi: 10.3390/jcm7100302
- Quintas, A. (2019a). Análisis del potencial didáctico de los *exergames*: reconceptualización y enfoque pedagógico. *Scholè. Rivista di educazione e studi culturali*, 3(1), 97-116.
- Quintas, A. (2019b). *The benefits of incorporating exergames and gamification in physical and musical education: a proposal from didactics and science*. Paper presented at the II World Congress on Education, Santiago de Compostela (Spain).
- Rey, J., Espinosa, C., & Hidalgo, E. (1989). *La motivación en la escuela. Cuestionarios para su análisis*. Málaga: Ágora.
- Robertson, J., Jepson, R., Macvean, A., & Gray, S. (2016). Understanding the Importance of Context: A Qualitative Study of a Location-Based Exergame to Enhance School Childrens Physical Activity. *Plos One*, 11(8). doi: 10.1371/journal.pone.0160927
- Robertson, J., Macvean, A., Fawcner, S., Baker, G., & Jepson, R. (2018). Savouring our mistakes: Learning from the FitQuest project. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 16, 55-67. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2017.12.003>
- Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K., & Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 69, 371-380. doi: 10.1016/j.chb.2016.12.033
- Sheehan, D., & Katz, L. (2010). Using Interactive Fitness and Exergames to Develop Physical Literacy. *Physical & Health Education Journal*, 76(1), 12-19.
- Sheehan, D., & Katz, L. (2012). The practical and theoretical implications of flow theory and intrinsic motivation in designing and implementing exergaming in the school environment. *Loading... The Journal of the Canadian Game Studies Association*, 6(9), 53-68.
- Shi, L., Cristea, A. I., Hadzidedic, S., & Dervishalidovic, N. (2014). *Contextual Gamification of Social Interaction – Towards Increasing Motivation in Social E-learning*. Paper presented at the Advances in Web-Based Learning, Cham.
- Silveira, G., & Torres, L. (2007). *Educação física escolar: um olhar sobre os jogos eletrônicos*. Paper presented at the XV Congresso Brasileiro de Ciências do Esporte, Pernanbuco.
- Skinner, B. F. (1971). *Ciencia y conducta humana: una psicología científica* (J. Gallofré, Trans.). Barcelona: Fontanella.
- Staiano, A. E., Abraham, A. A., & Calvert, S. L. (2012). Motivating effects of cooperative exergame play for overweight and obese adolescents. *J Diabetes Sci Technol*, 6(4), 812-819.
- Street, T. D., Lacey, S. J., & Langdon, R. R. (2017). Gaming Your Way to Health: A Systematic Review of Exergaming Programs to Increase Health and Exercise Behaviors in Adults. *Games Health J*, 6(3), 136-146. doi: 10.1089/g4h.2016.0102
- Su, C.-H., & Cheng, C.-H. (2013). A Mobile Game-based Insect Learning System for Improving the Learning Achievements. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 103, 42-50. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.305>
- Sun, H. (2013). Impact of exergames on physical activity and motivation in elementary school students: A follow-up study. *Journal of Sport and Health Science*, 2(3), 138-145. doi: 10.1016/j.jshs.2013.02.003
- Thin, A. G., Brown, C., & Meenan, P. (2013). User experiences while playing dance-based exergames and the influence of different body motion sensing technologies. *International Journal of Computer Games Technology*. doi: 10.1155/2013/603604

- Verjans-Janssen, S. R. B., Van Kann, D. H. H., Gerards, S., Vos, S. B., Jansen, M. W. J., & Kremers, S. P. J. (2018). Study protocol of the quasi-experimental evaluation of "KEIGAAF": a context-based physical activity and nutrition intervention for primary school children. *Bmc Public Health*, *18*. doi: 10.1186/s12889-018-5764-3
- Watson, D., Adams, J., Azevedo, L. B., & Haighton, C. (2016). Promoting physical activity with a school-based dance mat exergaming intervention: Qualitative findings from a natural experiment. *BMC Public Health*, *16*(1). doi: 10.1186/s12889-016-3308-2
- Xu, Y., Poole, E. S., Miller, A. D., Eiriksdottir, E., Catrambone, R., & Mynatt, E. D. (2012). *Designing pervasive health games for sustainability, adaptability and sociability*. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on the Foundations of Digital Games, Raleigh, North Carolina.
- Ziebland, S., & McPherson, A. (2006). Making sense of qualitative data analysis: an introduction with illustrations from DIPEX (personal experiences of health and illness). *Med Educ*, *40*(5), 405-414.
- Zuckerman, O., & Gal-Oz, A. (2014). Deconstructing gamification: evaluating the effectiveness of continuous measurement, virtual rewards, and social comparison for promoting physical activity. *Personal and Ubiquitous Computing*, *18*(7), 1705-1719. doi: 10.1007/s00779-014-0783-2

2.3.1.14. Supporting information

Operational definitions of the teacher classification tree

1. Applicability: refers to the ability of the gamified exergaming intervention to be carried out at school easily [facilitators], with the minimum of obstacles [barriers], with the greatest teacher predisposition [attitude, expectation of use and continuous learning], enduring in time [continuity] and in order to develop the educational curriculum.

1.1. Exergaming: refers to the ability of the exergame to be carried out at school easily [facilitators], with the minimum of obstacles [barriers], with the greatest teacher predisposition [attitude, expectation of use and continuous learning], in order to develop the educational curriculum.

1.1.1. Facilitators: refers to any aspect that facilitates the application of the exergaming intervention at school.

1.1.2. Barriers: refers to any aspect that hinders the application of the exergaming intervention at school.

1.1.2.1. Logistics: refers to any aspect of material resources or facilities and physical spaces of the school. i.e.: “there are no smartphones for all students”.

1.1.2.2. Students: refers to the belief of teachers that exergaming is common to students, creating more predisposition. i.e.: “the students are used to video games”.

1.1.2.3. Technical problems: refers to any technical problem regarding exergame. i.e.: “the mobile does not detect the wifi”.

1.1.2.4. Specific teacher training. refers to any negative aspect associated with the specific training of teacher regarding exergaming. i.e.: “there are no manuals for the application of exergames in physical education”.

1.1.2.5. Critical education. It refers to any negative aspect associated with children using exergame as digital technology. It refers to any negative aspect associated with children using exergame as digital technology. i.e.: “digital technologies generate additions”.

1.1.2.6. Teaching dependence on technology: It refers to any negative aspect associated with teachers using exergame as digital technology. i.e.: "the natural essence of physical education is being lost"

1.1.3. Usage expectations: refers to the teacher's consideration to apply the exergaming intervention at school in their professional future, either manifesting will / lack of will or manifesting possibility / impossibility of do that. i.e.: "I have other preferences in my physical education programming than exergaming".

1.2. Gamification: refers to the ability of the gamified intervention to be carried out at school.

1.3. General didactic design: refers to the ability of the gamified exergaming intervention to be carried out at school, without specifically paying attention to its exergame or gamification component.

1.3.1. Strengths: refers to any aspect that makes the gamified exergaming intervention in school feasible, as it is designed and without changing anything. i.e.: "the intervention design promoted cooperation despite the leaderboard".

1.3.2. Changes: refers to any aspect that makes the gamified exergaming intervention in school feasible, introducing changes and improvements in its design. i.e.: "Children should be allowed to choose more exergame songs".

2. Utility: refers to the ability of the gamified exergaming intervention to produce concrete and direct effects of psycho-educational interest, both as a whole [as a general didactic design] and through some of its characteristics [gamification, exergame, dance, etc.].

2.1. Exergaming: refers to the ability of the exergaming intervention to produce concrete and direct effects of psycho-educational interest.

2.1.1 Benefits: refers to the ability of the exergaming intervention to produce positive concrete and direct effects of psycho-educational interest. Specifically:

2.1.1.1. On learning: refers to the ability of the exergaming intervention to produce positive concrete and direct effects on learning. i.e.: "The children learned without so much shame because of exergaming".

2.1.1.2. On health: refers to the ability of the exergaming intervention to produce positive concrete and direct effects on health. i.e.: "Exergaming promotes overall health".

2.1.1.3. In performing alternative leisure: refers to the ability of the exergaming intervention to produce positive concrete and direct effects in performing alternative leisure. i.e.: "They will have a more active digital leisure because of exergaming".

2.1.1.4. On promoting physical exercise: refers to the ability of the exergaming intervention to produce positive concrete and direct effects on promoting physical exercise, inside and outside the classroom. i.e.: "Exergaming is a good strategy to promote physical activity".

2.1.1.5. Motivation towards learning: refers to the ability of the exergaming intervention to create commitment and enthusiasm towards learning. i.e.: "I perceived more attention in students when they were dancing with the exergame"

2.1.2. Prejudices: refers to the ability of the exergaming intervention to produce negative concrete and direct effects of psycho-educational interest. i.e.: "Being too long watching a screen is harmful".

2.2. Gamification: refers to the ability of the gamified intervention to produce positive concrete and direct effects of psycho-educational interest.

2.2.1. Benefits as a method: refers to the ability of the gamified intervention to produce positive effects as an educational method.

2.2.1.1. Motivation towards learning: refers to the creation of commitment and enthusiasm towards learning. i.e.: "students became more involved in homework to get badges"

2.2.1.2. On promoting physical exercise: refers to the creation of commitment and enthusiasm towards physical exercise, inside and outside the classroom. i.e.: "Sedentary students will start exercising at home due to gamification"

2.2.1.3. Promote cooperation: refers to the creation of commitment and enthusiasm towards teamwork and helping others. i.e.: "the students worked more as a team to get the group points"

2.2.1.4. Facilitates teacher evaluation: refers to the greater ease in the teacher's task to assess learning. i.e.: "the gamification board gave daily and weekly information to the teacher"

2.2.1.5. Get learning: refers to the creation of more and / or better learning in students. i.e.: “the students learned the dance steps better by the feedback from the screen”

2.2.2. Prejudices: refers to the ability of the gamified intervention to produce negative effects as a educational method.

2.2.2.1. Too much competitiveness: refers to the ability of the gamified intervention to produce a too competitive attitude in students i.e.: “gamification creates a very competitive class climate”

2.2.2.2. Points dependence: refers to the ability of the gamified intervention to change the student's goal towards points, rather than learning. i.e.: “If we take away the points the students would not dance anymore”

2.3. Utility of the general didactic design: refers to the ability of the gamified exergaming intervention as a whole to produce concrete and direct effects of psycho-educational interest, without differentiating gamification of exergame.

2.3.1. For the teaching-learning processes: refers to the ability of the gamified exergaming intervention as a whole to produce concrete and direct effects on didactic processes.

2.3.1.1. To promote curricular values in students: refers to the ability of the gamified exergaming intervention as a whole to produce concrete and direct effects on promoting values that the current curriculum aims to instill. i.e.: “the intervention did not help promote effort and mutual help in students”.

2.3.1.2. To resolve conflicts: refers to the ability of the gamified exergaming intervention as a whole to produce effects on the ability of students to resolve social conflicts. i.e.: “the students were more autonomous working in groups and resolved conflicts quickly”

2.3.1.3. To solve problems: refers to the ability of the gamified exergaming intervention as a whole to produce effects on the ability of students to resolve learning problems. i.e.: “the students looked for group solutions to create the choreography”

2.3.2. For the health: refers to the ability of the gamified exergaming intervention as a whole to produce effects on health. i.e.: “thanks to the intervention the students improved their physical condition”.

2.3.3. In performing alternative leisure: refers to the ability of the gamified exergaming intervention as a whole to promote a more physically active digital leisure. i.e.: “the students will play exergames more than classic video games”.

2.3.4. On promoting physical exercise: refers to the creation of commitment and enthusiasm towards physical exercise, inside and outside the classroom. i.e.: “Sedentary students will start exercising at home due to intervention”

2.3.5. For the motivation: refers to the motivating perception of teachers towards the intervention. i.e.: “the intervention was very motivating for the students”.

3. Miscellany: refers to all comments that did not meet criteria to be placed in any previous category.

3.1. Contributions of the researcher: refers to comments made by researchers, such as questions or clarifications during interviews. i.e.: “Does exergaming have the same importance as traditional sports?”

3.2. Information not relevant for this study: It refers to comments from participants that were not relevant to the objectives set out in this study. i.e. “Yes, for example, the other day I was playing football...”.

Tabla 16. Advanced descriptive analysis on the interviews of the teachers.

Categories	N Files	% Files	N lines	% lines
1. Applicability	7	100.00	501	44.18
1.1. Exergaming	7	100.00	231	20.37
1.1.1. Facilitators	5	71.43	46	4.06
1.1.2. Barriers	7	100.00	185	16.31
1.1.2.1. Logistics	4	57.00	27	2.38
1.1.2.2. Students	0	0.00	0	0.00
1.1.2.3. Technical problems	6	85.71	57	5.03
1.1.2.4. Specific teacher training	4	57.14	62	5.47
1.1.2.5. Critical education	4	57.14	25	2.20
1.1.2.6. Teaching dependence on technology	2	28.57	14	1.23
1.1.3. Usage Expectations	0	0.00	0	0.00
1.2. Gamification	1	14.29	7	0.62
1.3. General didactic design	7	100.00	263	23.19
1.3.1. Strengths	7	100.00	117	10.32
1.3.2. Changes	7	100.00	146	12.87
2. Utility	7	100.00	557	49.12
2.1. Exergaming	7	100.00	296	26.10
2.1.1. Benefits	7	100.00	283	24.96
2.1.1.1. On learning	5	71.43	58	5.11
2.1.1.2. On health	2	28.57	4	0.35
2.1.1.3. In performing alternative leisure	5	71.43	48	4.23
2.1.1.4. On promoting physical exercise	6	85.71	78	6.88
2.1.1.5. Motivation towards learning	7	100.00	95	8.38
2.1.2. Prejudices	3	42.86	13	1.15
2.2. Gamification	7	100.00	155	13.67
2.2.1. Benefits as a method	7	100.00	130	11.46
2.2.1.1. Motivation towards learning	6	85.71	58	5.11
2.2.1.2. On promoting physical exercise	1	14.29	15	1.32
2.2.1.3. Promote cooperation	2	28.57	15	1.32
2.2.1.4. Facilitates teacher evaluation	3	42.86	16	1.41
2.2.1.5. Get learning	2	28.57	26	2.29
2.2.2. Prejudices	3	42.86	25	2.20
2.2.2.1. Too much competitiveness	2	28.57	20	1.76
2.2.2.2. Points dependence	2	28.57	5	0.44
2.3. Utility of the general didactic design	6	85.71	106	9.35
2.3.1. For the teaching-learning processes	5	71.43	84	7.41
2.3.1.1. To promote curricular values in students	3	42.86	30	2.65
2.3.1.2. To resolve conflicts	3	42.86	15	1.32
2.3.1.3. To solve problems	4	57.14	39	3.44
2.3.2. For the health	0	0.00	0	0.00
2.3.3. In performing alternative leisure	2	28.57	13	1.15
2.3.4. On promoting physical exercise	0	0.00	0	0.00
2.3.5. For the motivation	2	28.57	9	0.79
3. Miscellany	4	57.14	76	6.70
3.1. Contributions of the researcher	4	57.14	24	2.12
3.2. Information not relevant for this study	3	42.86	52	4.59

“N File”= number of documents in which are that variable; “% File” = percentage of files in which that variable has been encoded; “N line” = number of lines encoded in each variable; “% line” = percentage relative to the total number of lines in all files encoded.

Operational definitions of the students classification tree

1. Applicability: refers to the ability of the gamified exergaming intervention to be carried out at school according to the students.

1.1. General design: refers to the ability of the gamified exergaming intervention to be carried out at school, without specifically paying attention to its exergame or gamification component.

1.1.1. Changes: refers to aspects that could be changed in the intervention to make it more applicable. i.e.: “a mechanism could be added so that the mobile does not turn off when it is in the hand”.

1.1.2. Strengths: it refers to aspects that must be maintained in the intervention since they make it more applicable. i.e.: “I really liked it when we could get our own green point”

2. Utility: refers to the ability of the gamified exergaming intervention to produce concrete and direct effects of psycho-educational interest, both as a whole [as a general didactic design] and through gamification.

2.1. General didactic design: refers to the ability of the gamified exergaming intervention as a whole to produce concrete and direct effects of psycho-educational interest, without differentiating gamification effects.

2.1.1. On enjoyment: refers to the ability of the gamified exergaming intervention as a whole to produce effects on pleasure while learning. i.e.: “I was spending my time very fast because I had fun while dancing”

2.1.2. On learning: refers to the ability of the gamified exergaming intervention as a whole to produce effects on learning. i.e.: “I've learned many dance styles that I didn't know”.

2.1.3. Academic performance: refers to the ability of the gamified exergaming intervention as a whole to produce effects on academic performance. i.e.: “I think the video game has helped me make a better choreography”.

2.1.4. Perceived physical effort: refers to the ability of the gamified exergaming intervention as a whole to change the perceived physical effort in students. i.e.: “When I danced in front of the screen I felt that I was less tired”.

2.1.5. Usage expectations: refers to the student's consideration to use or play the exergames out of school in their future. i.e.: “I'm going to buy the video game to play on weekends”

2.1.6. On promoting physical exercise: refers to the ability of the exergaming intervention to produce positive concrete and direct effects on promoting physical exercise, inside and outside the classroom. i.e.: “after these classes, I like to exercise more”

2.1.7. To resolve conflicts: refers to the ability of the gamified exergaming intervention as a whole to produce effects on the ability of students to resolve social conflicts. i.e.: “we tried to resolve disagreements because they gave us team points”.

2.2. Gamification: refers to the ability of the gamified intervention to produce concrete and direct effects of psycho-educational interest.

2.2.1. Advantages: refers to the ability of the gamified intervention to produce positive effects of psycho-educational interest.

2.2.2. Disadvantages: refers to the ability of the gamified intervention to produce negative effects of psycho-educational interest.

3. Miscellany: refers to all comments that did not meet criteria to be placed in any previous category.

3.1. Contributions of the researcher: refers to comments made by researchers, such as questions or clarifications during interviews. i.e.: “Does exergaming have the same importance as traditional sports?”

3.2. Information not relevant for this study: refers to comments from participants that were not relevant to the objectives set out in this study. i.e. “Yes, for example, the other day I was playing football...”.

Tabla 17. Descriptive analysis on the focus groups and interviews of the students, differentiating between groups.

Classification tree	Control Group				Experimental Group			
	N File	% File	N line	% line	N File	% File	N line	% line
1. Applicability	9	100.00	103	13.27	8	88.89	124	11.12
1.1. General design	9	100.00	107	13.79	8	88.89	124	11.12
1.1.1. Changes	7	77.78	64	8.25	8	88.89	73	6.55
1.1.2. Strengths	9	100.00	43	5.54	7	77.78	51	4.57
2. Utility	9	100.00	650	83.76	9	100.00	126	11.30
2.1. General design	9	100.00	650	83.76	9	100.00	856	76.77
2.1.1. On enjoyment	9	100.00	147	18.94	9	100.00	169	15.16
2.1.2. On learning	9	100.00	195	25.13	9	100.00	195	17.49
2.1.3. Academic performance	9	100.00	125	16.11	9	100.00	181	16.23
2.1.4. Perceived physical effort	9	100.00	75	9.66	9	100.00	117	10.49
2.1.5. Usage expectations	1	11.11	3	0.39	8	88.89	72	6.46
2.1.6. On promoting physical exercise	9	100.00	61	7.86	8	88.89	82	7.35
2.1.7. To resolve conflicts	9	100.00	44	5.67	8	88.89	40	3.59
2.2. Gamification	0	0.00	0	0.00	7	77.78	99	8.88
2.2.1. Advantages	0	0.00	0	0.00	7	77.78	93	8.34
2.2.2. Disadvantages	0	0.00	0	0.00	2	22.22	6	0.54
3. Miscellany	5	55.56	19	2.45	7	77.78	36	3.23
3.1. Contributions of the researcher	5	55.56	12	1.55	7	77.78	20	1.79
3.2. Information not relevant for this study	1	11.11	7	0.90	3	33.33	16	1.43

“N File”= number of documents in which are that variable; “% File” = percentage of files in which that variable has been encoded; “N line” = number of lines encoded in each variable; “% line” = percentage relative to the total number of lines in all files encoded

2.3.2. ESTUDIO 2: análisis de efectos psicológicos

Abstract

The physical effects of exergaming have been proven, but less is known about the psychological effects in elementary schools that make exergames an effective educational tool. The application of gamification to education is still an emerging practice that has been barely studied. The aim of this study was to analyse the effects of a gamified exergaming intervention in Physical Education classes in primary schools on psychological variables like motivation, flow, basic psychological needs and academic performance. A natural experiment with a non-randomised controlled design was run. The participants were recruited from four schools (n=417), and received traditional didactic intervention or a gamified exergaming intervention. Both lasted 1 month. The results showed better positive gamified exergaming effects on basic psychological needs, academic performance and some flow dimensions. No interaction effects were found in intrinsic motivation, external regulation and amotivation, although specific improvements in the gamified exergaming group are discussed. The *Mechanics-Dynamics-Aesthetics* gamification model and the *Just Dance Now* exergame may be resources capable of producing positive psychological effects on school-based Physical Education.

Keywords

Elementary education, improving classroom teaching, interactive learning environments, teaching/learning strategies

2.3.2.1. Introduction

Researchers have been investigating the benefits of game and game-based approaches in education from the 1980s (Borges et al., 2014). Exergames are digital motor games that aim to stimulate the player's motor skills, for instance *Pokemon Go*, *Dance Dance Revolution* or *Wii Sports*, which are popular on the global market and have gained increasing attention by academic research (Lin, 2015; Quintas, 2019a). Exergames, understood as a type of games, are applied to Physical Education (PE) and can simultaneously provide the benefits of motor games and video games (Gee, 2003; González & Navarro, 2015).

Gamification refers to the use of game-based elements in non-game contexts for the purpose of motivating actions (Deterding et al., 2011; Kapp, 2012). While gamification is advancing in business or marketing, its application to education is still emerging (Dicheva et al., 2015b).

Exergames in PE has been normally used according to technical rationality, where teachers only apply didactic material mechanically (Gómez-Gonzalvo et al., 2018). However, the inclusion of a new technology in class does not mean making an essential change to didactics. Indeed it is necessary to transform the dynamics of the whole

classroom (Freinet, 1993). Technical rationality guides human action by calculating the means to achieve certain ends, but ignore the why and for what of those means and ends (Habermas, 1986b). Nevertheless, it can be made compatible with practical rationality, a dialectical reason that assumes human communication and the consensus to select some means and ends or others. Exergames should be focused as a means for students to experience contextualised learning by facilitating experiences that require analysing what has happened in the game in order to examine curricular contents in-depth (Gómez-Gonzalvo et al., 2018). This contextualised learning can be created by the gamification strategy (Gonzalez et al., 2018b). For this reason, the exergame, as a technological resource, has been combined with gamification as a new didactic strategy in normal PE classes. One of the main objectives of school education is to improve academic performance, and it seems that gamification and exergames offer possibilities to do just that (Castañer et al., 2016; Chang & Wei, 2015).

Some studies establish that less is known about the psychological benefits in elementary schools that render exergames an effective educational tool for interventions in, for instance, the PE context (Li & Lwin, 2016). Previous studies on exergames in PE have suggested carrying out longer intervention designs that complement proven acute effects (Andrade et al., 2019a). Other studies request studying more rigorously the psychological effects of gamification on education (Çakıroğlu et al., 2017; Dichev & Dicheva, 2017). Recent studies indicate the limitations of empirical research into gamified education, such as its dominant application to colleges, lack of comparative groups or validity of measures (Dichev & Dicheva, 2017; Hamari & Koivisto, 2014; Hanus & Fox, 2015). This is why a natural experiment based on gamification principles (Hunicke et al., 2004) and a recent exergame created in 2014, *Just Dance Now*, which is compatible with the school PE curriculum, have been designed and applied to several primary schools. The aim of this study was to analyse the effects of a gamified exergaming intervention, compared with non-gamified and non-exergaming interventions, in PE classes in primary schools on the psychological variables relevant to PE, like motivation, dispositional flow state and basic psychological needs (Huhtiniemi et al., 2017). Two interesting academic performance variables for didactics are also studied: rhythmic motor skills, and commitment and learning behaviour (Castañer et al., 2016; Larraz, 2012).

2.3.2.2. Theoretical Framework

2.3.2.2.1. Motivation, exergaming, gamification and PE

The Self-Determination Theory (SDT) is a macrotheory of human motivation and personality that has been widely analysed in PE, and has already been successfully applied to games and gamification contexts (Sailer et al., 2017). The Cognitive Evaluation Theory (CET), which is a subtheory of the SDT, concerns intrinsic motivation based on the satisfaction of behaving «for its own sake». It specifically addresses the effects of social

contexts (external events in general, such as rewards) on intrinsic motivation. There is a second subtheory, the Theory of Organismic Integration (OIT), which establishes that motivation is a continuum. From more to less self-determinations we find intrinsic motivation, extrinsic motivation and amotivation. If intrinsic motivation refers to participating in activity just for the pleasure and satisfaction one gets from doing it, extrinsic motivation refers to being committed to the activity as a means to achieve something, but not as an end *per se*. For extrinsic motivation, there are different ways by which behaviour is regulated: external regulation, introjected regulation and identified regulation (Ryan & Deci, 2017). External regulation implies behaviour regulated by external incentives, such as rewards or punishment. Introjected regulation is characterised by establishing rules for action that are associated with expectations of self-approval, and with avoiding feelings of guilt and anxiety. Identified regulation implies performing an activity voluntarily because individuals consider it important and beneficial, even though if they do not enjoy it. This implies identifying the subject with the importance of the activity itself. Nevertheless, the decision to participate stems from an external benefit, and not from the pleasure that is inherent to the activity. Amotivation refers to lack of intentionality and the relative absence of motivation (Ryan & Deci, 2017).

One of the main goals of PE classes is to provide students with the necessary motivations so they practice PE beyond the school timetable and throughout their lives (Moreno-Murcia et al., 2009). Exergames are seen as a very promising option to maintain an active lifestyle, especially with wearable fitness technologies (Beltran-Carrillo et al., 2015). Particularly in obese children, exergaming has proven effective in improving intrinsic motivation, as a recent meta-analysis study has indicated (Andrade, Correia, & Reis, 2019b). Sheehan y Katz (2010) proposed six components that exergames posits to intrinsically motivate children to engage in PE: control, challenge, curiosity, creativity, constant feedback, competition. Hansen y Sanders (2008) postulated the following characteristics of game related to motivation: fun, challenging, motivating, developmental, appropriate, individualised, contemporary. Several psychological benefits of exergaming associated with motivation have already been proven, such as favouring change towards a physically active behaviour (Lwin & Malik, 2012), especially in those who do not normally practice traditional PE (Street et al., 2017), and are a source of situational interest motivation (Sun, 2013) by improving academic performance in subjects other than PE (Gao et al., 2013), or improving motivation thanks to social interaction during exergames (Paw et al., 2008). It has been suggested that exergames should be incorporated into PE classes to enhance students' motivation (Sheehan & Katz, 2012a). However, empirical support for the effectiveness of exergaming on students' motivation and in-class activity in PE is sparse (Sun, 2013).

From birth, gamification is associated with motivation and behavioural change (Kapp, 2012). As far as we know, no solid studies have found increased motivation by applying gamification to PE, although some studies from other areas have found this (Barrio,

Muñoz-Organero, & Soriano, 2016; Bonde et al., 2014; Boticki, Baksa, Seow, & Looi, 2015; Hakulinen, Auvinen, & Korhonen, 2015; Shi et al., 2014a; Su & Cheng, 2013). A recent study has revealed that there are inflated expectations about educational gamification on motivation as empirical research on the effectiveness of gamification is limited (Dichev & Dicheva, 2017). Hanus y Fox (2015), along the lines of the SDT, found reduced intrinsic motivation because additional rewards (e.g. badges and coins) can be interpreted as controlling, depending on each student's profile, but this could also increase extrinsic motivation (Mekler et al., 2017). Tangible incentives given for boring tasks might increase intrinsic motivation, but giving rewards for already interesting tasks lowers intrinsic motivation (Deci et al., 2001). Therefore, gamification can be a double-edged sword, and might produce either intrinsic motivation or external regulation (Hanus & Fox, 2015). It is necessary to check if the possibility of applying educational gamification and it not promoting external regulation; that is, less self-determined motivation. Gamification can reduce this risk of amotivation and maintain learners engaged in a learning activity if gaming features are adapted to learners (Lavoue, Monterrat, Desmarais, & George, 2019).

2.3.2.2.2. Dispositional Flow

Flow is an optimal state of experience, that implies being totally absorbed in the task being carried out, and creating a state of concentration that facilitates optimal performance (Csíkszentmihályi, 1990). Csíkszentmihályi (1990), and Nakamura y Csíkszentmihályi (2002) described nine dimensions that characterise the experience of flow: striking a balance between the challenge of the individual's task and skills, clearly perceived goals, unambiguous feedback, a sense of controlling the activity, autotelic, intrinsically rewarding experience, the merging of action and awareness, focusing on the task at hand, loss of self-consciousness or reduced awareness of self and time transformation. It has been suggested that flow should be seen as being divided between the collection of conditions for achieving the flow state (the first five dimensions), and the psychological outcomes that follow after the flow state has been achieved (the last four dimensions) (Hamari & Koivisto, 2014; Nakamura & Csíkszentmihályi, 2002). Flow state refers to experiencing flow in a given situation, while dispositional flow refers to the tendency of experiencing flow.

In the PE and sport context, flow is associated with a positive experience and displaying a high level of performance in a physical task (Jackson & Eklund, 2002). Both games and exercise have been regarded as some of the most probable contexts for people to experience flow in PE (Hamari & Koivisto, 2014). In fact some exergames incorporate all the dimensions of flow (Sheehan & Katz, 2012a). In exergames, flow can be facilitated through immediate feedback to players and social interaction (Lee, Kim, Park, & Peng, 2017b). Immersion has been listed as one of the eight essential elements of flow when applied specifically for games (Sweetser & Wyeth, 2005), and immersion can improve thanks to exergaming (Chen et al., 2014). Bronner, Pinsker, y Adam Noah (2015) found

that flow experience can be positively related to physical exertion during exergame playing. Huang et al. (2018) identified the need for both exercise and achievement as novel moderators that can facilitate the flow experience. However, studies are lacking in the specific PE context.

Computer-supported gamified services aim to motivate exercise activities by providing optimally difficult challenges and feedback (Hamari & Koivisto, 2014; Pope, Lewis, & Gao, 2015). Thus having clear goals and immediate feedback is associated with flow emerging (Hamari, 2017). Flow is often discussed as an important psychological goal to be pursued through gamification efforts (Hamari & Koivisto, 2014). In the PE context, perceived competition and social goals have been reported to act as predictors of the flow experience (González-Cutre et al., 2009). Flow, understood as an optimal experience, can be associated with a good mood, which can be promoted in PE classes through exergaming (Andrade et al., 2019a). Therefore, a gamified exergaming intervention is expected to improve dispositional flow.

2.3.2.2.3. Basic psychological needs, exergaming gamification and PE

The Basic Psychological Needs (BPN) Theory is another subtheory of the SDT that identifies three innate needs or optimal motivation and well-being (Deci & Ryan, 2000): competence, autonomy and relatedness. The competence need refers to believing in one's ability to perform a certain task efficiently and effectively. The autonomy need (self-determination) is based on the desire to experience an internal «locus» of causality, to feel the origin of one's actions. The social relatedness need denotes a feeling of belongingness or being connected with others (Ryan & Deci, 2017). Meeting these needs in PE classes can improve affective, cognitive and behavioural outcomes (Ntoumanis & Standage, 2009). Positive relations link competence, autonomy and social relationships in motivation and intentions to be physically active in the elementary PE field (Franco & Coteron, 2017; van Aart et al., 2017).

Specifically, no research was found that has studied the effect of exergame on BPN in normal populations. However, a stable meta-analysis has studied the positive effect of exergaming on the perception of competence in obese children (Andrade et al., 2019b). Nevertheless, Pope et al. (2015) reported an improvement in a variable similar to the competence need (i.e. self-efficacy) thanks to the presence of feedbacks on the screen of a dance exergame. Regarding the effects of gamification on BPN, research is still scarce (Dichev & Dicheva, 2017; Seaborn & Fels, 2015). Gamification is not considered effective *per se*, rather specific game design elements have specific psychological effects (Sailer et al., 2017). Peng et al. (2012) demonstrated that dynamically adjusting level of difficulty and badges led to increased satisfaction for the competence need, while freedom in avatar customisation led to increased satisfaction for the autonomy need. Badges, leaderboards, and performance graphs positively affect fulfilling the competence need, as well as perceived task meaningfulness, while avatars and teammates affect social relatedness

experiences (Sailer et al., 2017). Mekler et al. (2017) does not coincide with these findings as they observed no effects of points, leaderboards and levels on satisfying needs, but found effects on the quantity of performance. These authors argued that these game design elements can act as extrinsic incentives. Thus current research, which is scarce, poses an ambiguous scenario as to the effects of gamification on BPN. However according to Sailer et al. (2017), the possibility of deliberately influencing psychological needs satisfaction with gamification is considered a more positive tendency than a negative one.

2.3.2.2.4. Academic performance in PE

Two interesting academic performance variables in PE are rhythmic motor skill and commitment to and behaviour towards learning (Larraz, 2012). Research in the academic performance of exergaming and gamification in PE is usually associated with cardiovascular aspects and health promotion (González-González & Navarro-Adelantado, 2017; Young et al., 2012). Hence there are very few specific works in the literature that study academic performance in other motor skill forms (Castañer et al., 2016). Rhythmic motor skill is a perceptual-motor coordinative capacity that plays a fundamental role in improving motor execution automatisms (Castañer & Camerino, 2006). It refers to the quality of physical activity and, thus, assessing the rhythmic motor skill is a matter of the quality of students' movement, rather than a matter of energy expenditure (Castañer et al., 2016). Learning movements means optimising the cognitive process of solving motor tasks (Di Tore & Gaetano, 2012). Guzmán et al. (2016) report motor benefits in eye-manual coordination when practiced traditionally and with the Nintendo Wii exergame in a complementary way using Wii Sports. Acute effects have already been reported in psychosomatic variables, such as vigour or fatigue, in PE classes with exergaming (Andrade et al., 2019a). One exergame component that might improve the rhythmic motor skill is increased attention and concentration requirement during learning tasks (Budde et al., 2008; Hsieh & Chen, 2019; Staiano & Calvert, 2011), personalized feedback and instruction, and an active and experiential learning of skill (Di Tore & Gaetano, 2012). Other determinants of exergame that may improve motor-related outcomes are spatial awareness, understanding cause-effect relations, correctly handling a *smartphone*, appropriate responses to visual feedback, action planning, and creating a cognitive map of body movements in relation to game and gamification elements (Staiano & Calvert, 2011). However, more empirical studies are needed, especially about rhythmic motor skill. Commitment to and behaviour towards learning are psychological variables that refer to student engagement in learning new skills by striving towards those that involve little difficulty (Castañer & Camerino, 2006; Larraz, 2012). Thus some features in an exergame have positive effects on engagement-related outcomes (Peng et al., 2011). Likewise, gamification affects academic achievement given its effect on engagement in classroom (Çakıroğlu et al., 2017) and there are gamification mechanics that influence learners' engagement (Chang & Wei, 2015).

2.3.2.2.5. Hypotheses

Research in the fields of exergames (Chen et al., 2014; Lee et al., 2017b; Street et al., 2017) and gamification (Barrio et al., 2016; Hamari & Koivisto, 2015a; Kapp, 2012; Sailer et al., 2017) has shown that both can produce beneficial psychological effects. As the intervention of this study is based on the limitations and suggestions of other empirical studies, the following hypotheses (H) are postulated and fall in line with the results of previous studies:

- H1. The gamified exergaming educative intervention will produce less intrinsic motivation in students than the non-gamified and non-exergaming intervention with time.
- H2. The gamified exergaming educative intervention will produce more external regulation in students than the non-gamified and non-exergaming intervention with time.
- H3. The gamified exergaming educative intervention will decrease amotivation in students than the non-gamified and non-exergaming intervention with time.
- H4. The gamified exergaming educative intervention will improve dispositional flow in students than the non-gamified and non-exergaming intervention with time.
- H5. The gamified exergaming educative intervention will improve BPN in students than the non-gamified and non-exergaming intervention with time.
- H6. The rhythmic motor skill in students will be better in the gamified exergaming educative intervention compared to the non-gamified and non-exergaming intervention.
- H7. Commitment to and behaviour towards learning in students will be better in the gamified exergaming educative intervention compared to the non-gamified and non-exergaming intervention.

2.3.2.3. Method

2.3.2.3.1. Sample

The sample comprised 417 students (53.2% girls, n=222; 46.8%, n=195) (see Table 18) from four primary schools. The mean age of the participants was 11.1 (SD=1.7), and 50.4% of the sample studied Year 6 (aged 10-11 years; n=210) and 49.6% studied Year 7 (11-12 years; n=207) in primary schools (see Table 18). This age group is thought to be critical about its impact on psychological and behavioural risk factors (Azevedo et al., 2014), especially towards girls' physical activity (Harrington et al., 2018).

Four schools (two public schools and two non-public schools) agreed to participate in the study. The criteria to select schools were: their material adequacy (facilities, Wi-Fi connectivity), the diversity of the school's public/private, the ethnic and socioeconomic diversity of its students, schools from different cities, teaching staff's positive predisposition and accessibility for researchers. All the Year 6 and Year 7 students were invited to participate in the study via signed parental consent (n=418). One student did not participate in the study for not providing consent, so no data about him were collected, although he went to class as normal. Parents justified that one child had autism spectrum

disorder (ASD), so they considered it better that their child did not participate in this research.

Table 18. Descriptive data of the sample (n) regarding gender, class and treatment.

Gender	Treatment		Total	
	Control	Experimental		
Girls	Year 6	83	24	107
	Year 7	18	97	115
	Total	101	121	222
Boys	Year 6	75	28	103
	Year 7	15	77	92
	Total	90	105	195
Total	Year 6	158	52	210
	Year 7	33	174	207
	Total	191	226	417

A pre-analysis was done to identify and eliminate outliers responses for each variable (2.00 ± 2.18 outliers average in the control group; 1.59 ± 1.71 outliers average in the experimental group). Some data were missing due to forgetfulness, error or ambiguous answers made by the participants when filling in the scales (36.5 ± 25.56 missing values average in the control group; 20.09 ± 13.07 missing values average in the experimental group). The final data analysis was performed for each variable without both the outliers and a statistical procedure to recover lost values.

2.3.2.3.2. Internal validity, External validity and Reliability of the study

Rigorous experimental research works that involve educational interventions need a research design that adapts to the study objectives, valid measures and good statistical inference (D'Agostino, 2005). Therefore in our study, some threats to the experiment's internal validity were taken into account to avoid confusion in the inference process by establishing, at the same time, a statistical analysis that made the study more ecological, as well as a stricter criterion to gain validity and consistence in the statistical results (Bland & Altman, 1995). We used a control group to control the possible effects of the maturation process experienced by children during the study, and the possible effects of specific events that occurred in children between the pre- and the post-treatments. Moreover, the control group could control the effect of familiarity between the pre-treatment measures and the post-treatment ones. The same teacher/researcher applied the intervention following the same protocol to avoid administration/researcher effects. We used high-quality validated instruments (sensitive and reliable valid instruments for our study population) to establish the effects of our intervention. Some threats to the experiment's external validity were contemplated to ensure the generalisation of the results. The control group could be susceptible to the cross-contamination from accessing some elements of the intervention. However, we ensured that at each school the experimental and control group were respectively made up of students from year 6 and year 7 only, or *vice versa*. The

intervention was applied in different cities and schools, and at several times throughout one academic year. Finally, the fact that students were aware that they participated in the study could lead to loss of naturalness in the experimental situation. To avoid this threat, we designed the intervention by integrating it into the curricular programme and systematically applying the single-blind research method.

2.3.2.3.3. Study design

A natural experiment with a non-randomised controlled design was conducted with a pre and a post measure. This design allows maximum control without losing the naturalness of school cohorts, and is considered appropriate for studies of a similar nature (Verjans-Janssen et al., 2018). Our intention was to design a study that would overcome the limitations of previous empirical gamification and exergaming research, such as their dominant application to colleges (Dichev & Dicheva, 2017), lack of comparative groups (Hanus & Fox, 2015), or lack of measures' validity (Hamari & Koivisto, 2014). The design used in similar studies was considered (Azevedo et al., 2014; Li & Lwin, 2016; Lwin & Malik, 2012; Nguyen et al., 2016).

The control treatment (traditional didactic intervention) (Figure 27, and see video clip demonstration in Supplementary Material) was designed based on the usual didactic teaching of dance in Spanish PE (Larraz, 2012). Another similar experimental treatment was designed for the control treatment, except for a gamified atmosphere and the presence of an exergame (gamified exergaming intervention) (Figure 28, and see video clip demonstration in Supplementary Material). Each treatment lasted 12 sessions, which fell in line with each school's schedule, or 9 hours, which was applied to each school for 4 weeks in curricular PE classes. The 9 hour-duration was the limit set to equal the same intervention time at the four different schools because, in some schools, classes last 1 hour and 45 minutes in others. The 9 hours correspond to 1 month of intervention, which is based on the way contents are programmed in some Spanish regions (Larraz, 2012).

At the end of each intervention, the same academic performance evaluation test was used to make comparisons. Traditional didactic intervention and gamified exergaming intervention were applied in the same way by the same teacher at all four schools in the different cities; that is, the same teacher taught the entire study sample. In this way, we attempted to reduce the intervention bias of different teachers. The two treatments (control and experimental) were applied to two different courses: Year 6 and Year 7 of primary schools. At each school, both the experimental treatment and the control were applied, and a random decision was made as to what level each intervention was to be applied at. At the end of the 4-week programme, participants were invited to personally fill in the same online questionnaire that they completed before starting treatment using computers or tablets. Data collection took place between September 2017 and July 2018.



Figure. 17. Control group dancing salsa without exergame or gamification



Figure. 18. Experimental group dancing level 1 «Rasputin» with *smartphones* in hand

2.3.2.3.4. Ethics statement

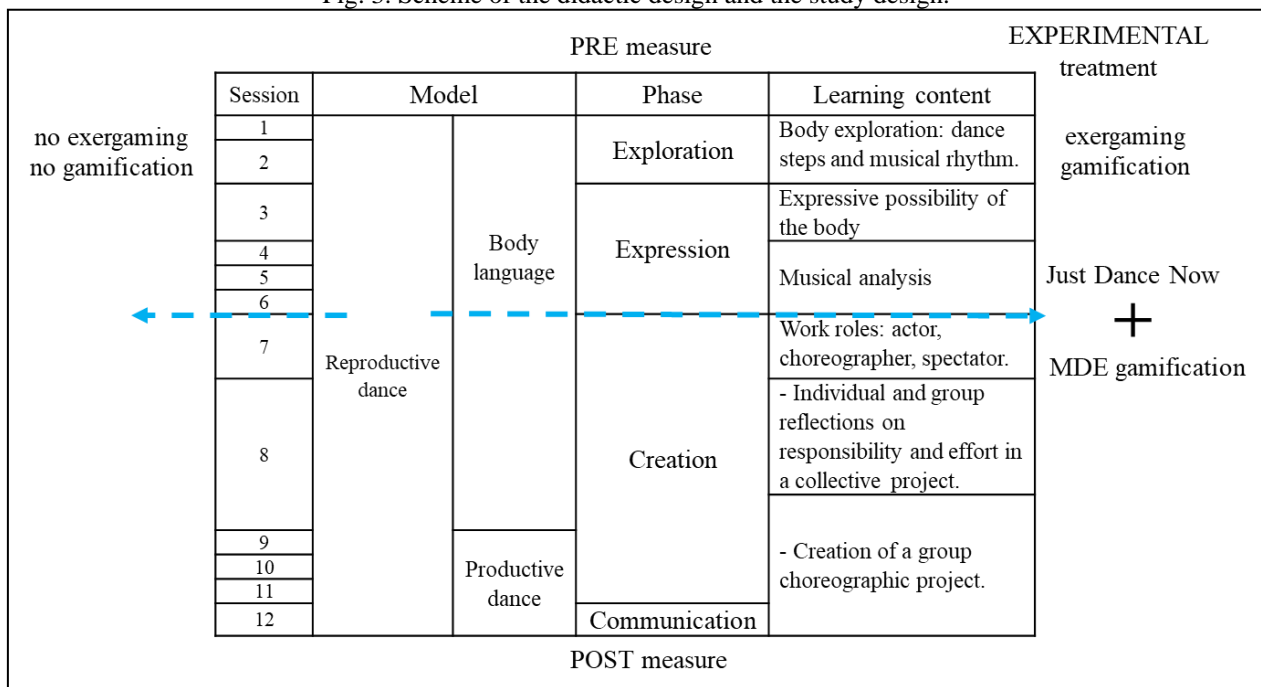
The study received the ethical approval the Ethical Committee of Clinical Research of Aragon (Spain) on May 24. 2017 (statement number: 10/2017). All the schools invited to participate received a detailed written report of the study. In addition, a face-to-face meeting was held with the representatives of each school, who were given the opportunity to ask questions. When a school accepted to collaborate, informational letters and informed non-consent forms were sent to all parents or guardians of eligible students. All the children had access to didactic treatments, but only the participants whose parents or guardians agreed to collaborate in the study were included in the study.

2.3.2.3.5. Didactic design and materials

The educational objective of both treatments was the same: create a group choreographic project. The learning contents in both treatments should also be the same: body exploration, the body's expressive possibility, musical-corporal rhythm, musical analysis, work roles (dancer, choreographer, spectator), teamwork and creating a group choreographic project. The two treatments followed the same learning phases: exploration, expression, creation, communication. The final evaluation was also the same: it consisted of dancing in groups in front of an audience (the

rest of the class) and sharing the invented choreography. However, the didactic method in each treatment, operationalised in a set of learning tasks, was different. The same learning models were also present in both treatments: body language (during the first treatment sessions), creative dance (in the last third of the treatment), and reproductive dance (present in all the treatment classes). One of the differences between treatments lay in reproductive dance. The control group danced different dance styles (traditional dance, hip hop, salsa) by imitating the teacher live. However in the experimental group, the teacher's role was replaced with the *Just Dance Now* exergame, by means of which students learned to dance according to the reproductive model (see Fig. 3). The other main difference in the experimental group was the presence of gamification as a didactic method.

Fig. 3. Scheme of the didactic design and the study design.



The reproductive dance of the control treatment was based on different basic songs. For traditional dance style Canadian dance «Big John» was applied, with the whole class dancing together. For hip hop style, «Cupid Shuffle» song, that is a song by Cupid from studio album «Time for a Change» was applied. Hip hop was taught by «line dance»; that is, the teacher dancing in front and the whole class playing the same steps. Finally, salsa was learned through the song «Mambo Jambo» by Olé Orquesta, initially through the line dance method, and then dancing in pairs with partners.

The gamification system based on Points-Badges-Leaderboards (PBL) has been extensively applied and studied. However, it only matches one player type: «achievers» (Bartle, 2003). Accordingly, the Mechanics-Dynamics-Aesthetics (MDA) framework (Hunicke et al., 2004) was used to achieve an inclusive gamified atmosphere (Shi et al., 2014a) for all student-player types in the experiment. Mechanics refers to the system's set of constituent elements, the relation linking between them, and the way in which a system can routinely function. It is the basis of the designer-teacher of the game being able to directly create and control before playing. With the well-known

game of chess, the mechanics would be the pieces, the movements each one fulfil, the board, action in turns, etc. The employed educational mechanics is shown in **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Dynamics refers to the way in which mechanics effectively works; that is, how the player-student interacts with the mechanics. It is the basis that the designer-teacher of the game intends to produce, which (s)he can only control indirectly (by changing the mechanics) as it depends on external variables; e.g., those that derive from each player. In the chess example, a player can apply a different strategy (set of actions) to another, or can generally apply any action that the mechanics allows. The used educational dynamics are shown in **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Finally, aesthetics refers to both the perceptions produced by the mechanics in the player-student interaction as it is designed (beauty) and the sensations-emotions experienced by students while playing. In the chess example, aesthetics would be both the dichotomy of colour (classically black and white), and, for instance, players' emotion when they manage to transform a pawn into a queen (Quintas, 2019c). The used educational aesthetics is shown in Table 11.

The MDA framework was adapted to the education field. In this design, no negative points of any kind were used. Mechanic elements were designed: a system of positive points, rewards, classifications, levels of difficulty, challenges, achievements, badges, cooperative and competitive teams, virtual avatars, and the possibility of personalising avatars. Self-referential situations with an epic sense (Chou, 2014) of a cooperative group were raised to promote motivation among all the student types, even those who were not competitive. To achieve this, the *ClassDojo* application was used and an *ad hoc* virtual board (see Fig. 6) was designed.

The *Just Dance Now* exergame was used because it is compatible with the facilities of the participating schools and is based on accessible materials, namely screen projector, laptop, smartphone and the Internet. The use of these materials is much more widespread and means that neither students have to buy an expensive video game console to use at home nor schools. One of the main advantages of this format is that there is no limit to the number players who can dance at the same time, although classic game consoles are limited to 1 to 4 players. Its use is justified by its huge commercial success worldwide and its extensive use for youths' leisure (Allsop et al., 2013), and because it has been scientifically studied (Andrade et al., 2019a; Gao et al., 2016; Li & Lwin, 2016; Lin, 2015; Nyberg & Meckbach, 2017; Thin et al., 2013). Playing with a smartphone is a strategy to acquire a good psychological attitude as young people are used in it (Beltran-Carrillo et al., 2015). The experimental treatment design allowed all the students to dance several times during all the sessions.

The *Just Dance Now* exergame (Ubisoft Milan, 2014) is a web platform that was used in the experimental group. It is based on the classic game of *Just Dance* for video game consoles released in 2009. It was necessary to pay only one premium licence for 1 year (€24.99). Students could dance in groups in front of a large projected screen while holding a Samsung J3 smartphone in their right hand (see Fig. 2). Smartphones performed the function of collecting each student's points while dancing as they include an accelerometer that detects movement. The smartphone screen showed the current score during the dance, and vibrated when students rose to a higher level

(«yellow star”), or when their position improved compared to others. At the same time, the screen displayed the avatar or avatars that had to be imitated, the merits achieved by specific players, who went first, the movements that came next (a way to anticipate) and synchronously the song lyrics. Twelve smartphones were obtained for this research, and the teacher always took the same smartphones to class. Students were already used to employing this device on a daily basis. The control group learnt to dance without the exergame by imitating the teacher instead of the screen avatar, and without gamification support resources (instant feedbacks, rankings, etc.) (see Fig. 1).

In order to gamify learning contents, 10 exergame dances were previously selected from 300 dances. Each song was very different, with songs from several cultures and eras, individual dances or dance crews (pairs, trios or quartets), where students could interact in real life. The selection criteria were motor difficulty, the dance’s cultural variety, and adjusting values to Primary Education: Level 1 «Rasputin»; Level 2 «Crazy Christmas»; Level 3 «Boogie Wonderland»; Level 4 «Aquarius»; Level 5 «Let’s groove»; Level 6 «#thatPOWER»; Level 7 «Hungarian Dance no. 5»; Level 8 «I will survive»; Level 9 a dance chosen by the group of students; Level 10 «Jambo Mambo». All the dances are available on the official exergame website (<https://justdancenow.com/>).

To make the intervention sessions gamified, the *ClassDojo* virtual platform was used. Six badges were associated with six types of points that were usually given by the teacher to students in class: creativity, good behaviour, paying attention, helping the team, motor self-improvement, group improvement, and motor perfection (called «5 stars»). Twelve badges were also designed for: the three best dancers at each level, the three best dancers every week, the three students who had improved the most, and the three groups with the most points in general (see Fig. 4). Each student’s points accumulated in the ClassDojo application and could be consulted by students at any time, even at home. With those points, students could personalise their own avatars and obtain a higher score in the subject (see Fig. 5).

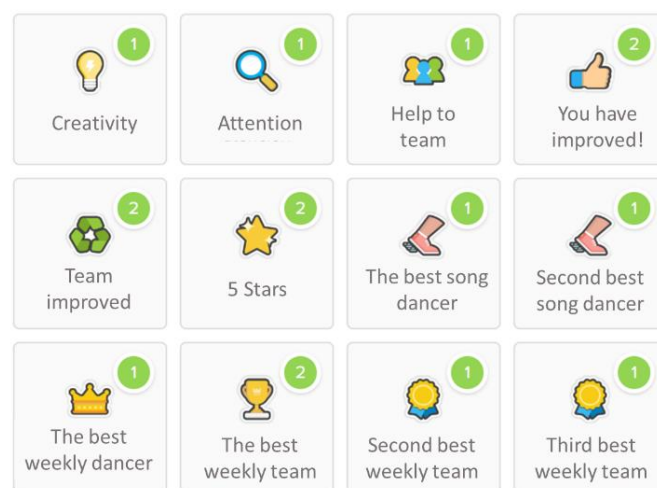


Figure 19. Screenshot of the individual and comparative badges received by students through ClassDojo



Figura 20. Screenshot of each students' personalised avatars with the total points in the ClassDojo application

Finally, a virtual gamifier board was designed *ad hoc* using *Microsoft Excel* (see Figure 21). Students had to enter the score of each dance indicated by the exergame into the gamifier board via a laptop that was accessible in class (see Figure 22). The board indicated students' average results for each dance, and the totals obtained from the beginning both individually and as a group.

		Dance points (1st)	Got dance stars	Dance points (2nd)	Improvement achievement (2nd -1st)	Individual average
CLASE 6ªA		NIVEL 1 Canción "Rasputin"			NIVEL 2 "Crazy Christmas"	
GRUPO AZUL	ALUMNO 1					
	ALUMNO 2					
	ALUMNO 3					
	ALUMNO 4					
	ALUMNO 5					
	TOTAL:					

Average team
Group improvement

Figure 21. Gamifier board (only with the blue team)



Figure 22. Example of a student inputting his dance points into the gamifier board

2.3.2.3.6. Measures

2.3.2.3.6.1. Motivation

Students completed the Perceived Locus of Causality Scale (Goudas et al., 1994), which has been validated and adapted to the Spanish population (Moreno-Murcia et al., 2009), and comprises 20 items (see Supplementary Material). Items were measured on a 5-point Likert scale, which ranged from 1 (completely disagree) to 5 (completely agree; Cronbach's α was applied to our sample=.83). This scale is the most widely used one in the Spanish context to measure motivation from the SDT (Franco & Coteron, 2017), and it measures intrinsic motivation (α =.83), identified regulation (α =.81), introjected regulation (α =.71), external regulation (α =.74) and amotivation (α =.81) (see Table 19). Extrinsic motivation (α =.78) was the result of adding the scores of identified regulation, introjected regulation and external regulation (Ryan & Deci, 2017).

2.3.2.3.6.2. Dispositional Flow

The participants completed the Dispositional Flow Scale-2 (Jackson & Eklund, 2002), which has validated and adapted to both the Spanish population and the PE context (González-Cutre et al., 2009), which contains 36 items (see Supplementary Material). Four items were for all the nine flow dimensions (Csíkszentmihályi, 1990). Items were measured on a 5-point Likert scale from 1 (completely disagree) to 5 (completely agree; Cronbach's α =.95). This scale has been widely applied to study various physical activities, education and digital gaming (Hamari & Koivisto, 2014). This scale measures the next dimensions: a balance between the challenge of a task and the individual's skills, merging action and awareness, clearly perceived goals, unambiguous feedback, focusing on the task at hand, sense of controlling the activity, loss of self-consciousness or less awareness of self, time transformation and autotelic intrinsically rewarding experience (see Table 19).

2.3.2.3.6.3. Basic psychological needs

The participants filled in the Basic Psychological Needs in Exercise Scale (Vlachopoulos & Michailidou, 2006), which contains 12 items, 4 items for each dimension (Autonomy, Competence and Social Relatedness) (see Table 19). This scale has been validated and adapted to the Spanish population and PE (Moreno, González-Cutre, Chillón, & Parra, 2008) (see Supplementary Material). Items were measured on a 5-point Likert scale ranging from 1 (completely disagree) to 5 (completely agree; Cronbach's α =.90).

2.3.2.3.6.4. Rhythmic motor skill

All the students in both treatments had to do a final exam that consisted in creating and representing group choreography in groups of 5-7 people. All performances were filmed. Subsequently, each student's rhythmic motor skill was analysed by the same teacher who taught in both interventions of all the schools. The teacher used the following didactic evaluation scale ranging from 1 to 5: 1 the student sometimes performed the entire choreography arrhythmically; 2

the student performed the choreography rhythmically; 3 the student performed the choreography rhythmically and arrhythmically in the same way; 4 the student sometimes performed the choreography arrhythmically; 5 the student performed the entire choreography rhythmically (see Table 19).

2.3.2.3.6.5. Commitment to and behaviour towards learning

The teacher who taught in both interventions at all the schools evaluated each student's behaviour throughout the treatment using the following didactic evaluation scale ranging from 1 to 5: 1 the student was not committed to learn new dance skills or did not strive to continuously progress; 2 the student was not normally committed to learn new dance skills or only sometimes strived to continuously progress; 3 the student displayed sufficient commitment to learn new dance skills and strived to continuously progress enough; 4 the student was normally committed to learn new dance skills or usually strived to continuously progress; 5 the student was fully committed to learn new dance skills or strived to continuously progress (see Table 19).

Table 19. Descriptive data on the variables of interest.

	Control Treatment		Experimental Treatment	
	Baseline	Follow-up	Baseline	Follow-up
Intrinsic motivation	17.68 ± 2.94 (123)	16.83 ± 3.36 (123)	16.54 ± 3.46 (191)	16.30 ± 3.05 (191)
Extrinsic motivation	41.83 ± 8.75 (124)	40.82 ± 7.83 (124)	41.27 ± 7.76 (191)	39.9 ± 6.99 (191)
Identified regulation	17.27 ± 3.37 (124)	16.59 ± 3.37 (124)	16.80 ± 3.20 (191)	16.28 ± 2.81 (191)
Introjected regulation	13.06 ± 4.2 (127)	12.53 ± 4.36 (127)	12.73 ± 3.67 (193)	12.68 ± 3.68 (193)
External regulation	13.23 ± 4.12 (128)	11.48 ± 4.58 (128)	11.73 ± 4.09 (192)	10.99 ± 4.04 (192)
Amotivation	8.09 ± 4.269 (128)	9.05 ± 4.99 (128)	8.27 ± 4.38 (192)	8.71 ± 4.38 (192)
Basic psychological needs	49.7 ± 6.59 (127)	47.73 ± 9.06 (127)	47.18 ± 8.09 (190)	47.54 ± 7.35 (190)
Perceived autonomy	15.31 ± 2,97 (126)	14.88 ± 3.59 (126)	14.53 ± 3.48 (190)	14.87 ± 2.89 (190)
Perceived competence	16.56 ± 2.66 (128)	16.02 ± 5.58 (128)	15.68 ± 3.27 (192)	15.82 ± 2.94 (192)
Perceived relatedness	17.80 ± 2.49 (128)	16.74 ± 3.12 (128)	16.86 ± 2.91 (190)	16.76 ± 2.66 (190)
Dispositional Flow	138.75 ± 22.82 (175)	136.66 ± 25.02 (175)	138.64 ± 21.16 (216)	138.91 ± 20.54 (216)
Challenge-task balance	14.96 ± 3.16 (173)	14.95 ± 3.14 (173)	16.86 ± 3.12 (216)	15.16 ± 2.88 (216)
Merging action and awareness	13.74 ± 3.51 (170)	13.99 ± 3.42 (170)	14.13 ± 3.24 (213)	13.92 ± 3.16 (213)
Clearly perceived goals	16.27 ± 3.05 (175)	15.58 ± 3.40 (175)	16.16 ± 2.84 (215)	15.95 ± 2.93 (215)
Unambiguous feedback	15.78 ± 2.8 (172)	15.47 ± 3.32 (172)	15.58 ± 2.98 (215)	15.57 ± 2.86 (215)
Focusing on the task at hand	15.59 ± 3.17 (170)	15.62 ± 3.13 (170)	15.81 ± 3.17 (216)	15.59 ± 2.82 (216)
A sense of controlling the activity	15.60 ± 3.27 (176)	15.54 ± 3.53 (176)	15.47 ± 3.00 (215)	15.65 ± 3.01 (215)
Loss of self-consciousness	14.45 ± 3.80 (176)	14.78 ± 3.94 (176)	14.82 ± 3.88 (213)	15.69 ± 2.80 (213)
Time transformation	16.37 ± 3.28 (176)	15.5 ± 3.8 (176)	15.87 ± 3.50 (216)	16.6 ± 2.88 (216)
Autotelic experience	16.92 ± 2.8 (171)	16.15 ± 3.47 (171)	16.28 ± 3.23 (211)	16.65 ± 2.84 (211)
Rhythmic motor skill	-	3.78 ± 1.30 (185)	-	4.28 ± 1.07 (225)
Commitment to and behaviour towards	-	3.78 ± 1.3 (185)	-	4.54 ± 0.66 (225)

2.3.2.3.7. Statistical analyses

The baseline differences between groups were compared by using an independent *t*-test for the normally distributed variables and the Mann-Whitney U test for the abnormally distributed variables. The analysis threshold for these initial analyses was set at ≤ 0.05 . To test the research hypotheses, the two study groups were compared using factorial ANOVAs 2 (time; pre-treatment condition *vs.* post-treatment condition) x 2 (treatment; traditional didactic intervention *vs.* gamified exergaming intervention) (Andrade et al., 2019a; Azevedo et al., 2014; Lau et al., 2016; Vickers & Altman, 2001). As we previously stated, the analysis threshold for these analyses was set at ≤ 0.0125 with Bonferroni adjustment to ensure validity (Bland & Altman, 1995). Moreover, one-way ANOVAs were applied to clarify the obtained effects and the interpretative process. Given the complementary nature of these analyses, the analysis threshold for these one-way ANOVAs analyses was set at ≤ 0.05 . For both the academic performance variables, only the POST measure was collected. So a *t*-test was performed. In these analyses, the analysis threshold was set at ≤ 0.05 . The size effect was calculated by eta partial eta-squared (η_p^2). All the statistical analyses were performed using SPSS (version 22.0, <https://www.ibm.com/es-es/analytics/spss-statistics-software>).

2.3.2.4. Results

2.3.2.4.1. Sample equivalence

An independent *t*-test revealed significant differences between groups at the baseline in terms of: intrinsic motivation ($t(312)=3.03$, $p=.003$, $\eta_p^2=.029$, 95%CI [.04 to 1.89]), basic psychological needs ($t(189)=3.13$, $p=.002$, $\eta_p^2=.026$, 95%IC[0.82 to 4.2]), perceived autonomy ($t(314)=2.06$, $p=.04$, $\eta_p^2=.013$, 95%CI [.03 to 1.52]), perceived competence ($t(300)=2.76$, $p=.006$, $\eta_p^2=.022$, 95%CI [.232 to 1.58]) and perceived relatedness ($t(299)=2.38$, $p=.018$, $\eta_p^2=.027$, 95%CI [.315 to 1.55]). As factorial ANOVAs 2x2 (Time x Treatment) was applied, the initial differences in these five variables were considered. A chi-square analysis found no differences in the distribution by gender ($p=.893$). Moreover, the independent samples *t*-test revealed no significant differences in attendance ($p=.287$).

2.3.2.4.2. Hypothesis testing

H₁ predicted that, with time, the gamified exergaming education intervention would produce less intrinsic motivation than the non-gamified and non-exergaming intervention. No interaction effect (Time x Treatment) was found; that is, the gamified exergaming intervention was neither better nor worse as regards students' intrinsic motivation compared to the non-gamified and non-exergaming intervention. But, a treatment effect was noted on intrinsic motivation ($F(1)=9.74$, $p=.002$, $\eta_p^2=.03$, 98.75% CI [-1.5 to -.16]). Also, a time effect was found on intrinsic motivation that did not survive the threshold at $p\leq 0.0125$ ($F(1)=4.40$, $p=.037$, $\eta_p^2=.014$, 98.75% CI [-1.19 to .1]). Performing a more

specific analysis in each group using a one-way ANOVA (Post-Pre) showed that the control group displayed less intrinsic motivation with time ($F(1)=4.22$, $p=.042$, $\eta_p^2=.033$, 95% CI [-1.67 to -.31]). However, the experimental group did not significantly display greater or lesser intrinsic motivation with time ($F(1)=.54$, $p=.461$, $\eta_p^2=.003$, 95% CI [-.86 to .39]). Thus H_1 was not supported.

H_2 predicted that with time, the gamified exergaming intervention would produce more external regulation in students than the non-gamified and non-exergaming intervention. An interaction effect was found on external regulation that did not survive the threshold at $p \leq .0125$, but a tendency towards significance was noted ($F(1)=4.03$, $p=.046$, $\eta_p^2=.013$). Performing a more specific analysis in each group using one-way ANOVA (Post-Pre) found that external regulation significantly decreased in the experimental group with time ($F(1)=6.21$, $p=.014$, $\eta_p^2=.032$, 95% CI [-1.32 to -.154]), and it increased in the control group, but not significantly ($F(1)=.375$, $p=.541$, $\eta_p^2=.003$, 95% CI [-.557 to 1.05]). H_2 was not supported.

H_3 predicted that, with time, the gamified exergaming intervention would decrease student amotivation than the non-gamified and non-exergaming intervention. No interaction effect was found; that is, the gamified exergaming intervention was neither better nor worse as regards students' amotivation compared to the non-gamified and non-exergaming intervention. A time effect was found on amotivation ($F(1)=9.34$, $p=.002$, $\eta_p^2=.029$, 98.75% CI [.125 to 1.27]). Specifically, the control group ($F(1)=8.32$, $p=.004$, $\eta_p^2=.025$, 95% CI [.17 to 1.75]) and the experimental group ($F(1)=2.76$, $p=.014$, $\eta_p^2=.014$, 95% CI [.08 to .95]) displayed increased amotivation with time. Thus H_3 was not supported.

H_4 predicted that, with time, the gamified exergaming intervention would improve dispositional flow in students more than the non-gamified and non-exergaming intervention. No interaction effect was found; that is, the gamified exergaming intervention was neither better nor worse as regards students' dispositional flow compared to the non-gamified and non-exergaming intervention. Thus H_4 was not supported. However, an interaction effect on time transformation was observed ($F(1)=21.96$, $p=.000$, $\eta_p^2=.053$) (see Fig. 8). Specifically, the time transformation of the control group significantly reduced with time ($F(1)=8.28$, $p=.005$, $\eta_p^2=.046$, 95% CI [-1.41 to -.32]), while it significantly increased in the experimental group ($F(1)=12.02$, $p=.001$, $\eta_p^2=.053$, 95% CI [.316 to 1.14]). On the other hand, an interaction effect on autotelic experience was found ($F(1)=12.83$, $p=.000$, $\eta_p^2=.033$), and a time effect on autotelic experience was observed that did not survive the threshold at $p \leq .0125$ ($F(1)=4.37$, $p=.037$, $\eta_p^2=.011$, 98.75% CI [-.60 to .19]). Specifically, the control group's autotelic experience significantly reduced with time ($F(1)=9.16$, $p=.003$, $\eta_p^2=.051$, 95% CI [-1.27 to -.27]), but it did not significantly increase in the experimental group ($F(1)=3.42$, $p=.066$, $\eta_p^2=.016$, 95% CI [-.02 to .75]). Further, a time effect on the loss of self-consciousness was noted ($F(1)=7.89$, $p=.005$, $\eta_p^2=.02$, 98.75% CI [.05 to 1.14]), and a treatment effect on loss of self-consciousness was observed, but it did not survive the threshold at $p \leq .0125$ ($F(1)=4.57$, $p=.033$, $\eta_p^2=.012$, 98.75% CI [-.11 to 1.39]). A time effect on clearly perceived goals was also found ($F(1)=7.5$, $p=.006$, $\eta_p^2=.019$, 98.75% CI [-.85 to -.03]).

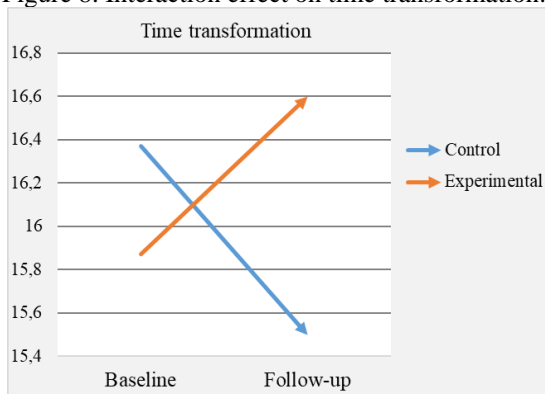
H_5 predicted that with time, the gamified exergaming intervention would improve the BPN in students than the non-gamified and non-exergaming intervention. An interaction effect was

observed on BPN ($F(1)=7.35$, $p=.007$, $\eta_p^2=.023$) (see Fig. 9). Specifically, in the control group BPN measure significantly decreased with time ($F(1)=7.95$, $p=.003$, $\eta_p^2=.059$, 95% CI [-3.35 to -.587]), however the experimental group did not significantly display a greater or lesser BPN measure with time ($F(1)=.467$, $p=.495$, $\eta_p^2=.002$, 95% CI [-6.76 to 1.39]). An interaction effect ($F(1)=7.99$, $p=.005$, $\eta_p^2=.025$) and a time effect ($F(1)=11.7$, $p=.001$, $\eta_p^2=.036$) on perceived relatedness took place. Thus H_5 was supported.

H_6 predicted that the rhythmic motor skill in students would be better in the gamified exergaming intervention than it would in the the non-gamified and non-exergaming intervention. A significant difference appeared in rhythmic motor skill academic performance between the groups ($t(406)=-7.21$, $p=.000$, $\eta_p^2=.032$, 95% CI [-.57 to -.17]). Rhythmic motor skill academic performance was better in the gamified exergaming intervention than in the non-gamified and non-exergaming intervention. Thus H_6 was supported.

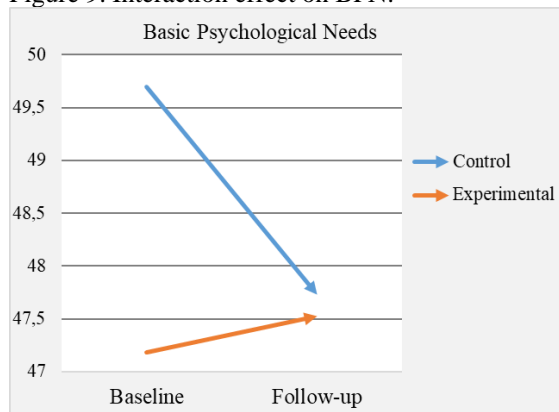
H_7 predicted that commitment to and behaviour towards learning in students would be better in the gamified exergaming intervention than in the non-gamified and non-exergaming intervention. A significant difference between groups was found in commitment to and behaviour towards learning ($t(407)=-4,2$, $p=.000$, $\eta_p^2=.042$, 95% CI [-.72 to -.26]). Commitment to and behaviour towards learning was better in the gamified exergaming intervention than in the non-gamified and non-exergaming intervention. Thus, H_7 was supported.

Figure 8. Interaction effect on time transformation.



X-axis represents mean score on time transformation.

Figure 9. Interaction effect on BPN.



X-axis represents mean score on Basic Psychological Needs.

2.3.2.5. Discussion

The results confirmed that a gamified exergaming educational intervention, compared to another almost identical intervention (but with neither gamification nor the exergame), can have some positive psychological effects on variables like intrinsic motivation, external regulation, BPN, some dispositional flow dimensions and academic performance.

The association between gamification and motivation has often been of a theoretical rather than an empirical kind (Dichev & Dicheva, 2017). The results of the present study

suggest improvement to the motivational aspect towards PE, and intrinsic motivation and external regulation were better in the gamified group. However, Hanus y Fox (2015) found reduced intrinsic motivation, which they attributed to the existence of badges, leaderboards and competition mechanics. Besides, Lavoue et al. (2019) found reduced intrinsic motivation due to a low level of acceptance of «non-serious» elements in a serious environment, perceived as disturbance by intrinsically motivated learners. This could be due to them using only the BPL system, and no *Mechanics-Dynamics-Aesthetics* framework. As the control group displayed reduced intrinsic motivation with time, and as it did not significantly decrease in the experimental group, it was considered to be a relatively positive result. This may suggest that it is possible to build a gamified environment where points, badges or leaderboard are not interpreted as controllers by students, which was one of the dangers to be considered (Deci et al., 2001; Mekler et al., 2017). It has been argued that, in a non-controlling setting, the well-thought out implementation of gamification could improve intrinsic motivation by satisfying users' BPN (Peng et al., 2012). However in our study, on the whole all the BPN improved more in the experimental group than in the control group, which allowed us to suggest a slight improvement in intrinsic motivation. This could be explained by the support of appropriate learning contexts where the badges given by teachers make sense (Boticki et al., 2015), by the improvement that unexpected rewards are able to produce (Deci et al., 2001; Lepper, Greene, & Nisbett, 1973), or by the presence of an exergame. Exergames can improve motivation thanks to very visual avatars (Li & Lwin, 2016), situational interest as a resource (Sun, 2013) motivation, enactive experience (Li & Lwin, 2016), or psychological well-being (Azevedo et al., 2014). Regarding amotivation our results do not allow us to state that gamified exergaming educational intervention reduced amotivation in relation to non-gamified and non-exergaming intervention, as found by Lavoue et al. (2019). But, may have only prevented increased amotivation. More specific studies are necessary about the effect of gamification and exergames on amotivation to provide more data and results to the exergame and gamification research.

It is necessary to think more didactically in dynamic and aesthetic spheres (Hunicke et al., 2004; Shi et al., 2014a) in class, and not only about gamification mechanics (the PBL system). In our study, the dynamics was based on the motivational tips of the SDT, and aesthetics was based on both the *Just Dance Now* exergame and the *ClassDojo* application. Other studies have coincided in finding increased motivation through gamification (Barrio et al., 2016; Behzadnia, Adachi, Deci, & Mohammadzadeh, 2018; Bonde et al., 2014; Su & Cheng, 2013), but are difficult to compare given their research design or educational context.

Although better positive results were expected in Dispositional Flow, they were only partially found. Perhaps because they were found in those flow dimensions caused at the same time in both gamification and the exergame because they belong to the fields most closely associated with flow: games and exercise (Hamari & Koivisto, 2014). In

exergames, flow can be facilitated by immediate feedback and social interaction (Lee et al., 2017b). However, as no differences were found on the «clear feedback» dimension, but in both «autotelic experience» and «time transformation», we consider that flow in this intervention was achieved by the *Just Dance Now* exergame and from the aesthetic part of the design (absorption, pleasure, fun and identity). These results coincide with Bronner et al. (2015), who found a positive correlation between flow and engagement and a high level of performance in a physical task. Lin (2015) reported similar psychological effects between dance videos and the *Just Dance* exergame, in which feedback and controllers intervened. The autotelic experience acquired with the experimental treatment was the most important flow factor, which implies that students have lived a comforting, fun and intrinsically rewarding experience (Nakamura & Csíkszentmihályi, 2002).

The gamified exergaming intervention improved BPN. This is consistent with theoretical works about the power of gamification to address experiences of competence (Peng et al., 2012). Similarly, these results coincide with those of Sailer et al. (2017), who found that participants in a game treatment that used badges, leaderboards and performance graphs experienced higher levels of BPN than the participants under a control condition. No specific effect has been found in competence need, contrary to Pope et al. (2015), who found an improvement in situational confidence (i.e. self-efficacy) in a study with the *Dance Dance Revolution* exergame. Other studies found positive effects on the perception of competence, but only in obese children (Andrade et al., 2019b). Mekler et al. (2017) obtained negatively perceived competence results, perhaps as a result of the task's nature, or because meaningful feedback or perceived challenge was lacking. Sailer et al. (2017) found improved perceived relatedness thanks to the presence of avatars and teammates, which can partially explain the effects of our gamified exergaming intervention on social relatedness, in addition to certain elements, like group badges and points for helping the team. This result could show that it is possible to apply educative gamification without improving only the competition relation, but also the cooperation relation.

Academic performance improved in the rhythmic motor skill, which coincides with that found by Hanus y Fox (2015), who did not report any reduced effort made by the gamified group. Our effect could be associated with the fact that students tended to spend more time per exercise in a gamified context ((Bonde et al., 2014). Likewise, a recent systematic review showed that an association could appear between physical performance (energy expenditure) and positive psychological effects of playing exergames (Lee et al., 2017b). Hsieh y Chen (2019) suggested paying more attention to, and more concentration being shown with, the exergame during learning tasks. Benzing, Heinks, Eggenberger, y Schmidt (2016) established that performing physical activity with greater cognitive requirement through exergame could lead to better academic performance.

Commitment to and behaviour towards learning also improved. These findings could be associated with the engagement that using an exergame with a gamification system

produces (Çakıroğlu et al., 2017; Chang & Wei, 2015; Oh & Yang, 2010; Peng, Lin, & Crouse, 2011). This can be explained by the improvements obtained in intrinsic motivation, BPN or some flow dimensions due to academic performance in exergames being related to psychological experiences (Limperos y Schmierbach (2016). It might well be explained by the improvement in relatedness (Di Tore & Gaetano, 2012). This growth in academic performance could also be explained by the possible increased vigour produced by exergaming in PE (Andrade et al., 2019a). However, greater commitment due to the novelty and fascination of the gamifier design with exergame instead of to the design itself cannot be ruled out (Di Tore & Gaetano, 2012).

2.3.2.6. Practical implications and highlights

This study adopted the Self-Determination Theory (Ryan & Deci, 2017) and the Flow Theory (Csíkszentmihályi, 1990) to develop the hypotheses associated with the psychological variables. The data analysis shows that the findings are compatible with both theories. Therefore, the research field of these psychological theories has been extended. Several assumptions exist that underlie the usefulness of gamification in the education context, such as gamification being motivating. However, the research works found in the literature are inconclusive about this assumption (Dichev & Dicheva, 2017). In the present study, no interaction effects were found in intrinsic motivation, external regulation and amotivation, but specific improvements in the gamified exergaming group are discussed. A practical implication of what was found herein is the adequacy of using the MDA gamification architecture, instead of the PBL, to neither reduce intrinsic motivation and not to increase external regulation. The PBL architecture can be useful for short-term motivation based on external reinforcement and comparative criteria (points, badges, leaderboards). As the *Just Dance Now* exergame *per se* seems to be based only on the PBL architecture, it is necessary to think of a broader teaching design that can be achieved by the MDE architecture.

Exergame providers can consider other gamification elements beyond the PBL architecture to design exergames. It is necessary to think more didactically in dynamic and aesthetic spheres. To achieve this herein, other resources, such as *ClassDojo* or *Microsoft Excel*, had to be used. However, a single system or resource would be easier for teachers to manage and make it clearer for students to understand the educational design. Soit is advisable to create exergames that incorporate possibilities to gamify in different ways through MDE.

For school teachers, it is advisable to use the *Just Dance Now* exergame (and the like) in a contextualised manner in designs based on psychological advances. Exergame's main logistical advantage is that it provides considerable immediate feedback to students, and the teacher can adopt other functions or can tutor more students. The psychological advantage of exergame *versus* flow is its effect on the autotelic experience, which implies

students living a comforting, fun and intrinsically rewarding autotelic experience (Nakamura & Csíkszentmihályi, 2002).

The effects on academic performance found in this study are very positive, which means that gamification and exergames are didactic possibilities that teachers must take into account, not only to psychologically benefit students, but to improve academic performance in motor tasks and attitude towards learning. The development of exergames aimed at learning motor skills, developed with reference to a scientific tradition, continues to be a challenge for exergames designers (Di Tore & Gaetano, 2012). An effort is required to adapt commercial exergames for an educational purpose - and not just playful or commercial - as was the case in this study.

2.3.2.7. Research limitations and future research directions

One limitation of this study is its didactic-scientific design as there was no single differentiating factor between the experimental and the control groups because the experimental group engaged in both a gamified AND (at the same time) exergaming intervention. Future research could propose studies that specifically analyse the effects of these two factors separately.

Although this study sample may suffice given the research design, future research could perhaps extend the sample by allowing significant results to be obtained in those variables for which we found none. Sample size (n=417) can be considered adequate according to similar studies (Azevedo et al., 2014; Li & Lwin, 2016; Nguyen et al., 2016). Another limitation of this study is its lack of qualitative data, which could shed more light on students' experiences. Future studies could also take into account qualitative data collection techniques by following similar studies (Robertson et al., 2016).

Given the traditional way of programming school contents, 1-month interventions (9 h) were held, but longitudinal studies are necessary to know the long-term psychological effects.

This age group is thought critical given its impact on psychological and behavioural risk factors, especially for girls' physical activity (Harrington et al., 2018). Besides, the video games phenomenon is associated with males (Díez-Gutiérrez et al., 2004) and dance with females (Azevedo et al., 2014). Therefore, it is necessary to know the effects of such interventions according to gender as a future research line.

Future studies may include different gamification elements, another exergame, or distinct PE contents to be applied and compared. Other psychological variables can be studied based on the design of this study, such as satisfaction, boredom, physical self-concept or frustration.

2.3.2.8. Conclusion

As far as we are aware, this study is the first to use a natural experimental method with a control and experimental interventions applied by the same teacher to examine the psychological effects of a gamified exergaming educational intervention on children. It sought to cover the need of conducting a scientific study in schools, with group comparisons of groups and reliable measures, as the scientific literature requests. This study is an example of combining rigour in the didactic design of treatments and the rigour of a quasiexperimental scientific methodology. It also falls in line with a few empirical studies based on natural experiments in educational gamification and exergaming which obtained significant results by measuring the effectiveness of an intervention in a *real world* setting.

Our findings may mean that this study is one of the few that provides positive evidence for educational gamification. The *Mechanics-Dynamics-Aesthetics* gamification model and the *Just Dance Now* exergame are resources capable of producing positive psychological effects on school-based PE.

2.3.2.9. References

- Allsop, S., Rumbold, P. L. S., Debusse, D., & Dodd-Reynolds, C. (2013). Real Life Active Gaming Practices of 7-11-Year-Old Children. *Games For Health Journal*, 2(6), 347-353. doi: 10.1089/g4h.2013.0050
- Andrade, A., Correia, C. K., Cruz, W. M. D., & Bevilacqua, G. G. (2019). Acute Effect of Exergames on Children's Mood States During Physical Education Classes. *Games For Health Journal*, 8(4), 250-256. doi: 10.1089/g4h.2018.0083
- Andrade, A., Correia, C. K., & Reis, D. (2019). The Psychological Effects of Exergames for Children and Adolescents with Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(11), 724-735. doi: 10.1089/cyber.2019.0341
- Azevedo, L. B., Burges Watson, D., Haighton, C., & Adams, J. (2014). The effect of dance mat exergaming systems on physical activity and health - Related outcomes in secondary schools: Results from a natural experiment. *BMC Public Health*, 14(1). doi: 10.1186/1471-2458-14-951
- Barrio, C. M., Muñoz-Organero, M., & Soriano, J. S. (2016). Can Gamification Improve the Benefits of Student Response Systems in Learning? An Experimental Study. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 4(3), 429-438. doi: 10.1109/tetc.2015.2497459
- Bartle, R. (2003). *Designing virtual worlds*. Berkeley, CA: New Riders.
- Behzadnia, B., Adachi, P. J. C., Deci, E. L., & Mohammadzadeh, H. (2018). Associations between students' perceptions of physical education teachers' interpersonal styles and students' wellness, knowledge, performance, and intentions to persist at physical activity: A self-determination theory approach. *Psychology of Sport and Exercise*, 39, 10-19. doi: 10.1016/j.psychsport.2018.07.003
- Beltran-Carrillo, V. J., Beltran-Carrillo, J. I., Gonzalez-Cutre, D., Biddle, S. J. H., & Montero-Carretero, C. (2015). Are Active Video Games Associated With Less Screen Media or Conventional Physical Activity? *Games and Culture*, 11(6), 608-624. doi: 10.1177/1555412015574941
- Benzing, V., Heinks, T., Eggenberger, N., & Schmidt, M. (2016). Acute Cognitively Engaging Exergame-Based Physical Activity Enhances Executive Functions in

- Adolescents. *PLoS ONE*, *11*(12), e0167501-e0167501. doi: 10.1371/journal.pone.0167501
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1995). Multiple significance tests: the Bonferroni method. *British Medical Journal*, *310*, 170.
- Bonde, M. T., Makransky, G., Wandall, J., Larsen, M. V., Morsing, M., Jarmer, H., & Sommer, M. O. A. (2014). Improving biotech education through gamified laboratory simulations. *Nature Biotechnology*, *32*, 694. doi: 10.1038/nbt.2955
- Borges, S., Durelli, V., Reis, H., & Isotani, S. (2014). *A Systematic Mapping on Gamification Applied to Education*. Paper presented at the 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing, Nueva York.
- Boticki, I., Baksa, J., Seow, P., & Looi, C.-K. (2015). Usage of a mobile social learning platform with virtual badges in a primary school. *Computers & Education*, *86*, 120-136. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.02.015>
- Bronner, S., Pinsker, R., & Adam Noah, J. (2015). Physiological and psychophysiological responses in experienced players while playing different dance exer-games. *Computers in Human Behavior*, *51*, 34-41. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.04.047>
- Budde, H., Voelcker-Rehage, C., Pietrabyk-Kendziorra, S., Ribeiro, P., & Tidow, G. (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neurosci Lett*, *441*(2), 219-223. doi: 10.1016/j.neulet.2008.06.024
- Çakıroğlu, Ü., Başibüyük, B., Güler, M., Atabay, M., & Memiş, B. Y. (2017). Gamifying an ICT course: Influences on engagement and academic performance. *Computers in Human Behavior*, *69*, 98-107. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.018>
- Castañer, M., & Camerino, O. (2006). *Manifestaciones básicas de la motricidad*. Lleida: Edicions de la Universitat de Lleida.
- Castañer, M., Camerino, O., Landry, P., & Pares, N. (2016). Quality of physical activity of children in exergames: Sequential body movement analysis and its implications for interaction design. *International Journal of Human-Computer Studies*, *96*, 67-78. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhcs.2016.07.007>
- Csikszentmihályi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Nueva York: Harper & Row.
- Chang, J. W., & Wei, H. Y. (2015). Exploring Engaging Gamification Mechanics in Massive Online Open Courses. *Educational Technology & Society*, *19*(2), 177-203. doi: <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.19.2.177>
- Chen, F. X., King, A. C., & Heckler, E. B. (2014). "Healthifying" exergames: improving health outcomes through intentional priming. Paper presented at the 32nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI'14, Toronto, Canada.
- Chou, Y. (2014). *Actionable gamification. Beyond points, badges and leaderboards*. USA: Octalysis Media.
- Deci, E. L., Koestner, R., & Ryan, R. M. (2001). Extrinsic Rewards and Intrinsic Motivation in Education: Reconsidered Once Again. *Review of Educational Research*, *71*(1), 1-27. doi: 10.3102/00346543071001001
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: human needs and the self-determination of behaviour. *Psychological inquiry*, *11*, 227-268.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). *From game design elements to gamefulness: defining "gamification"*. Paper presented at the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments New York.

- Di Tore, P. A., & Gaetano, R. (2012). Exergame-design and Motor Activities Teaching: An Overview of Scientific Paradigms on Motor Control. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 3(11), 119–122.
- Dichev, C., & Dicheva, D. (2017). Gamifying education: what is known, what is believed and what remains uncertain: a critical review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(1). doi: 10.1186/S41239-017-0042-5
- Dicheva, D., Dichev, C., Agre, G., & Angelova, G. (2015). Gamification in Education: A systematic mapping study. *Educational Tecnology & Society*, 18(3), 75-88.
- Díez-Gutiérrez, E. J., Terrón, E., García-Gordón, M., Rojo, J., Cano, R., Castro, R., . . . Morala, J. D. (2004). *La diferencia sexual en el análisis de los videojuegos*. Madrid: CIDE: Instituto de la Mujer.
- Franco, E., & Coteron, J. (2017). The Effects of a Physical Education Intervention to Support the Satisfaction of Basic Psychological Needs on the Motivation and Intentions to Be Physically Active. *Journal of Human Kinetics*, 59(1), 5-15. doi: 10.1515/hukin-2017-0143
- Freinet, C. (1993). *Education through work: a model for child centered learning* (J. Sivell, Trans.). Lewiston: Edwin Mellen Press.
- Gao, Z., Hannan, P., Xiang, P., Stodden, D. F., & Valdez, V. E. (2013). Video game-based exercise, Latino children's physical health, and academic achievement. *American Journal of Preventive Medicine*, 44(3), 240-246. doi: 10.1016/j.amepre.2012.11.023.
- Gao, Z., Lee, J. E., Pope, Z., & Zhang, D. (2016). Effect of Active Videogames on Underserved Children's Classroom Behaviors, Effort, and Fitness. *Games For Health Journal*, 5(5), 318-324. doi: 10.1089/g4h.2016.0049
- Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. England: Palgrave Macmillan.
- Gómez-Gonzalvo, F., Molina, P., & Devis-Devis, J. (2018). Video games as curriculum materials: an approach to their use in Physical Education. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 34, 305-310.
- González-Cutre, D., Sicilia, A., Moreno, J. A., & Fernández-Balboa, J. M. (2009). Dispositional flow in physical education: relationships with motivational climate, social goals, and perceived competence. *Journal of Teaching in Physical Education*, 28, 422-440.
- González-González, C. S., & Navarro-Adelantado, V. (2017). *Gamification and Active Games for Physical Exercise: A review of literature*. Paper presented at the 1st Workshop on Gamification and Games for Learning (GamiLearn'17).
- González, C., & Navarro, V. (2015). A Structural Theoretical Framework Based on Motor Play to Categorize and Analyze Active Video Games. *Games and Culture*, 11(7-8), 690-719. doi: 10.1177/1555412015576613
- Gonzalez, L. E. Q., Jimenez, F. J., & Moreira, M. A. (2018). Beyond the textbook. Gamification through ITC as an innovative alternative in Physical Education. *Retos: Nuevas Tendencias En Educacion Fisica Deporte y Recreacion*(34), 343-348.
- Goudas, M., Biddle, S., & Fox, K. (1994). Perceived locus of causality, goal orientations, and perceived competence in school physical education classes. *British Journal of Educational Psychology*, 64(3), 453-463. doi: 10.1111/j.2044-8279.1994.tb01116.x
- Guzmán, K. S., Fonseca, A. S., & Jiménez, J. M. (2016). Acute effect of «exergame» practice on performance in basketball throw. *Retos*(29), 58-60.
- Habermas, J. (1986). *Conocimiento e interés*. Madrid: Taurus.

- Hakulinen, L., Auvinen, T., & Korhonen, A. (2015). The Effect of Achievement Badges on Students' Behavior: An Empirical Study in a University-Level Computer Science Course. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 10(1), 18-29. doi: 10.3991/ijet.v10i1.4221
- Hamari, J., & Koivisto, J. (2014). Measuring flow in gamification: Dispositional Flow Scale-2. *Computers in Human Behavior*, 40(C), 133-143. doi: 10.1016/j.chb.2014.07.048
- Hamari, J., & Koivisto, J. (2015). "Working out for likes": An empirical study on social influence in exercise gamification (Vol. 50).
- Hansen, L., & Sanders, S. (2008). Interactive gaming: changing the face of fitness. *Florida Alliance for Health, Physical Education, Recreation, Dance & Sport Journal*, 46(1), 38-41.
- Hanus, M. D., & Fox, J. (2015). Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance. *Computers & Education*, 80, 152-161. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.019>
- Harrington, D. M., Davies, M. J., Bodicoat, D. H., Charles, J. M., Chudasama, Y. V., Gorely, T., . . . Edwardson, C. L. (2018). Effectiveness of the 'Girls Active' school-based physical activity programme: A cluster randomised controlled trial. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 15(1), 40. doi: 10.1186/s12966-018-0664-6
- Hsieh, C.-Y., & Chen, T. (2019). Effect of Pokémon GO on the Cognitive Performance and Emotional Intelligence of Primary School Students. *Journal of Educational Computing*, 1-26. doi: <https://doi.org/10.1177/0735633119854006>
- Huang, H.-C., Pham, T. T. L., Wong, M.-K., Chiu, H.-Y., Yang, Y.-H., & Teng, C.-I. (2018). How to create flow experience in exergames? Perspective of flow theory. *Telematics and Informatics*, 35(5), 1288-1296. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.03.001>
- Huhtiniemi, M., Sääkslahti, A., & Jaakkola, T. (2017). *Associations between basic psychological needs, motivational regulations and enjoyment among Finnish 5th grade students*. Paper presented at the CIAPSE 2 Children's Physical Activity and Sport 2017, Finland.
- Hunicke, R., LeBlanc, M., & Zubek, R. (2004). *MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research*. Paper presented at the Workshop on Challenges in Game AI.
- Jackson, S. A., & Eklund, R. C. (2002). Assessing flow in physical activity: The flow state scale-2 and dispositional flow scale-2. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 24(2), 133-150.
- Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies of training and education*. Nueva York: Pfeiffer.
- Larraz, A. (2012). La Expresión Corporal en la Escuela Primaria experiencias desde la Educación Física. In G. y. C. Sánchez-Sánchez, J. (Ed.), *La expresión corporal en la enseñanza universitaria* (pp. 179-188). Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Lau, P. W. C., Wang, J. J., & Maddison, R. (2016). A Randomized-Controlled Trial of School-Based Active Videogame Intervention on Chinese Children's Aerobic Fitness, Physical Activity Level, and Psychological Correlates. *Games For Health Journal*, 5(6), 405-412. doi: 10.1089/g4h.2016.0057

- Lavoue, E., Monterrat, B., Desmarais, M., & George, S. (2019). Adaptive Gamification for Learning Environments. *Ieee Transactions on Learning Technologies*, 12(1), 16-28. doi: 10.1109/tlt.2018.2823710
- Lee, S., Kim, W., Park, T., & Peng, W. (2017). The Psychological Effects of Playing Exergames: A Systematic Review. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 20(9), 513-532. doi: 10.1089/cyber.2017.0183
- Lepper, M. R., Greene, D., & Nisbett, R. E. (1973). Undermining children's intrinsic interest with extrinsic rewards: A test of the "overjustification" hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 28, 129-137.
- Li, B. J., & Lwin, M. O. (2016). Player see, player do: Testing an exergame motivation model based on the influence of the self avatar. *Computers in Human Behavior*, 59, 350-357. doi: 10.1016/j.chb.2016.02.034
- Limperos, A. M., & Schmierbach, M. (2016). Understanding the Relationship Between Exergame Play Experiences, Enjoyment, and Intentions for Continued Play. *Games For Health Journal*, 5(2), 100-107. doi: 10.1089/g4h.2015.0042
- Lin, J. H. (2015). "Just Dance": The Effects of Exergame Feedback and Controller Use on Physical Activity and Psychological Outcomes. *Games For Health Journal*, 4(3), 183-189. doi: 10.1089/g4h.2014.0092
- Lwin, M. O., & Malik, S. (2012). The efficacy of exergames-incorporated physical education lessons in influencing drivers of physical activity: A comparison of children and pre-adolescents. *Psychology of Sport and Exercise*, 13(6), 756-760. doi: 10.1016/j.psychsport.2012.04.013
- Mekler, E. D., Brühlmann, F., Tuch, A. N., & Opwis, K. (2017). Towards understanding the effects of individual gamification elements on intrinsic motivation and performance. *Computers in Human Behavior*, 71, 525-534. doi: https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.08.048
- Moreno-Murcia, J. A., Gonzalez-Cutre, D., & Chillón-Garzon, M. (2009). Preliminary validation in Spanish of a scale designed to measure motivation in physical education classes: the Perceived Locus of Causality (PLOC) Scale. *Span J Psychol*, 12(1), 327-337. doi: https://doi.org/10.1017/S1138741600001724
- Moreno, J. A., González-Cutre, D., Chillón, M., & Parra, N. (2008). Adaptación a la educación física de la escala de necesidades psicológicas básicas en el ejercicio. *Revista Mexicana de Psicología*, 25(2), 295-303.
- Nakamura, J., & Csíkszentmihályi, M. (2002). The concept of flow. In C. R. Snyder & S. J. López (Eds.), *Oxford handbook of positive psychology*. (pp. 89-105). Nueva York: Oxford University Press.
- Nguyen, H. V., Huang, H. C., Wong, M. K., Lu, J., Huang, W. F., & Teng, C. I. (2016). Double-edged sword: The effect of exergaming on other forms of exercise; A randomized controlled trial using the self-categorization theory. *Computers in Human Behavior*, 62, 590-593. doi: 10.1016/j.chb.2016.04.030
- Ntoumanis, N., & Standage, M. (2009). Motivation in physical education classes: A self-determination theory perspective. *School Field*, 7(2), 194-202. doi: 10.1177/1477878509104324
- Nyberg, G., & Meckbach, J. (2017). Exergames 'as a teacher' of movement education: exploring knowing in moving when playing dance games in physical education. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 22(1), 1-14. doi: 10.1080/17408989.2015.1112778
- Oh, Y., & Yang, S. (2010). Defining exergames and exergaming. *Proceedings of Meaningful Play, East Lansing, MI.*, 1-17.

- Paw, C., Jacobs, W. M., Vaessen, E. P., Titze, S., & Van-Mechelen, W. (2008). The motivation of children to play an active video game. *Journal of Science and Medicine in Sport, 11*(2), 163-166. doi: 10.1016/j.jsams.2007.06.001
- Peng, W., Lin, J. H., & Crouse, J. (2011). Is playing exergames really exercising? A meta-analysis of energy expenditure in active video games. *Cyberpsychology, behavior and social networking, 14*(11), 681-688. doi: 10.1089/cyber.2010.0578
- Peng, W., Lin, J. H., Pfeiffer, K. A., & Winn, B. (2012). Need Satisfaction Supportive Game Features as Motivational Determinants: An Experimental Study of a Self-Determination Theory Guided Exergame. *Media Psychology, 15*(2), 175-196. doi: 10.1080/15213269.2012.673850
- Pope, Z. C., Lewis, B. A., & Gao, Z. (2015). Using the Transtheoretical Model to Examine the Effects of Exergaming on Physical Activity Among Children. *J Phys Act Health, 12*(9), 1205-1212. doi: 10.1123/jpah.2014-0310
- Quintas, A. (2019a). Análisis del potencial didáctico de los *exergames*: reconceptualización y enfoque pedagógico. *Scholè. Rivista di educazione e studi culturali, 3*(1), 97-116.
- Quintas, A. (2019b). *The benefits of incorporating exergames and gamification in physical and musical education: a proposal from didactics and science*. Paper presented at the II World Congress on Education, Santiago de Compostela (Spain).
- Robertson, J., Jepson, R., Macvean, A., & Gray, S. (2016). Understanding the Importance of Context: A Qualitative Study of a Location-Based Exergame to Enhance School Childrens Physical Activity. *PLoS ONE, 11*(8). doi: 10.1371/journal.pone.0160927
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). *Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. Nueva York: Guilford Press.
- Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K., & Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior, 69*, 371-380. doi: 10.1016/j.chb.2016.12.033
- Seaborn, K., & Fels, D. I. (2015). Gamification in theory and action: A survey. *International Journal of Human-Computer Studies, 74*, 14-31. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2014.09.006>
- Sheehan, D., & Katz, L. (2010). Using Interactive Fitness and Exergames to Develop Physical Literacy. *Physical & Health Education Journal, 76*(1), 12-19.
- Sheehan, D., & Katz, L. (2012). The practical and theoretical implications of flow theory and intrinsic motivation in designing and implementing exergaming in the school environment. *Loading... The Journal of the Canadian Game Studies Association, 6*(9), 53-68.
- Shi, L., Cristea, A. I., Hadzidedic, S., & Dervishalidovic, N. (2014). *Contextual Gamification of Social Interaction – Towards Increasing Motivation in Social E-learning*. Paper presented at the Advances in Web-Based Learning – ICWL 2014, Cham.
- Staiano, A. E., & Calvert, S. L. (2011). Exergames for physical education courses: Physical, social, and cognitive benefits. *Child development perspectives, 5*(2), 93-98.
- Street, T. D., Lacey, S. J., & Langdon, R. R. (2017). Gaming Your Way to Health: A Systematic Review of Exergaming Programs to Increase Health and Exercise Behaviors in Adults. *Games For Health Journal, 6*(3), 136-146. doi: 10.1089/g4h.2016.0102

- Su, C.-H., & Cheng, C.-H. (2013). A Mobile Game-based Insect Learning System for Improving the Learning Achievements. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 103, 42-50. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.305>
- Sun, H. (2013). Impact of exergames on physical activity and motivation in elementary school students: A follow-up study. *Journal of Sport and Health Science*, 2(3), 138-145. doi: 10.1016/j.jshs.2013.02.003
- Sweetser, P., & Wyeth, P. (2005). GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games. *Comput. Entertain.*, 3(3), 3-3. doi: 10.1145/1077246.1077253
- Thin, A. G., Brown, C., & Meenan, P. (2013). User experiences while playing dance-based exergames and the influence of different body motion sensing technologies. *International Journal of Computer Games Technology*. doi: 10.1155/2013/603604
- van Aart, I., Hartman, E., Elferink-Gemser, M., Mombarg, R., & Visscher, C. (2017). Relations among basic psychological needs, PE-motivation and fundamental movement skills in 9-12-year-old boys and girls in Physical Education. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 22(1), 15-34. doi: 10.1080/17408989.2015.1112776
- Verjans-Janssen, S. R. B., Van Kann, D. H. H., Gerards, S., Vos, S. B., Jansen, M. W. J., & Kremers, S. P. J. (2018). Study protocol of the quasi-experimental evaluation of "KEIGAAF": a context-based physical activity and nutrition intervention for primary school children. *BMC Public Health*, 18. doi: 10.1186/s12889-018-5764-3
- Vickers, A. J., & Altman, D. G. (2001). Statistics notes: Analysis controlled trials with baseline and follow up measurements. *BMJ*, 323, 1123-1124.
- Vlachopoulos, S. P., & Michailidou, S. (2006). Development and Initial Validation of a Measure of Autonomy, Competence, and Relatedness in Exercise: The Basic Psychological Needs in Exercise Scale. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 10(3), 179-201. doi: 10.1207/s15327841mpee1003_4
- Young, M. F., Slota, S., Cutter, A. B., Jalette, G., Mullin, G., Lai, B., . . . Yukhymenko, M. (2012). Our Princess Is in Another Castle: A Review of Trends in Serious Gaming for Education. *Review of Educational Research*, 82(1), 61-89. doi: 10.3102/0034654312436980

2.3.3. ESTUDIO 3: análisis de la promoción del ejercicio físico

2.3.3.1. Abstract

Psychological benefits related with physically active behavior and behavioral change are associated with exergame and gamification. The aim of this study was to analyze the effects of a gamified exergaming intervention on psychological variables associated with the promotion of physical exercise. A natural experiment with a nonrandomized controlled design was run. The participants were recruited from four schools (n=417). The results showed better positive gamified exergaming effects on enjoyment, attitude toward exergames and exergame intention. No interaction effects were found for achievement motivation or physical exercise intention. The ability of gamification and exergame as an exercise promotion strategy was discussed and future research was required.

2.3.3.2. Introduction

Physical education (PE) has a significant direct and indirect influence on students' physical exercise (PEX) of students, especially through school intervention programs (Martins et al., 2017). The systematic review by Errisuriz et al. (2018) stated the need to incorporate psychological measurements into experimental studies of school interventions to assess the effect on PEX.

Exergames are digital motor games that aim to stimulate players' motor skills, which are popular on the global market and to which academic research has paid increasing attention. Exergames, understood as a type of games, are applied to PE and can simultaneously provide the benefits of motor games and video games. Less is known about exergames' ability to promote PEX in primary schools (Li & Lwin, 2016). Studies defend the need to explore the psychological effects of interventions based on exergames and PE (Lee et al., 2017b). As Dichev y Dicheva (2017) established, besides exergames being a technological resource, it is necessary to study gamification as a new didactic method in usual PE classes. Following these same authors, Gamification refers to the use of game-based elements in nongame contexts whose aim is to motivate action by making activities more game-like. The analytical study of a technological tool in education gains didactic sense if it is associated within a formative intervention framework (Rivoltella, 2017, p. 62). Therefore, introducing exergames as a tool is not enough to produce an essential change, and gamification can be added as an educational strategy to change the dynamics of lessons.

It has been suggested that exergames should be incorporated into PE classes to enhance students' motivation (Campelo et al., 2015). Several motivation-related psychological benefits of exergaming have already been proven, such as favoring change in physically active behavior (Lwin & Malik, 2012) or increasing situational interest

(Sun, 2013). Moreover, gamification has been associated with motivation and behavioral change (Dichev & Dicheva, 2017). Dichev y Dicheva (2017) showed that educational gamification expectations for motivation are inflated according to empirical research into the effectiveness of gamification being limited. Hanus y Fox (2015) found reduced intrinsic motivation because additional rewards (badges and coins) can be interpreted as controlling. However, it has been argued that, in a noncontrolling setting, well thought out gamification implementation can improve motivation by creating a mastery-focused climate (Gu & Solmon, 2016; Peng et al., 2012). Therefore, gamification can act as a double-edged sword for motivation, depending on its design (Hanus & Fox, 2015). Peng et al. (2012) demonstrated that the dynamic adjustment of difficulty levels and badges led to an increase in achievement motivation-related dimensions. Badges, leaderboards and performance graphs also positively affect achievement motivation and perceived task meaningfulness (Sailer et al., 2017). Conversely to these findings, Mekler et al. (2017) observed that points, leaderboards and levels did not affect achievement motivation-related dimensions, but they found effects on performance quantity. They argued that these game design elements can function as extrinsic incentives. However, according to Sailer et al. (2017), this is considered a more positive tendency than a negative one for the possibility of deliberately influencing achievement motivation with gamification.

Enjoyment, referred to as the level of excitement or pleasure a person derives from playing (Li & Lwin, 2016), is an essential part of any game because it is an important factor for predicting future play times and play duration (Limperos & Schmierbach, 2016). Enjoyment has been a commonly cited reason for playing exergames (Lee et al., 2017b), and it can be implemented through feedback, challenge and rewards (Lyons, 2015), or by mechanisms shared by exergames and gamification. Exergames can increase physical activities through enjoyment (Ho et al., 2017b).

PEx through exergaming is another form of PEx. Increasing the intention to play exergames in the future (exergame intention) is a way to increase one PEx intention kind. Attitude toward exergames predicts the exergame intention (Kari & Makkonen, 2014), which suggests that attitude toward exergaming plays an important role in individuals' intentions to play exergames in the future. Positive effects on exergame intention have been found in intervention studies based on exergames (Song, Peng, & Lee, 2011). A positive correlation exists between attitude toward exergames and exergame intention (Ho et al., 2017b). Moreover, exergame intention is positively related to the intention of doing PEx in the future (PEx intention) (Garn, Baker, Beasley, & Solmon, 2012; Li & Lwin, 2016). A study conducted with college students found that PEx intention was higher for exergaming interventions than for generic PEx (Garn et al., 2012). Lwin y Malik (2012) reported improved PEx intention with an intervention based on exergaming. Another educational intervention based on exergaming indicated a good attitude toward exergames in participants, although this positive attitude did not significantly change over

time (Keskinen, Hakulinen, Turunen, & al, 2014). Other studies did not find any significant results for attitudes toward exergames and their future use (Lee et al., 2017b).

Recent studies indicate the limitations of empirical research on gamified education, such as the dominant application to colleges (Dichev & Dicheva, 2017) or lack of comparison groups (Hanus & Fox, 2015). This is why a natural experiment based on gamification principles (Hunicke et al., 2004), and a recent exergame compatible with the school PE curriculum, have been designed and applied in several primary schools. As far as we know, no research has used a natural experimental method with a control and experimental intervention applied by the same teacher to analyze promoting PEx with gamification and exergaming in children. The aim of this study was to analyze the effects of a gamified exergaming intervention on the psychological variables associated with promoting PEx. Psychological variables relevant to PE have been measured (Martins et al., 2017), namely: achievement motivation, enjoyment, attitude toward exergames, exergame intention and PEx intention.

As the intervention of this study is based on the limitations and suggestions of other empirical studies, the hypotheses (H) are postulated in line with the results of previous studies. Thus, the gamified exergaming intervention will produce more achievement motivation (H₁), more enjoyment (H₂), a more positive attitude toward exergames (H₃), more exergame intention (H₄) and more PEx intention (H₅) in students than nongamified and nonexergaming intervention with time.

2.3.3.3. Material and method

2.3.3.3.1. Sample

The sample comprised 417 students (53.2% girls, n=222; 46.8%, n=195) (see Table 20) from four primary schools (two public and two nonpublic). Their mean age was 11.1 (SD=1.7), and 50.4% of the sample studied Year 6 (aged 10-11 years; n=210) and 49.6% studied Year 7 (11-12 years; n=207) in primary schools (see Table 1). This age group is thought critical for its impact on psychological and behavioral risk factors (Azevedo et al., 2014), especially toward girls' physical activity (Harrington et al., 2018).

The criteria to select schools were: their material adequacy (facilities, Wi-Fi connectivity), the diversity of the school's public/private, the ethnic and socio-economic diversity of its students, schools from different cities, teaching staff's positive predisposition and accessibility for researchers. All the Year 6 and Year 7 students were invited to participate in the study via signed parental consent (n=418). One student did not participate in the study for not providing consent, so no data about him were collected, although he went to class as normal. The study received the ethical approval the Ethical Committee of Clinical Research of Aragon (Spain) (statement number: 10/2017).

A chi-square analysis found no differences in distribution by sex $\chi^2 (1, N=417)=.018$, $p=.893$. The independent samples t-test revealed no significant differences in attendance ($t(381)=-1.065$, $p=0.287$).

Table 20. Descriptive data of the sample (n) on gender, class and treatment

Gender	Treatment		Total	
	Control	Experimental		
Girls	Year 6	83	24	107
	Year 7	18	97	115
	Total	101	121	222
Boys	Year 6	75	28	103
	Year 7	15	77	92
	Total	90	105	195
Total	Year 6	158	52	210
	Year 7	33	174	207
	Total	191	226	417

2.3.3.3.2. Study design

A natural experiment with a nonrandomized controlled design was conducted with a pre- and a post-measure. This design allows maximum control without losing the naturalness of school cohorts, and is considered appropriate for studies of a similar nature (Verjans-Janssen et al., 2018). We aimed to design a study that would overcome the limitations of previous empirical research works on gamification and exergaming, such as the dominant application to colleges (Dichev & Dicheva, 2017) or lack of comparison groups (Hanus & Fox, 2015). The design used in similar studies was considered (Azevedo et al., 2014; Li & Lwin, 2016; Lwin & Malik, 2012; Nguyen et al., 2016).

The control treatment (traditional didactic intervention; Figura 29) was designed based on the usual didactic teaching of dance in Spanish PE (Larraz, 2012). Another experimental treatment was designed, which was similar to the control treatment, but with a gamified climate and an exergame was used (gamified exergaming intervention; Figure 2). Each treatment lasted 12 sessions, or 9 h, and was applied in each school for 4 weeks during curricular PE classes. Traditional didactic intervention and the gamified exergaming intervention were applied in the same way by one teacher. Treatments were put into practice with the Year-6 and Year-7 primary school students. At each school, both the experimental treatment and the control were applied, and the level at which each intervention was implemented was randomly decided. At the end of the 4-week program, the participants had to fill in, in person, the same digital questionnaires that they completed before starting the treatment, using computers or tablets. Data collection took place between September 2017 and July 2018.



Figura 23. Control group dancing a traditional dance without exergame or gamification



Figura 24. Experimental group dancing JDN with smartphones held in their hands

2.3.3.3.3. *Materials*

The gamification system based on Points-Badges-Leaderboards has been the most applied and studied. However, it only matches one type of player: «achievers» (Bartle, 2003). Therefore, the Mechanics-Dynamics-Aesthetics (MDA) framework by Hunicke et al. (2004) was used to achieve mastery-oriented motivational climates and an inclusive gamified atmosphere for all types of student-players. The MDA framework was adapted to the education field. No negative points of any kind were used. Mechanic elements were designed: a system of positive points, rewards, classifications, levels of difficulty, challenges, achievements, badges, cooperative and competitive teams, virtual avatars, and the possibility of personalizing avatars. Self-referential situations with an epic cooperative group sense were used to promote motivation in all the student types, even those who were not competitive. To gamify each class, the *ClassDojo* application was used, in addition to some didactic materials created *ad hoc*.

The *Just Dance Now* exergame was used because it is compatible with school facilities and is based on accessible materials (screen projector, laptop, smartphone and the Internet). Its use is also justified by its great commercial success worldwide, its marked use in young people's leisure (Allsop et al., 2013), and because it has been scientifically

studied (Gao et al., 2016; Li & Lwin, 2016; Lin, 2015). The experimental treatment design allowed all the students to dance several times during all the sessions.

In the experimental group, the *Just Dance Now* exergame web platform was used (<https://justdancenow.com/>). The students could dance in groups in front of a large projected screen while they held a Samsung J3 smartphone in their right hand (see Fig. 20). As the smartphones had an accelerometer that detected movement, each smartphone detected each student's dance points. The control group learned to dance without any gamifier resource or exergame (see Fig. 19).

2.3.3.3.4. Measures

Achievement motivation. Students filled in the Achievement Motivation in Physical Education Test (AMPET) (Nishida, 1988), validated and adapted to the Spanish population (Graupera et al., 2004), which comprises 37 items. Items were measured on a 5-point Likert scale from 1 (strongly disagree) to 5 (strongly agree; the Cronbach α applied to our sample=.84). This scale measured achievement motivation with three dimensions: engagement and dedication in learning (α =.88), Perceived Motor Competence (α =.81), and anxiety before error and stress situations (α =.91).

Enjoyment. The participants completed the Sport Satisfaction Instrument (SSI), validated and adapted to PE and the Spanish population by Baena et al. (2012), which contains eight items. Items were measured on a 5-point Likert scale from 1 (strongly disagree) to 5 (strongly agree). This instrument measures two independent constructs: enjoyment (α =.81) and boredom (α =.54). To achieve acceptable reliability for «boredom» (α =.71), the second item was eliminated («*In Physical Education classes, I often daydream instead of thinking about what I'm really doing, already warned by them*»), as pointed out by (Baena et al., 2012).

Attitude toward exergames. Students filled in the «Attitudes Toward Exergames» scale, created and validated by Ho et al. (2017b) with children aged 9-12 years. It has been translated into Spanish and replaces «X-Box kinect» with «video game in which I have to move my whole body». This instrument is composed of eight items, and measures attitudes toward exergames on a 5-point Likert scale from 1 (strongly disagree) to 5 (strongly agree; α =.95).

Exergame intention. Participants filled in the «Exergame intention» scale, based on Li y Lwin (2016), by replacing «the game» with «a video game in which I have to move my whole body». Four questions were asked and answers were selected on a five-point scale ranging from 1 (Strongly Disagree) to 5 (Strongly Agree; α =.91).

PEx intention. Students completed the «Exercise Intention» scale, created by Li y Lwin (2016). This instrument comprises four items, and measures exercise intention on a 5-point Likert scale ranging from 1 (strongly disagree) to 5 (strongly agree; α =.91).

2.3.3.4. Statistical analyses

The baseline differences between groups were compared by an independent *t*-test for the normally distributed variables and the Mann-Whitney U test for the abnormally distributed variables (see Table 2). To test the research hypotheses, the two study groups were compared using factorial ANOVAs 2 (time; pre-treatment condition vs. post-treatment condition) x 2 (treatment; traditional didactic intervention vs. gamified exergaming intervention). One-way ANOVAs were also applied to clarify the effects obtained and the interpretative process. The size effect was calculated by eta partial eta-squared (η_p^2), and the analysis threshold was set at ≤ 0.0125 with Bonferroni adjustment

(Bland & Altman, 1995). All the statistical analyses were performed using SPSS (version 22.0, <https://www.ibm.com/es-es/analytics/spss-statistics-software>).

Table 21. Descriptive data in the variables of interest: mean and standard deviation (sample size)

	Control Treatment		Experimental Treatment	
	Baseline	Follow-up	Baseline	Follow-up
Attendance	-	9.61 ± .79 (191)	-	9.69 ± .69 (226)
Achievement motivation	114.76 ± 15.86 (159)	110.73 ± 14.09 (159)	115.22 ± 15.37 (199)	114.02 ± 15.8 (199)
Engagement and delivery in learning	60.52 ± 8.59 (171)	58.15 ± 9.66 (171)	60.49 ± 7.9 (205)	59.21 ± 8.28 (205)
Perceived motor competence	19.59 ± 5.81 (178)	19.2 ± 5.9 (178)	20.25 ± 6.08 (214)	20.42 ± 5.65 (214)
Anxiety in the face of error and stress situations	33.98 ± 12.23 (172)	33.67 ± 12.58 (172)	34.89 ± 12.69 (208)	35.02 ± 13.56 (208)
Satisfaction towards PE	27.74 ± 2.89 (178)	26.97 ± 3.54 (178)	27.35 ± 3.39 (218)	27.41 ± 3.34 (218)
Enjoyment in PE	22.76 ± 3.05 (166)*	22.13 ± 3.22 (166)	21.85 ± 3.71 (211)*	22.22 ± 3.18 (211)
Boredom in PE	3.1 ± 1.94 (174)	3.34 ± 1.85 (174)	3.41 ± 2.01 (215)	3.26 ± 1.78 (215)
Attitude toward exergames	22.63 ± 6.18 (177)	21.79 ± 7.10 (177)	23.55 ± 5.2 (211)	24.93 ± 4.43 (211)
Exergame intention	14.55 ± 4.87 (177)	14.36 ± 5.43 (177)	16.01 ± 4.02 (209)	16.66 ± 3.51 (209)
Physical exercise intention	15.77 ± 4.38 (177)	15.72 ± 4.53 (177)	15.38 ± 4.21 (216)	15.75 ± 3.97 (216)

* Significant differences between groups at the baseline were found ($t(374)=2.613, p=.009$).

2.3.3.5. Results

The means and standard deviations for all variables of the treatments can be found in Table 2. Hypothesis testing is shown below.

H₁ predicted that, with time, the gamified exergaming education intervention would produce more achievement motivation in the students than the nongamified and nonexergaming intervention. No interaction effect (Time X Treatment) was found ($p>.0125$). However, a time effect was noted on achievement motivation ($F(1)=11.83, p=.001, \eta_p^2=.032$). Performing a more specific analysis in each group using a one-way ANOVA (Post-Pre) showed that the control group displayed less achievement motivation with time ($F(1)=12.19, p=.001, \eta_p^2=.072$). However, the experimental group did not significantly display greater or lesser achievement motivation with time ($F(1)=1.45, p=.229, \eta_p^2=.007$). Thus H₁ was not supported.

H₂ predicted that, with time, the gamified exergaming education intervention would produce more enjoyment in the students than the nongamified and nonexergaming intervention. An interaction effect was found on enjoyment ($F(1)=7.56, p=.006, \eta_p^2=.02$) (see Figure 21). Thus H₂ was supported.

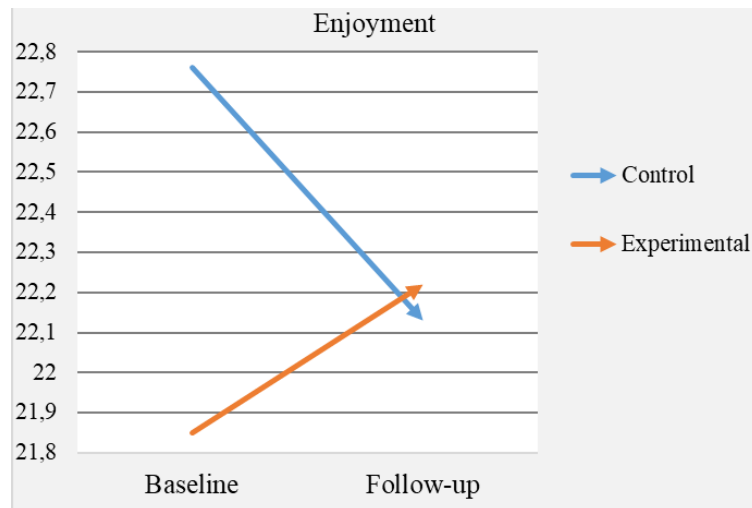


Figura 25. Interaction effect on enjoyment

H₃ predicted that, with time, the gamified exergaming education intervention would produce a more positive attitude toward exergames in the students than the nongamified and nonexergaming intervention. An interaction effect ($F(1)=7.08$, $p=.008$, $\eta_p^2=.018$, see Figura 26) and a treatment effect ($F(1)=24.64$, $p=.000$, $\eta_p^2=.06$) on attitude toward exergames took place. Thus H₃ was supported.

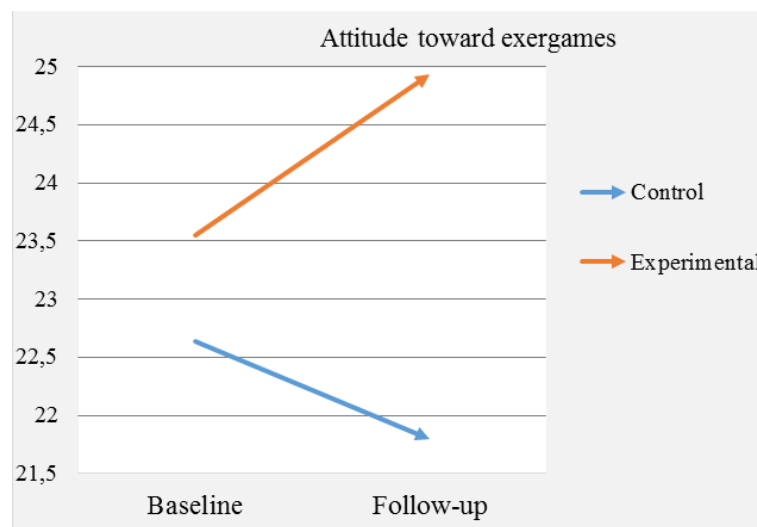


Figura 26. Interaction effect on attitude toward exergames

H₄ predicted that, with time, the gamified exergaming education intervention would produce more exergame intention in the students than the nongamified and nonexergaming intervention. No interaction effect (Time X Treatment) was found ($p>.0125$), but a treatment effect on exergame intention was noted ($F(1)=22.94$, $p=.000$, $\eta_p^2=.056$). Performing a more specific analysis in each group using a one-way ANOVA (Post-Pre) showed that the experimental group's exergame intention significantly improved with time ($F(1)=4.8$, $p=.03$, $\eta_p^2=.023$), which was not observed with the control group. Thus H₄ was supported.

H₅ predicted that, with time, the gamified exergaming education intervention would produce a more PEx intention in the students than the nongamified and no-exergaming intervention. No interaction effect or main effects were found on PEx intention ($p > .0125$). Thus H₅ was not supported.

2.3.3.6. Discussion

Five hypotheses were put forward before conducting the study. The study design and its application allowed us to support H₂, H₃, and H₄, but not H₁ and H₅. This implies that a gamified exergaming educational intervention, compared to another almost identical intervention, but with neither gamification nor exergames, could have some positive effects on the variables associated with promoting PEx, like enjoyment, attitude toward exergames and exergame intention. That is, the experimental intervention seemed to produce more benefits than the control intervention for the variables associated with promoting PEx, but not directly for exercise intention.

The results of the present study on achievement motivation suggest a differential effect of the gamified exergaming educational intervention compared with the nongamified and nonexergaming intervention. Although no interaction effect was obtained, the results showed a lower achievement motivation level in the control group with time, which was not observed in the experimental group. This effect could be related to increased engagement and delivery in learning (Bronner et al., 2015; Sun, 2013). The experimental group's engagement might be associated with good the cognitive ability that derived from the adjusted gamification difficulty (Best, 2012), or with having achieved more physical effort and higher usability points (Bronner et al., 2015).

The experimental group obtained more enjoyable experience than the control group, which coincides with Garn et al. (2012). The explanation for this improvement probably stems from the presence of continuous feedback, challenge and rewards (Lyons, 2015), which were not interpreted as controlling factors by the students (Hanus & Fox, 2015), which are essential in both exergame and gamification. Enjoyment is the feature of the current gamified intervention that would most promote PEx and the future use of exergames as it is a significant predictor of both play duration and the number of times when play occurs (Limperos & Schmierbach, 2016).

The best beneficial effects obtained in the experimental treatment on attitude toward exergames coincided with the findings of some studies with a similar study design (Garn et al., 2012), and also with studies with a different methodological control (Campelo et al., 2015; Keskinen et al., 2014). This attitudinal improvement may be due to greater lived enjoyment (Li & Lwin, 2016). However, more positive results were expected for exergame intention (Lin, 2015) and PEx intention, despite having found a treatment effect in exergame intention. This results contrast with the study which found that playing exergames could improve participants' attitudes toward and intention to do

other forms of PEx (Garn et al., 2012; Lwin & Malik, 2012; Nguyen et al., 2016). These differences may be due to the selection of sedentary or obese populations (Garn et al., 2012), to not using the official PE subject hours (Lwin & Malik, 2012; Nguyen et al., 2016), or to the participants being older (Nguyen et al., 2016). Besides, it is possible that no mastery-oriented motivational climate was built. According to the AGT (Nicholls, 1984), this would explain lack of improvement in achievement motivation-related dimensions such as PMC and, therefore, lack of PEx intention. Other studies have reported that exergames failed to promote PEx because the participants considered them boring (Lau et al., 2016), but this reason was not herein found. The ability of both the exergame and gamification to produce PEx remains unclear, and more studies need to be done.

This study has several limitations. One-month interventions (9 h) have been carried out given the traditional way of scheduling school contents, but longitudinal studies are necessary to find out the long-term psychological effects. Moreover, another study limitation is its didactic-scientific design, without any single differentiating factor between the experimental and the control groups because the experimental group engaged in both a gamified AND (at the same time) exergaming intervention. However, both treatments were equivalents for the other didactic elements. Future research could propose studies that specifically and separately analyse the effects of these two factors. Also, future studies could include different gamification elements than those herein included, a different PE content to dance, or another exergame to be applied and compared.

In conclusion, this study is the first to examine an intervention that combines MDE gamification as a didactic method and the exergame as an educational resource, adopted as a strategy to promote the variables associated with encouraging PEx in primary schools. A rigorous scientific design in schools was implemented, and groups were compared, along with reliable measures as the scientific literature requests. This study is a sample of the possibility of joining methodological control techniques and the good naturalness of the education context. Besides, this is the only empirical study based on a natural experiment that researches educational gamification and exergaming with significant results. The positive effects discovered in enjoyment, attitude toward exergames and exergame intention make this study one of the few with positive evidence for educational gamification. Improved enjoyment suggests that gamified design generates a more task-oriented motivational climate, but no conclusive results for the PEx intention variable were found. The ability of gamification and exergame as an exercise promotion strategy is not yet clear and future research should be conducted.

2.3.3.7. References

- Allsop, S., Rumbold, P. L. S., Debusse, D., & Dodd-Reynolds, C. (2013). Real Life Active Gaming Practices of 7-11-Year-Old Children. *Games for Health Journal*, 2(6), 347-353. doi: 10.1089/g4h.2013.0050
- Azevedo, L. B., Burges Watson, D., Haighton, C., & Adams, J. (2014). The effect of dance mat exergaming systems on physical activity and health - Related outcomes in secondary schools: Results from a natural experiment. *BMC Public Health*, 14(1). doi: 10.1186/1471-2458-14-951
- Baena, A., Granero-Gallegos, A., Bracho-Amador, C., & Pérez-Quero, F. J. (2012). Spanish Version of the Sport Satisfaction Instrument (SSI) Adapted to Physical Education. *Revista de Psicodidáctica*, 17(2).
- Bartle, R. (2003). *Designing virtual worlds*. Berkeley, CA: New Riders.
- Best, J. R. (2012). Exergaming immediately enhances children's executive function. *Developmental Psychology*, 48(5), 1501-1510. doi: 10.1037/a0026648
- Bronner, S., Pinsker, R., & Adam Noah, J. (2015). Physiological and psychophysiological responses in experienced players while playing different dance exer-games. *Computers in Human Behavior*, 51, 34-41. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.04.047>
- Campelo, A. M., Donaldson, G., Sheehan, D. P., & Katz, L. (2015). Attitudes Towards Physical Activity and Perceived Exertion in Three Different Multitask Cybercycle Navigational Environments. *Procedia Engineering*, 112, 256-261. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.238>
- Dichev, C., & Dicheva, D. (2017). Gamifying education: what is known, what is believed and what remains uncertain: a critical review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(1). doi: 10.1186/S41239-017-0042-5
- Errisuriz, V., Golaszewski, N., Born, K., & Bartholomew, J. (2018). Systematic Review of Physical Education-Based Physical Activity Interventions Among Elementary School Children. *The Journal of Primary Prevention*, 39(3), 303-327. doi: 10.1007/s10935-018-0507-x
- Gao, Z., Lee, J. E., Pope, Z., & Zhang, D. (2016). Effect of Active Videogames on Underserved Children's Classroom Behaviors, Effort, and Fitness. *Games for Health Journal*, 5(5), 318-324. doi: 10.1089/g4h.2016.0049
- Garn, A. C., Baker, B. L., Beasley, E. K., & Solmon, M. A. (2012). What are the benefits of a commercial exergaming platform for college students? Examining physical activity, enjoyment, and future intentions. *Journal of Physical Activity and Health*, 9(2), 311-318.
- Graupera, J. L., Gutiérrez, M., Nishida, T., & Ruiz, L. M. (2004). El Test Ampet de motivación de logro para el aprendizaje en educación física: desarrollo y análisis factorial de la versión española. *Revista de educación*(335), 195-214.
- Gu, X. L., & Solmon, M. A. (2016). Motivational processes in children's physical activity and health-related quality of life. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 21(4), 407-424. doi: 10.1080/17408989.2015.1017456
- Hanus, M. D., & Fox, J. (2015). Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance. *Computers & Education*, 80, 152-161. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.019>
- Harrington, D. M., Davies, M. J., Bodicoat, D. H., Charles, J. M., Chudasama, Y. V., Gorely, T., . . . Edwardson, C. L. (2018). Effectiveness of the 'Girls Active' school-based physical activity programme: A cluster randomised controlled trial.

- International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 15(1), 40. doi: 10.1186/s12966-018-0664-6
- Ho, S. S., Lwin, M. O., Song, J. R. H., & Yee, A. Z. H. (2017). Escaping through exergames: Presence, enjoyment, and mood experience in predicting children's attitude toward exergames. *Computers in Human Behavior*, 72, 381-389. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.001>
- Hunicke, R., LeBlanc, M., & Zubek, R. (2004). *MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research*. Paper presented at the Workshop on Challenges in Game AI.
- Kari, T., & Makkonen, M. (2014). *Explaining the Usage Intentions of Exergame*. Paper presented at the Thirty Fifth International Conference on Information Systems, Auckland.
- Keskinen, T., Hakulinen, J., Turunen, M., & al, e. (2014). Schoolchildren's user experiences on a physical exercise game utilizing lighting and audio. *Entertainment Computing*, 5, 475-484.
- Larraz, A. (2012). La Expresión Corporal en la Escuela Primaria experiencias desde la Educación Física. In G. y. C. Sánchez-Sánchez, J. (Ed.), *La expresión corporal en la enseñanza universitaria* (pp. 179-188). Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Lau, P. W. C., Wang, J. J., & Maddison, R. (2016). A Randomized-Controlled Trial of School-Based Active Videogame Intervention on Chinese Children's Aerobic Fitness, Physical Activity Level, and Psychological Correlates. *Games for Health Journal*, 5(6), 405-412. doi: 10.1089/g4h.2016.0057
- Lee, S., Kim, W., Park, T., & Peng, W. (2017). The Psychological Effects of Playing Exergames: A Systematic Review. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 20(9), 513-532. doi: 10.1089/cyber.2017.0183
- Li, B. J., & Lwin, M. O. (2016). Player see, player do: Testing an exergame motivation model based on the influence of the self avatar. *Computers in Human Behavior*, 59, 350-357. doi: 10.1016/j.chb.2016.02.034
- Limperos, A. M., & Schmierbach, M. (2016). Understanding the Relationship Between Exergame Play Experiences, Enjoyment, and Intentions for Continued Play. *Games for Health Journal*, 5(2), 100-107. doi: 10.1089/g4h.2015.0042
- Lin, J. H. (2015). "Just Dance": The Effects of Exergame Feedback and Controller Use on Physical Activity and Psychological Outcomes. *Games Health J*, 4(3), 183-189. doi: 10.1089/g4h.2014.0092
- Lwin, M. O., & Malik, S. (2012). The efficacy of exergames-incorporated physical education lessons in influencing drivers of physical activity: A comparison of children and pre-adolescents. *Psychology of Sport and Exercise*, 13(6), 756-760. doi: 10.1016/j.psychsport.2012.04.013
- Lyons, E. J. (2015). Cultivating Engagement and Enjoyment in Exergames Using Feedback, Challenge, and Rewards. *Games For Health Journal*, 4(1), 12-18. doi: 10.1089/g4h.2014.0072
- Martins, J., Marques, A., Peralta, M., Palmeira, A., & Costa, F. (2017). Correlates of physical activity in young people: A narrative review of reviews. Implications for physical education based on a socio-ecological approach. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 31, 292-299.
- Mekler, E. D., Brühlmann, F., Tuch, A. N., & Opwis, K. (2017). Towards understanding the effects of individual gamification elements on intrinsic motivation and performance. *Computers in Human Behavior*, 71, 525-534. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.08.048>

- Nguyen, H. V., Huang, H. C., Wong, M. K., Lu, J., Huang, W. F., & Teng, C. I. (2016). Double-edged sword: The effect of exergaming on other forms of exercise; A randomized controlled trial using the self-categorization theory. *Computers in Human Behavior*, *62*, 590-593. doi: 10.1016/j.chb.2016.04.030
- Nicholls, J. G. (1984). Achievement motivation: Conceptions of ability, subjective experience, task choice and performance. *Psychological Review*, *16*, 328-346.
- Nishida, T. (1988). Reliability and factor structure of the achievement motivation in physical education test. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *10*, 418-430.
- Peng, W., Lin, J. H., Pfeiffer, K. A., & Winn, B. (2012). Need Satisfaction Supportive Game Features as Motivational Determinants: An Experimental Study of a Self-Determination Theory Guided Exergame. *Media Psychology*, *15*(2), 175-196. doi: 10.1080/15213269.2012.673850
- Rivoltella, P. C. (2017). *Media Education. Idea, metodo, ricerca*. Brescia (Italy): ELS La Scuola.
- Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K., & Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior*, *69*, 371-380. doi: 10.1016/j.chb.2016.12.033
- Song, H., Peng, W., & Lee, K. M. (2011). Promoting Exercise Self-Efficacy With an Exergame. *Journal of Health Communication*, *16*(2), 148-162. doi: 10.1080/10810730.2010.535107
- Sun, H. (2013). Impact of exergames on physical activity and motivation in elementary school students: A follow-up study. *Journal of Sport and Health Science*, *2*(3), 138-145. doi: 10.1016/j.jshs.2013.02.003
- Verjans-Janssen, S. R. B., Van Kann, D. H. H., Gerards, S., Vos, S. B., Jansen, M. W. J., & Kremers, S. P. J. (2018). Study protocol of the quasi-experimental evaluation of "KEIGAAF": a context-based physical activity and nutrition intervention for primary school children. *Bmc Public Health*, *18*. doi: 10.1186/s12889-018-5764-3

2.3.4. ESTUDIO 4: análisis de efectos neurofuncionales

2.3.4.1. Abstract

Our study investigated the effect of an exergaming didactic intervention in Physical Education (PE) on brain functioning associated with motor coordination. Five students formed the control group (received traditional didactic intervention) and four made up the experimental group (received exergaming didactic intervention). Functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) measures were acquired at two time points (before and after intervention) by a 64-channel NIRScout system covering the supplementary motor area (SMA) while performing a bimanual digital flexion-extension coordination task. The results showed a more efficient activity pattern for the group that performed the gamified exergaming intervention than for the control group (traditional didactic intervention). In conclusion, our study reports neurofunctional evidence for effects of exergames on motor coordination.

2.3.4.2. Introduction

Researchers have been investigating the benefits of game and game-based approaches in education from the 1980s (Borges et al., 2014). Exergames are digital motor games that aim to stimulate players' motor skills that have been popular on the global market and have gained more attention by academic research (Lin, 2015; Quintas, 2019b). Understood as a type of games, exergames applied to PE can simultaneously provide the benefits of both motor games and video games (Gee, 2003; González & Navarro, 2015). Although much about the physical benefits of exergaming has been proven, less is known about psychological benefits at primary schools that enable exergames to become an effective educational tool (Li & Lwin, 2016).

Recent studies conclude that incorporating active video games into the teaching system improves students' physical, cognitive and motivational elements (Gao et al., 2016; Li & Lwin, 2016; Nyberg & Meckbach, 2017). Some research on active video games in PE has focused on learning fundamental motor skills (Sheehan & Katz, 2010), and on motor control (Vernadakis et al., 2015) and motor learning (Di Tore & Gaetano, 2012). However, Di Tore y Gaetano (2012) concluded that the verification of the effectiveness of active video games in relation to learning motor skills is not definitive. In fact, previous literature considers how active video games present many potential advantages in the field of motor activities and acquisition of specific motor skills; but, at the same time, other studies have led to less positive results (Di Tore & Gaetano, 2012; Hsu et al., 2011; Tanaka et al., 2012).

In line with this, another area associated with PE is to work and develop coordinated body movement. The ability to acquire and rapidly reproduce new motor skills is a characteristic feature of human behaviour (Smethurst & Carson, 2001b). Thus according to these same authors, intermember coordination is an adequate framework to study and

analyse the processes of acquiring new coordinated motor skills. The learning and development of motor coordination is «effector-independent» and is really a neural representation of a higher level that governs coordinative processes (Kelso, Scholz, & Schoner, 1986a). There are functionally and anatomically heterogeneous regions that are related to multiple aspects of sensory processing and sensorimotor integration, suggesting differential networks that are flexibly and dynamics during motor sequence learning (Bo, Peltier, Noll, & Seidler, 2011). If so, the learning effects that occur with dance practice to coordinate knee movements can be transferred to the coordination of the fingers, or vice versa (Miura, Fujii, Okano, Kudo, & Nakazawa, 2016b).

The neuromuscular system is key for the coordinated human body movement, and can produce a wide diversity of motor patterns of bimanual coordination that can change in their spatio-temporal organisation according to the demands of the task being performed (Daza, 2007). Given a classical computational approach in cognitive neuroscience based on a basic, localist and deterministic information processing, which evolves to a connectionist approach based on a distributed and interactive pattern in brain functioning, Kelso et al. (1986a) stated that the human brain involves dynamical self-regulated systems. Specifically, Kelso et al. (1986a) showed that repetitive bimanual movements, especially fingers, naturally tend to be performed in a symmetrical mirror pattern as frequency of movements increases. Accordingly, asymmetric patterns in such movement imply higher demands of a cognitive type to maintain this motor coordination (Zanone et al., 2001). The SMA is involved in bimanual coordination and has functional specialisation in motor behaviour planning processes and in executing movements (Duque, Lew, Mazzocchio, Olivier, & Ivry, 2010; Nachev, Kennard, & Kennard, 2008; Wilson et al., 2014). The SMA is associated with coordination regardless of whether it is bimanual or auditory-motor coordination (Miura, Kudo, & Nakazawa, 2013). In addition, performing bimanual finger coordination tasks implies greater activity in the SMA compared to unimanual tasks (Ryan, Schranz, Dugal, & Bartha, 2019). Thus sophisticated motor coordination patterns are related to SMA activity (Wilson et al., 2014). Moreover, the SMA is involved in a dance network, and is critical for motor planning as it is active during both motor execution and imagery in tasks accompanied by music or in musical performances (De-Manzano & Ullén, 2012; Olshansky, Bar, Fogarty, & DeSouza, 2015a). The SMA mediates beat perception, which is an essential component of dance (Grahn & Brett, 2007a).

In the present study, given the neuroeducational perspective which establishes that neuroimaging can also offer information to optimise and guide educative intervention, but seems most likely to assure theoretically sound (Howard-Jones, 2007; Howard-Jones et al., 2015), we investigated the effect of an exergaming didactic intervention in PE, compared to a traditional didactic intervention, on brain functioning associated with motor coordination. As Daniel (2012) warns brain science findings do not necessarily

translate to the context of the classroom, Howard-Jones et al. (2015) state that greater dialogue between the two disciplines is necessary to bridge the gap between scientific research and classroom application, and also some «brain based» education programmes have never been evaluated or are «unscientific» (Goswami, 2006) we try to give neuroscientific evidence that support the efficacy of our intervention. Thus, given the exploratory and preliminary nature of our fNIRS study, we hypothesised that an exergaming intervention, in comparison with traditional didactic intervention, would produce different SMA oxygenated hemoglobin (oxy-Hb) concentration level while performing a task involving bimanual finger coordination related to exergame motor-related benefits for primary students while they learn dancing.

2.3.4.3. Methods

2.3.4.3.1. Participants

Participants were recruited from the students enrolled in a non-public school in the city of Zaragoza, Spain. Five students (3 girls, 2 boys and mean age = 10.20; $SD = 0.45$) formed the control group (received traditional didactic intervention). Four students (3 girls, 1 boy and mean age = 11.25; $SD = 0.50$) formed the experimental group (received exergaming didactic intervention). All the participants were right-handed according to the Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971). Both groups were matched for general intellectual functioning, which was assessed with Culture Fair Intelligence Tests [Spanish adaptation, scales 2 and 3; (Cordero, De-la-Cruz, González, & Seisededos, 2009)] ($p > 0.05$). No history of head injury with loss of consciousness was reported. Informational letters and informed non-consent forms were sent to all the parents or guardians of the eligible students. All the schoolchildren had access to didactic treatments, but only the participants whose parents or guardians agreed to collaborate in the study were included. This research was approved by the Ethical Committee of Clinical Research of Aragon (Spain) with statement number: 10/2017.

The control treatment (traditional didactic intervention) was designed according to the usual didactic teaching of dance in Spanish PE (Larraz, 2012). The control group learnt dance without the exergame being present and with no gamification resource. Another experimental treatment was designed similarly to the control treatment, except that an exergame was involved (gamified exergaming intervention). Each treatment lasted 12 sessions or 9 hours and was applied for 4 weeks during curricular PE classes. Both the traditional didactic intervention and the gamified exergaming intervention were applied in the same way by the same teacher. Treatments were applied to the year-6 and year-7 students at primary schools.

At the end of each intervention, the same final dance performance evaluation test that consisted in creating and representing group choreography in groups of 5-7 people was

used in both groups to measure the dance task execution level. This measure represented academic PE-related performance and was based on the following criteria:

- Expressivity. Implies that the student continuously performs and perfects the expression of movements during the dance.
- Interaction during the dance. It implies that the student dances in coordination with the rest of his/her classmates.
- Expressive quality of the dance. It implies that the student participates in the elaboration of a choreography rich in expressive resources.
- Rhythm. It implies that the student controls musical and corporal rhythm while performing a dance with musical support.
- Concatenation. It implies that the student performs the dance movements in a chained manner. That is, (s)he has the ability to anticipate the rhythmic steps that must be done to adapt and adjust coordinated body movements.

Each criterion had a scale ranging from 1 to 5, being 5 the best quality of execution and 1 the worst quality of execution. All performances were filmed. Then, the evaluation of each criterion was subsequently carried out, observing each student one by one. Thus, not all students in each group were tested at the same time.

The *Just Dance Now* exergame was used because it is compatible with the facilities of the participating schools and is based on accessible materials (screen projector, laptop, smartphone and the Internet). Its use is justified by its huge commercial success worldwide and its extensive use for youths' leisure (Allsop et al., 2013), and because it has been scientifically studied (Gao et al., 2016; Li & Lwin, 2016; Lin, 2015; Nyberg & Meckbach, 2017; Thin et al., 2013). Playing with a smartphone is a strategy to help acquire a good psychological attitude and young people are used to employing it (Beltran-Carrillo et al., 2015). The experimental treatment design allowed all the students to dance several times during all sessions.

In order to gamify learning contents, 10 exergame dances were previously selected from 300 dances. The selection criteria were motor difficulty, the dance's cultural variety, and the adjustment of values to Primary Education: Level 1 «Rasputin»; Level 2 «Crazy Christmas»; Level 3 «Boogie Wonderland»; Level 4 «Aquarius»; Level 5 «Let's groove»; Level 6 «#thatPOWER»; Level 7 «Hungarian Dance no. 5»; Level 8 «I will survive»; Level 9 a dance chosen by the group of students; Level 10 «Jambo Mambo». All the dances are available on the official exergame website (<<https://justdancenow.com/>>). To make the intervention sessions gamified, the ClassDojo virtual platform was used.

2.3.4.3.2. Paradigm

The participants performed a bimanual coordination digital flexion-extension task adapted from Wilson et al. (2014). They had to be seated with their arms in a comfortable and neutral position, with their elbows bent at a 90 degree angle so that

their thumbs pointed upwards. During the baseline period without movement, the participants were asked to keep their index fingers extended and their other fingers flexed into a fist. Once prepared, they were instructed to remain immobile and to be attentive to the reproduction of two differentiated auditory tones that each indicated a different condition. These conditions were presented in a pseudo-random order:

- The condition «anti-phase» consisted of the participants alternately flexing their index finger on one of their hands in unison with extending the opposite index finger (asymmetrically).
- The condition in parallel or «in phase» consisted of the flexion and extension of both index fingers in unison (symmetrically).

In any case, the frequencies of the respective movements of the coordinated fingers were maintained at a pace set by the participants themselves and remained constant throughout both conditions. Each condition was constituted by five trials, and each trial involved making bimanual movements for 15 seconds, followed by a 25-second baseline without movements. Each trial lasted 40 seconds.

2.3.4.3.3. fNIRS recording

fNIRS measures were acquired at two different time points (before and after intervention) by an NIRScout system (NIRx Medical Technologies LLC, Glen Head, New York, USA) of 64 channels (with 8 sources of light and 8 detectors) covering the SMA. The sources and detectors that formed part of the cap (or NIRScap) were separated by a distance of 30 mm, and a wavelength frequency of between 750 nm and 2,600 nm was used. The signals obtained in the different channels were measured at a sampling rate of 7.81 Hz. The software NIRStar (version 14.2, NIRx Medizintechnik GmbH, Berlin, Germany) was used for data collection.

2.3.4.3.4. fNIRS data analysis

The obtained signal was analysed and transformed offline using the nirsLAB toolbox software (version 2016.01, NIRx Medical Technologies LLC, Glen Head, New York, USA), according to its wavelength and location, which resulted in values for changes in the concentrations of oxy-Hb and deoxygenated haemoglobin (deoxy-Hb) for each channel. The raw data for oxy-Hb and deoxy-Hb were digitally band-pass filtered at 0.01-0.2 Hz and converted into this using Beer-Lamberts law (Delpy et al., 1988). A statistical analysis was conducted on changes in oxy-Hb.

For this purpose, the SMA oxy-Hb concentrations under both «In-phase» conditions and «anti-phase» conditions were extracted as GLM coefficients (betas) for each participant and each channel (at each acquisition time, for example, before and after intervention). Then betas were averaged by condition (also at each acquisition time) to increase the signal-to-noise ratio.

A repeated-measures ANOVA was conducted with the fNIRS SMA oxy-Hb concentration level as the dependent variable, and acquisition time (2: before the intervention, after the intervention) and task condition (2: in-phase condition, anti-phase condition) as the repeated factors, and intervention (2: traditional didactic intervention, gamified exergaming intervention) as the between factor. Significant interaction effects were followed up using paired t-tests.

The correlation analyses (bivariate Pearson correlational values) were applied to test the relation between academic PE-related performance and change in the SMA oxy-Hb concentration level due to intervention. This change was calculated for each condition (in-phase condition and anti-phase condition) by subtracting the concentration level of oxy-Hb at the post-intervention time, minus the level before the intervention. Thus when the difference value was more negative, it meant that greater SMA deactivation resulted from the intervention. Likewise, correlations were conducted with the quantitative assessment of the criteria rhythm and concatenation given the study's rationale (see Tabla 22 for performance data for each intervention group).

Tabla 22. Performance data related to rhythm and concatenation (the scale ranged from 1 [worst quality of execution] to 5 [best quality of execution])

	Rhythm	Concatenation
Traditional didactic intervention group	2.80 (1.30)	2.40 (1.14)
Gamified exergaming intervention group	4.75 (0.50)	4.00 (0.82)

Mean (standard deviation).

Source: own elaboration.

All the statistical analyses were performed using SPSS (version 22.0 <<https://www.ibm.com/es-es/analytics/spss-statistics-software>>) and the ANOVA analysis threshold was set at ≤ 0.008 with Bonferroni adjustment (Bland & Altman, 1995). For any ANOVA significant effects, the effect size was also reported (eta-squared, η_p^2). The threshold was set at ≤ 0.05 for the other analyses.

2.3.4.4. Results

The ANOVA performed on the SMA oxy-Hb concentration levels showed non significant acquisition time effect ($F_{1,7} = 0.37$; $p = 0.854$), non significant task condition effect ($F_{1,7} = 4.64$, $p = 0.068$) and non significant intervention effect ($F_{1,7} = 1.12$; $p = 0.324$). But, analyses showed a significant interaction effect for acquisition time X intervention ($F_{1,7} = 14.38$; $p = 0.007$; $\eta_p^2 = .067$) (see figure 23). Specifically, in the control (traditional didactic intervention) group, no statistically significant differences appeared considering acquisition time factor (before *versus* after) for any task condition ($p > 0.05$). In the gamified exergaming intervention group, statistically significant differences appeared considering acquisition time factor for the in-phase

condition ($t_3 = 8.08$; $p = 0.004$) (see figure 23), but not for the anti-phase condition ($p > 0.05$). Thus under the in-phase condition, there were no between-group statistical significant differences for the acquisition time before the intervention ($p > 0.05$), but there were statistically significant between-group differences for the acquisition time after the intervention ($t_7 = 2.60$; $p = 0.035$) (see Figure 27).

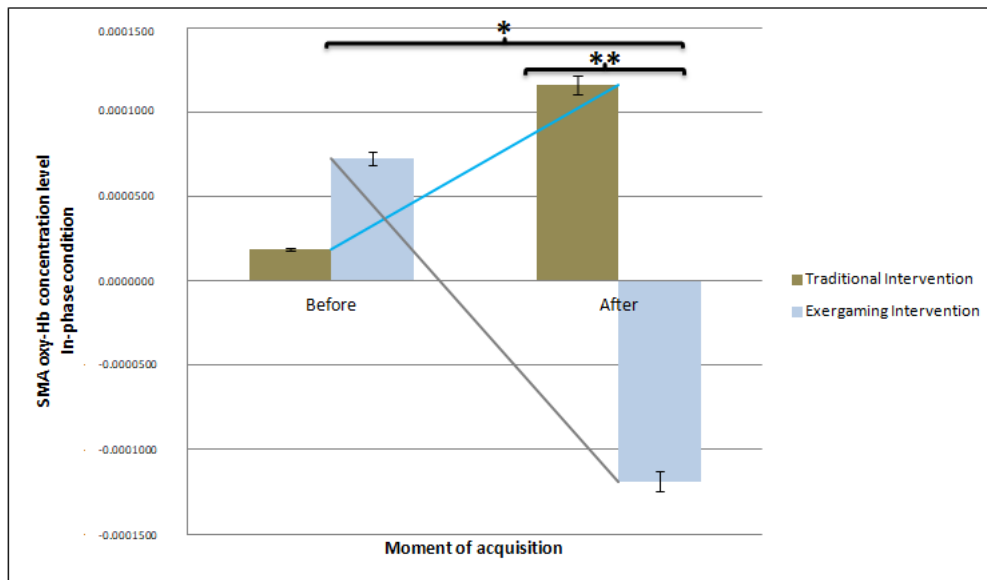


Figure 27. Between-groups and within-group differences in the SMA oxy-Hb concentration level under the in-phase condition for acquisition time

Notes:

* Within-group differences in the exergaming intervention group in the SMA oxy-Hb concentration level under the in-phase condition when comparing the before intervention acquisition time to the after intervention acquisition time.

** Between-groups differences in the SMA oxy-Hb concentration level for the in-phase condition at after intervention acquisition time.

Lines representing acquisition time X Intervention interaction effect. The blue line represents the tendency of the SMA oxy-Hb concentration level in traditional didactic intervention group when considering both the before intervention and after intervention acquisition times for the in-phase condition of the task. The gray line denotes the tendency of the SMA oxy-Hb concentration level in the gamified exergaming intervention group when considering both the before intervention and after intervention acquisition times for the In-phase condition of the task.

Bar plots represent standard error (SE).

Source: own elaboration.

For the correlations analyses, given that there were no between-group statistical significant differences for the criteria concatenation ($p > 0.05$) but there were statistically significant between-group differences for the criteria rhythm ($t_7 = - 2.80$; $p = 0.027$), a significant negative correlation between change in the SMA oxy-Hb concentration level due to intervention (in the In-phase condition) and the obtained

rhythm score was found ($r = -0.78$; $p = 0.014$) (see Figure 28). Likewise, we obtained a coefficient correlation of -0.61 ($p = 0.08$) when we conducted a correlational analysis between change in the SMA oxy-Hb concentration level due to intervention (in the in-phase condition) and the obtained concatenation score (see Figure 29). We did not obtain any other correlational effect.

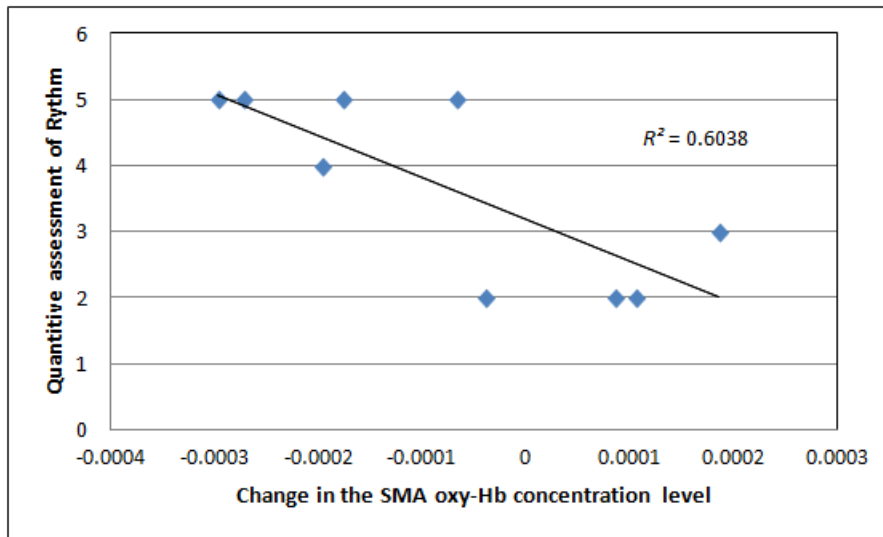


Figure 28. Negative correlation between change in the SMA oxy-Hb concentration level due to intervention (in the in-phase condition) and the obtained rhythm score ($p = 0.014$)

Note: R^2 represents coefficient of determination.

Source: own elaboration.

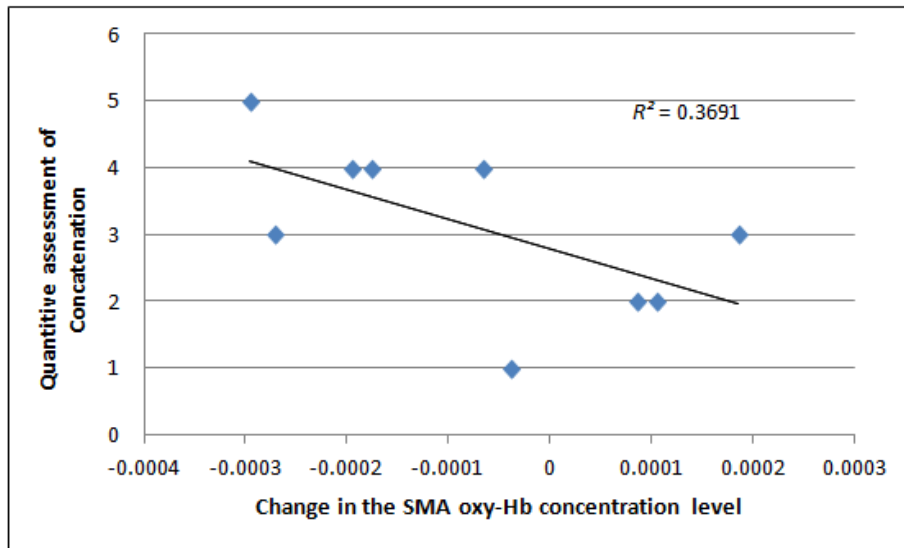


Figure 29. Correlational analysis between change in the SMA oxy-Hb concentration level due to intervention (in the In-phase condition) and the obtained concatenation score ($p = 0.08$)

Note: R^2 represents coefficient of determination.

Source: own elaboration.

2.3.4.5. Discussion

The literature shows that exergames are considered a valuable component in programmes to enhance psychomotor functioning (Gioftsidou et al., 2013; Peng, Crouse, & Lin, 2013; Vernadakis, Gioftsidou, Panagiotis, Ioannidis, & Giannousi, 2012). Hence some evidence indicates a positive impact of exergames on children's motor skill acquisition (Vernadakis et al., 2015). The use of exergames as a form of exercise incorporates fundamental motor learning elements (Yen et al., 2011). The physical activities performed in these games include motor tasks that involve a wide range of sensory feedback, adjustable motor amplitudes, speed and precision levels, and the incorporation of a variety of visual-spatial, cognitive and attention tasks (Salem, Gropack, Coffin, & Godwin, 2012). Specifically, the study shows differential changes in the brain activity pattern of the SMA in view of the demand to perform bimanual digital flexion-extension coordination exercises when comparing both the control and experimental groups before and after performing the intervention based on using the exergame and gamification. The results show that the pattern of activity seemed more efficient for the group that performed the gamified exergaming intervention than for the group that performed the traditional didactic intervention. This result might reveal some type of neurofunctional effect on motor processes in relation to SMA activity due to using a gamifier educational resource in PE classes.

The experimental group showed less SMA activation during the bimanual coordination task after the exergaming didactic intervention compared to the before intervention acquisition time. This effect was not obtained in the control group. This result could be associated with the fact that exergaming has a positive effect on brain functioning related with movement, which involves lower activation and less effort to perform coordination tasks. As in previous studies, less SMA activation took place when raising the motor skill level (Ross, Tkach, Ruggieri, Lieber, & Lapresto, 2003a). «Economy of effort» is also a feature of skilled psychological performance (Hatfield & Hillman, 2001b). However, with higher cognitive demands the effects of exergaming may not come over clearly. Thus no significant differences were observed herein between the before and after intervention times in the intervention group for the anti-phase condition. This result could be related to the fact that anti-phase patterns are less stable and require much more attention (Zanone et al., 2001). Likewise, our In-phase condition effect could be also associated with functional aspects. The SMA could be subdivided into SMA proper and a more anterior part (for example, the pre-SMA) (Nachev et al., 2008). SMA proper is activated in motor control task of movement initiation and temporal triggering, and pre-SMA seems to be related with cognitive control functions (Hertrich, Dietrich, & Ackermann, 2016; Van-Gaal, Scholte, Lamme, Fahrenfort, & .R., 2011). It might be possible that tasks with also higher cognitive demands would involve the pre-SMA too, showing different effects of the intervention on SMA. There is also evidence reporting that activation magnitude in the SMA

correlates positively with healthy participants performing anti-phase trials (Goble, 2010). But also with participants who have age-related motor declines. These results show that recruiting the SMA more leads to improved antiphase coordination.

The SMA shapes an appropriate motor plan in a task-specific manner during motor execution (Sarfeld et al., 2012; Welniarz et al., 2019b). Indeed interhemispheric communication is involved in motor execution, even during the period preceding movement made up of different steps ranging from decision-making to movement execution (motor preparation), and is properly modulated by the SMA (Welniarz et al., 2019b). Therefore, our results could be related to the fact that exergaming intervention involves efficient SMA functioning for motor preparation during coordination that requires no complex cognitive resources. In fact, Hatfield, Haufler, Hung, y Spalding (2004) determined that elite motor performance is associated with diminished cortical activation.

Likewise, our correlational results could support the notion that those subjects who present reduced SMA activation could display efficient motor preparation, which could be associated with better dance task execution that involves rhythmic and motor preparing components. Our participants specifically showed a lower oxy-Hb SMA level after the intervention and better rhythmic performance during the final dance performance evaluation test. This is a correlational effect that considers a brain area to be related to the fact that preparing timely motor actions needs predictions of future events (Cadena-Valencia, García-Garibay, Merchant, Jazayeri, & Lafuente, 2018). A major change in SMA activation due to the exergaming intervention could be associated with students' efficient preparatory motor activity capacity to perform a dance properly as an academic task. This result could be associated with previous evidence determining that reduced brain activity during motor learning reflects neural efficacy improvements (Gobel, Parrish, & Reber, 2011; Reithler, Mier, & Goebel, 2010).

This study has some limitations given its exploratory nature. This pilot study recruited only a few participants, so further validation with a larger sample size is necessary. Nevertheless, several studies conducted with fNIRS have reported similar sample sizes. The present study focused the analyses only on oxy-Hb measurements and does not report any deoxy-Hb-related effects. The reasons for this are associated with the higher signal-to-noise ratios of oxy-Hb *versus* deoxyHb, and reduced inter-subject variability (Wilson et al., 2014). Furthermore, Jantzen, Steinberg, y Kelso (2009) have reported that when movement frequency increases, SMA activity can also increase. So as frequency could modulate SMA activation, movement frequency while performing the task could also be manipulated. Moreover, it would be interesting to study the effects of such interventions according to gender as a future research line. Future studies could include different gamification elements, for example, another exergame or distinct PE contents, to apply and compare them. The association between neurofunctional

effects and other psychological variables, such as motivation, satisfaction and physical self-concept, could also be studied.

To conclude, our study reports neurofunctional evidence for the effects of exergames on motor coordination. These results represent an opportunity to establish a neuroeducational approach to determine the impact of an innovative intervention at school.

2.3.4.5. Bibliographic references

- Allsop, S., Rumbold, P. L. S., Debusse, D., & Dodd-Reynolds, C. (2013). Real Life Active Gaming Practices of 7-11-Year-Old Children. *Games for Health Journal*, 2(6), 347-353. doi: 10.1089/g4h.2013.0050
- Beltran-Carrillo, V. J., Beltran-Carrillo, J. I., Gonzalez-Cutre, D., Biddle, S. J. H., & Montero-Carretero, C. (2015). Are Active Video Games Associated With Less Screen Media or Conventional Physical Activity? *Games and Culture*, 11(6), 608-624. doi: 10.1177/1555412015574941
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1995). Multiple significance tests: the Bonferroni method. *British Medical Journal*, 310, 170.
- Bo, J., Peltier, S. J., Noll, D. C., & Seidler, R. D. (2011). Symbolic representations in motor sequence learning. *Neuroimage*, 54(1), 417-426.
- Borges, S., Durelli, V., Reis, H., & Isotani, S. (2014). *A Systematic Mapping on Gamification Applied to Education*. Paper presented at the 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing, Nueva York.
- Cadena-Valencia, J., García-Garibay, O., Merchant, H., Jazayeri, M., & Lafuente, V. (2018). Entrainment and maintenance of an internal metronome in supplementary motor area. *eLife*, 7. doi: 10.7554/eLife.38983
- Cordero, A., De-la-Cruz, M. V., González, M., & Seisdedos, N. (2009). *Factor G. Escalas 2 y 3 (Culture Fair Intelligence Tests Spanish Adaptation)*. Madrid: TEA Ediciones.
- Daniel, D., B. (2012). Promising principles: translating the science of learning to educational practice. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 1(4), 251-253. doi: 10.1016/j.jarmac.2012.10.004
- Daza, J. (2007). *Evaluación clínico-funcional del movimiento corporal humano*. Bogotá: Editorial Médica Panamericana.
- De-Manzano, Ö., & Ullén, F. (2012). Activation and connectivity patterns of the presupplementary and dorsal premotor areas during free improvisation of melodies and rhythms. *Neuroimage*, 63, 272-280. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.06.024
- Di Tore, P. A., & Gaetano, R. (2012). Exergame-design and Motor Activities Teaching: An Overview of Scientific Paradigms on Motor Control. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 3(11), 119-122.
- Duque, J., Lew, D., Mazzocchio, R., Olivier, E., & Ivry, R. B. (2010). Evidence for two concurrent inhibitory mechanisms during response preparation. *The Journal of Neuroscience*, 30, 3793-3802. doi: 10.1523/JNEUROSCI.5722-09.2010
- Gao, Z., Lee, J. E., Pope, Z., & Zhang, D. (2016). Effect of Active Videogames on Underserved Children's Classroom Behaviors, Effort, and Fitness. *Games for Health Journal*, 5(5), 318-324. doi: 10.1089/g4h.2016.0049
- Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. England: Palgrave Macmillan.

- Gioftsidou, A., Vernadakis, N., Malliou, P., Batzios, S., Sofokleous, P., Antoniou, P., . . . Godolias, G. (2013). Typical balance exercises or exergames for balance improvement? *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, *26*(3), 299-305. doi: 10.3233/BMR-130384
- Gobel, E. W., Parrish, T. B., & Reber, P. J. (2011). Neural correlates of skill acquisition: decreased cortical activity during a serial interception sequence learning task. *Neuroimage*, *58*(4), 1150-1157. doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.06.090
- Goble, D. J., Coxon, J. P., Impe, A. van, Vos, J. de, Wenderoth, N. and Swinnen, S. P. . (2010). The neural control of bimanual movements in the elderly: brain regions exhibiting age-related increases in activity, frequency-induced neural modulation, and task-specific compensatory recruitment. *Human Brain Mapping*, *31*, 1.281-281.295. doi: 10.1002/hbm.20943
- González, C., & Navarro, V. (2015). A Structural Theoretical Framework Based on Motor Play to Categorize and Analyze Active Video Games. *Games and Culture*, *11*(7-8), 690-719. doi: 10.1177/1555412015576613
- Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: from research to practice. *Nature Reviews Neuroscience*, *7*(5), 406-413. doi: 10.1038/nrn1907
- Grahn, J. A., & Brett, M. (2007). Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *19*, 893-906. doi: 10.1162/jocn.2007.19.5.893
- Hatfield, B. D., Haufler, A. J., Hung, T. M., & Spalding, T. W. (2004). Electroencephalographic studies of skilled psychomotor performance. *Journal of Clinical Neurophysiology*, *21*(3), 144-156.
- Hatfield, B. D., & Hillman, C. H. (2001). The psychophysiology of sport: a mechanistic understanding of the psychology of superior performance. In R. N. Singer, H. A. Hausenblas & C. M. Janelle (Eds.), *Handbook of Sport Psychology* New York: John Wiley.
- Hertrich, I., Dietrich, S., & Ackermann, H. (2016). The role of the supplementary motor area for speech and language processing. *Neuroscience and Biobehavioral Review*, *68*, 602-610. doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.06.030
- Howard-Jones, P. (2007). *Neuroscience and Education: Issues and Opportunities*. London: University of London.
- Howard-Jones, P., Holmes, W., Demetriou, S., Jones, C., Tanimoto, E., Morgan, O., & Davies, N. (2015). Neuroeducational research in the design and use of a learning technology. *Learning, Media and Technology*, *40*(2), 227-246. doi: 10.1080/17439884.2014.943237
- Hsu, J. K., Thibodeau, R., Wong, S. J., Zukiwsky, D., Cecile, S., & Walton, D. M. (2011). A "Wii" bit of fun: the effects of adding Nintendo Wii(®) Bowling to a standard exercise regimen for residents of long-term care with upper extremity dysfunction. *Physiother Theory Pract*, *27*(3), 185-193. doi: 10.3109/09593985.2010.483267
- Jantzen, K. J., Steinberg, F. L., & Kelso, J. S. (2009). Coordination dynamics of large-scale neural circuitry underlying rhythmic sensorimotor behavior. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *21*(12), 2420-2433. doi: 10.1162/jocn.2008.21182.
- Kelso, J. A. S., Scholz, J. P., & Schoner, G. (1986). Non-equilibrium phase transitions in coordinated biological motion: critical fluctuations. *Physics Letters A*, *118*, 279-284.
- Larraz, A. (2012). La Expresión Corporal en la Escuela Primaria experiencias desde la Educación Física. In G. y. C. Sánchez-Sánchez, J. (Ed.), *La expresión corporal en*

la enseñanza universitaria (pp. 179-188). Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.

- Li, B. J., & Lwin, M. O. (2016). Player see, player do: Testing an exergame motivation model based on the influence of the self avatar. *Computers in Human Behavior*, 59, 350-357. doi: 10.1016/j.chb.2016.02.034
- Lin, J. H. (2015). "Just Dance": The Effects of Exergame Feedback and Controller Use on Physical Activity and Psychological Outcomes. *Games Health J*, 4(3), 183-189. doi: 10.1089/g4h.2014.0092
- Miura, A., Fujii, S., Okano, M., Kudo, K., & Nakazawa, K. (2016). Finger-to-beat coordination skill of non-dancers, street dancers, and the world champion of a street-dance competition. *Frontiers in Psychology*, 7, 1-10. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00542
- Miura, A., Kudo, K., & Nakazawa, K. (2013). Action-perception coordination dynamics of whole-body rhythmic movement in stance: a comparison study of street dancers and non-dancers. *Neuroscience Letters*, 544, 157-162. doi: 10.1016/j.neulet.2013.04.005
- Nachev, P., Kennard, C., & Kennard, C. (2008). Functional role of the supplementary and pre-supplementary motor areas. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, 856-869.
- Nyberg, G., & Meckbach, J. (2017). Exergames 'as a teacher' of movement education: exploring knowing in moving when playing dance games in physical education. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 22(1), 1-14. doi: 10.1080/17408989.2015.1112778
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-133.
- Olshansky, M. P., Bar, R. J., Fogarty, M., & DeSouza, J. F. X. (2015). Supplementary motor area and primary auditory cortex activation in an expert break-dancer during the kinesthetic motor imagery of dance to music. *Neurocase*, 21(5), 605-617. doi: 10.1080/13554794.2014.960428
- Peng, W., Crouse, J. C., & Lin, J. H. (2013). Using active video games for physical activity promotion: a systematic review of the current state of research. *Health Educ Behav*, 40(2), 171-192. doi: 10.1177/1090198112444956
- Quintas, A. (2019). Análisis del potencial didáctico de los exergames: reconceptualización y enfoque pedagógico. *Scholè. Rivista di educazione e studi culturali*, 3(1), En prensa.
- Reithler, J., Mier, H. I., & Goebel, R. (2010). Continuous motor sequence learning: cortical efficiency gains accompanied by striatal functional reorganization. *Neuroimage*, 52(1), 263-276. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.03.073
- Ross, J. S., Tkach, J., Ruggieri, P. M., Lieber, M., & Lapresto, E. (2003). The Mind's eye: functional MR imaging evaluation of golf motor imagery. *American Journal of Neuroradiology*, 24, 1036-1044.
- Ryan, K., Schranz, A. L., Dugal, N., & Bartha, R. (2019). Differential effects of transcranial direct current stimulation on antiphase and inphase motor tasks: a pilot study. *Behavioural Brain Research*, 366, 13-18. doi: 10.1016/j.bbr.2019.03.014
- Salem, Y., Gropack, S. J., Coffin, D., & Godwin, E. M. (2012). Effectiveness of a low-cost virtual reality system for children with developmental delay: a preliminary randomised single-blind controlled trial. *Physiotherapy*, 98(3), 189-195. doi: 10.1016/j.physio.2012.06.003
- Sarfeld, A. S., Diekhoff, S., Wang, L. E., Liuzzi, G., Uludag, K., Eickhoff, S. B., . . . Grefkes, C. (2012). Convergence of human brain mapping tools: neuronavigated

- TMS parameters and fMRI activity in the hand motor area. *Human Brain Mapping*, 33(5), 1107-1123. doi: 10.1002/hbm.21272
- Sheehan, D., & Katz, L. (2010). Using Interactive Fitness and Exergames to Develop Physical Literacy. *Physical & Health Education Journal*, 76(1), 12-19.
- Smethurst, C. F., & Carson, R. G. (2001). The acquisition of movement skills: practice enhances the dynamic stability of bimanual coordination. *Human Movement Science*, 20, 499-529.
- Tanaka, K., Parker, J. R., Baradoy, G., Sheehan, D., Holash, J. R., & Katz, L. (2012). A Comparison of Exergaming Interfaces for Use in Rehabilitation Programs and Research. *Loading... The Journal of the Canadian Game Studies Association*, 6(9).
- Thin, A. G., Brown, C., & Meenan, P. (2013). User experiences while playing dance-based exergames and the influence of different body motion sensing technologies. *International Journal of Computer Games Technology*. doi: 10.1155/2013/603604
- Van-Gaal, S., Scholte, H. S., Lamme, V. A., Fahrenfort, J. J., & .R., R. K. (2011). Pre-SMA graymatter density predicts individual differences in action selection in the face of conscious and unconscious response conflict. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(2), 382-390.
- Vernadakis, N., Gioftsidou, A., Panagiotis, A., Ioannidis, D., & Giannousi, M. (2012). The impact of Nintendo Wii to physical education students' balance compared to the traditional approaches. *Computers & Education*, 59(2), 196-205. doi: 10.1016/j.compedu.2012.01.003
- Vernadakis, N., Papastergiou, M., Zetou, E., & Antoniou, P. (2015). The impact of an exergame-based intervention on children's fundamental motor skills. *Computers & Education*, 83, 90-102. doi: 10.1016/j.compedu.2015.01.001
- Welniarz, Q., Gallea, C., Lamy, J.-C., Méneret, A., Popa, T., Valabregue, R., . . . Roze, E. (2019). The supplementary motor area modulates interhemispheric interactions during movement preparation. *Human Brain Mapping*, 40(7), 2.125-122.142. doi: 10.1002/hbm.24512
- Wilson, T. W., Kurz, M. J., & Arpin, D. J. (2014). Functional specialization within the Supplementary Motor Area: a fNIRS study of bimanual coordination. *Neuroimage*, 85(1).
- Yen, C., Lin, K., Hu, M., Wu, R., Lu, T., & Lin, C. (2011). Effects of virtual reality-augmented balance training on sensory organization and attentional demand for postural control in people with Parkinson disease: a randomized controlled trial. *Physical Therapy*, 91, 862-874. doi: 10.2522/ptj.20100050
- Zanone, P. G., Monno, A., Temprado, J. J., & Laurent, M. (2001). Shared dynamics of attentional cost and pattern stability. *Human Movement Science*, 20(6), 765-789. doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-9457\(01\)00055-0](https://doi.org/10.1016/S0167-9457(01)00055-0)

3. DISCUSIÓN

El objetivo principal de la tesis doctoral era analizar en qué medida la gamificación educativa MDA como método didáctico y el *exergame* JDN como material educativo son (o no) fenómenos útiles y aplicables desde la perspectiva educativa, añadiendo pruebas empíricas de tipo motriz, psicológico y neurológico mediante un experimento natural basado en el diseño e implementación de una intervención interdisciplinar en educación física y musical en el contexto escolar de primaria.

El primer estudio de la tesis ha permitido comprender mejor mediante una metodología cualitativa y un análisis de contenido la aplicabilidad de la intervención educativa comprendiendo cómo ha influido en la comunidad educativa participante, complementando e interpretando los efectos encontrados en los otros estudios de la tesis, así como pudiendo diferenciar ciertos efectos causados por la gamificación MDA o por el *exergame* JDN. Los facilitadores fueron el realismo del diseño didáctico y su adaptabilidad a diferentes contextos educativos. Los obstáculos para la aplicabilidad no fueron menores, siendo aquellos derivados de la logística, en concreto la falta de *smartphones* y la necesidad de un WiFi suficientemente potente, lo que hace a este programa educativo muy dependiente de cuestiones materiales. La actitud de profesorado y alumnado fue muy positiva, pero la expectativa de uso futuro no fue concluyente, principalmente por la escasez de materiales específicos. La logística de los materiales e instalaciones fue una de las principales barreras encontradas, al igual que hallaron cualitativamente otros estudios similares de forma más acentuada —por el uso de materiales aún más caros y pesados, como las alfombras de baile— (Azevedo et al., 2014; Watson et al., 2016). El profesorado consideró aplicable la intervención al considerar que esta se mostraba compatible con métodos didácticos tradicionales, y porque con los *exergames* y la gamificación se desarrolla la actividad física y se posibilita avanzar en el conocimiento curricular del alumnado. No se encontró gran expectativa de uso, sobre todo respecto al *exergame*, debido a razones ya halladas en otras investigaciones, como son la falta de formación específica (Quan et al., 2018), o la consideración del *exergame* como compatible pero no esencial en la EF, teniendo otras preferencias metodológicas y de contenido curricular (Watson et al., 2016). Por parte del alumnado, la actitud general hacia el *exergame* JDN fue positiva, aunque se identificó una barrera asociada a cierta frustración cuando la tecnología fallaba repetidamente, al igual que se encontró en otros estudios con diferentes *exergames* (Robertson et al., 2016; Staiano et al., 2012; Watson et al., 2016). Hubo una gran afinidad del alumnado tanto hacia el JDN como hacia el *ClassDojo*, lo que es uno de los principales facilitadores de la intervención educativa. Esta afinidad ya fue reconocida en otros estudios cualitativos, tanto por padres (De Vet et al., 2014; Dixon et al., 2010) como por profesores (Robertson et al., 2016; Watson et al., 2016).

Este primer estudio, por el planteamiento cualitativo utilizado, ha permitido ganar poder de interpretación y comprensión de efectos hallados cuantitativamente en otros

estudios de la tesis. En concreto, y a pesar de los comentarios positivos en el resto de actividades de baile, se ha encontrado como categoría emergente la vergüenza asociada a la expresión corporal y el baile, la cual podría explicar posiblemente el descenso de la motivación intrínseca hallada en el segundo estudio en el grupo control y el no-ascenso en el grupo experimental, como se halló en otros estudios (Dubbels, 2009; Watson et al., 2016). Este estudio cualitativo ha permitido confirmar que puede haber habido un mayor efecto motivante y de promoción del PEx en aquel alumnado que ya estaba acostumbrado a los videojuegos (Watson et al., 2016); igualmente, es coherente con lo hallado en el cuarto estudio, donde el grupo experimental mejoró su actitud hacia los *exergames*, pero no la intención de hacer PEx de forma tradicional, coincidiendo con varios estudios cuantitativos (Lau et al., 2016; Madsen, Yen, Wlasiuk, Newman, & Lustig, 2007; Sun, 2013). Por otro lado, se confirmó la vivencia de diversión, motivación y aprendizaje por parte del alumnado, como se ha hallado en otras investigaciones (Dixon et al., 2010; Dubbels, 2009; Robertson et al., 2016; Watson et al., 2016). Se ha podido discriminar ciertos efectos del *exergame* JDN con los de gamificación MDA: los efectos específicos del *exergame* se han podido asociar más con la transformación en la percepción del tiempo, el gusto por el baile y la alternativa de ocio, sin embargo, la mayoría de las dinámicas gamificadoras usadas se han podido asociar con la sensación de éxito, la sensación de progreso, el refuerzo, la acumulabilidad, la cooperación, la competitividad y la sensación de desafío. Las propuestas de mejora del programa educativo para hacerlo más aplicable y útil son, según el profesorado, conseguir una mayor coordinación de los espacios en el centro escolar y una adquisición de *smartphones* mediante recolectas voluntarias, y según el alumnado, la elección de canciones más modernas y optar más por el baile que por la expresión corporal; algunas de estas propuestas fueran ya halladas en otros estudios (Dubbels, 2009). Los resultados de esta primera investigación implican que sea uno de los pocos estudios actuales que proporcionan pruebas empíricas positivas para la gamificación, aunque también ha hallado varias barreras y dificultades para su aplicabilidad y utilidad asociada con el *exergame* y la gamificación.

Se definió la aplicabilidad como la capacidad de un programa educativo para llevarse a cabo en la escuela fácilmente [facilitadores], con el mínimo de obstáculos [barreras], con la mayor predisposición de los maestros [actitud, expectativa de uso y formación] y estudiante [actitud, afinidad], perdurable en el tiempo [continuidad], para desarrollar el currículo educativo. Los facilitadores fueron el realismo de su diseño didáctico y su adaptabilidad a diferentes contextos educativos. Las principales barreras fueron los materiales e instalaciones necesarios, que sin duda son determinantes para su aplicación o no aplicación. La actitud de profesorado y alumnado fue muy positiva, pero la expectativa de uso no fue positiva, así como el nivel de formación del profesorado en esta materia específica (Azevedo et al., 2014; Robertson et al., 2016). La compatibilidad con el currículo escolar fue completa, y hubo gran afinidad en el alumnado por el

programa educativo (Azevedo et al., 2014; De Vet et al., 2014; Dixon et al., 2010; Robertson et al., 2016). La aplicabilidad del programa educativo diseñado e implementado se tornaría casi completa si se atiende a dos elementos identificados en este estudio: la adquisición/dotación del material necesario, especialmente los *smartphones*, y el ajuste de los contenidos y actividades a ciertas preferencias del profesorado y alumnado. Por todo ello, a nivel de aplicabilidad, esta innovación educativa diseñada e implementada parece parcialmente aplicable.

El segundo estudio ha permitido probar que una intervención educativa gamificada y con *exergame* puede tener algunos efectos psicológicos más positivos en comparación con una intervención educativa similar sin gamificar y sin *exergames*, aceptando H7, H8 y H9, y rechazando H4, H5 y H6. En concreto, puede haber efectos más beneficiosos en la motivación intrínseca, la regulación externa, la desmotivación, el cambio en la percepción del tiempo, la experiencia autotélica y las BPN tomadas en conjunto. La mejoría encontrada en motivación intrínseca, regulación externa y desmotivación contrastan con varios estudios previos que hallaron una reducción de la motivación intrínseca y un aumento del locus externo de causalidad concebido como control externo o un aumento de la desmotivación (Hanus & Fox, 2015; Lavoue et al., 2019; Mekler et al., 2017). Ello puede ser explicado por haber planteado un diseño no únicamente centrado en la arquitectura PBL sino en la MDA, creando un contexto-clima más que una única mecánica de donación de puntos, donde los refuerzos tengan sentido contextual y no siempre sean esperados, como aconseja literatura previa (Boticki et al., 2015; Deci et al., 2001; Lepper et al., 1973). Se ha argumentado que, en un entorno percibido como no controlador, la implementación bien pensada de la gamificación podría mejorar la motivación intrínseca al satisfacer la BPN de los participantes, como ha sido el caso de este estudio (Peng et al., 2012). No obstante, cabe mencionar que los valores absolutos del grupo experimental no fueron ascendientes en la motivación intrínseca o descendientes en la desmotivación (al igual que en el grupo control), lo que podría deberse al contenido del baile, el programa educativo concreto aplicado o al maestro que impartió las clases. La ventaja del diseño experimental planteado es que esas tres variables estaban presentes en ambos grupos, por lo que ha permitido centrarse en la comparación de grupos y el análisis de mejora o empeoramiento relativo entre los grupos. Las BPN tomadas en conjunto mejoraron en el tiempo y de forma relativa al grupo control, como estudios previos permitían hipotetizar (Peng et al., 2012; Sailer et al., 2017); sin embargo, la competencia motriz percibida no mejoró en ninguno de los grupos, quizá por la naturaleza del contenido del baile o un nivel de desafío no percibido (Mekler et al., 2017). Por otro lado, la percepción del tiempo y la experiencia autotélica como dimensiones del estado de *flow* tuvieron puntos más altos en el grupo experimental debido al *feedback* inmediato y constante del *exergame* JDN, así como su elevado componente estético (Bronner et al., 2015; Lee et al., 2017b; Lin, 2015), si bien eran esperados resultados más significativos en el resto de dimensiones del *flow*

(Hamari & Koivisto, 2014). El primer estudio de la tesis también ha permitido hallar un beneficio en el rendimiento académico psicológico y motriz, es decir, en las variables de compromiso hacia el aprendizaje y el ritmo corporal-musical, pudiéndose explicar por la mayor participación y esfuerzo en las actividades de enseñanza-aprendizaje que produce el uso del *exergame*, así como la mayor exigencia cognitiva por la implicación de la gamificación y el *exergame*. Es importante señalar que no se puede descartar la variable extraña *novedad* o *fascinación inicial* ante el nuevo modelo con la gamificación y *exergame* (Benzing et al., 2016; Bonde et al., 2014; Çakıroğlu et al., 2017; Chang & Wei, 2015; Hsieh & Chen, 2019; Lee et al., 2017a; Peng et al., 2011), y no solo al propio diseño del programa educativo (Di Tore & Gaetano, 2012).

El tercer estudio aporta un análisis de variables psicológicas asociadas a la promoción del PEx como son el compromiso y la entrega hacia el aprendizaje, la diversión, la actitud hacia los *exergames*, la intención del futuro uso de los *exergames* y la intención de la futura realización de PEx, siendo el primer estudio que analiza este tema mediante un experimento natural en el contexto educativo aunando gamificación y *exergame*, así como siendo aplicada por el mismo profesor tanto en el grupo control como en el experimental. Así, se ha podido rechazar H₁₁ y H₁₅, y aceptar H₁₂, H₁₃ y H₁₄. La investigación aporta pruebas sobre el beneficio en variables como la diversión y la actitud hacia los *exergames*, sin embargo no encuentra pruebas concluyentes que permitan afirmar que este tipo de programas educativos promuevan la PEx, dado que no se hallaron resultados significativos en la motivación de logro o en la variable psicológica más directamente implicada, a saber, la intención hacia la futura práctica de PEx. Los resultados del presente estudio sobre la motivación del logro sugieren solo una modesta mejora de forma comparativa entre grupos, aunque se esperaba un efecto de interacción. Esto podría implicar que existe una capacidad similar de ambas didácticas (tradicional y gamificada) para generar motivación para el logro. Esta mejora podría explicarse parcialmente por una mayor compromiso y entrega hacia el aprendizaje que se halló en el grupo experimental (Bronner et al., 2015; Sun, 2013), por una mayor diversión conseguida de la experiencia (O'Brien & Toms, 2008) o por una mayor dedicación cognitiva fruto de haber adecuado la dificultad con la gamificación (Best, 2012). El grupo gamificado con *exergame* tuvo una experiencia más agradable que el grupo de control, coincidiendo con otros estudios que utilizaron la tecnología *Microsoft Kinect* (Gao & Mandryk, 2011), el juego de baile *Dance Dance Revolution* (Gao et al., 2013), *Wii Fit* (Garn et al., 2012), *iFitQuest* (Macvean & Robertson, 2012) o *Xbox kinect* (Vernadakis et al., 2015). La explicación de esta mejora podría deberse a los *feedbacks* constantes, a la sensación de desafío y a la dinámica de la recompensas (Lyons, 2015; Oliver et al., 2016), que son esenciales tanto en el JDN como en la gamificación MDA. El disfrute es la característica de la intervención gamificada actual que podría promover más PEx y el uso futuro de los *exergames*, ya que es un predictor significativo para la duración del juego, así como el número de veces de juego (Irwin,

Feltz, & Kerr, 2013). Este estudio apoya parcialmente tanto a la literatura que no halló eficacia en los *exergames* para promocionar la PEx (Lau et al., 2016) como a la literatura que sí halló intenciones de realizar PEx en los participantes (Garn et al., 2012; Lwin & Malik, 2012; Nguyen et al., 2016). Esto está asociado con la imposibilidad de saber si se generó de forma eficaz un clima motivacional orientado a la tarea, dado que los efectos positivos en diversión así lo sugiere, pero no la ausencia de una mejora en la PMC (Nicholls, 1984). Por tanto, la capacidad del *exergame* JDN y la gamificación MDA para promocionar PEx aún no está clara, y se deben realizar más estudios.

Por último, el cuarto estudio, de carácter exploratorio dada la escasez de estudios previos en cuanto a tema y método, ha permitido probar que una intervención educativa gamificada y con *exergame* puede tener algunos efectos neurofuncionales más positivos en comparación con una intervención educativa similar sin gamificar ni *exergames*, en concreto desarrollando un patrón motor más eficiente en cuanto a un menor uso cognitivo para realizar una misma tarea de coordinación motriz no cognitivamente compleja (H₁₆). Este resultado es compatible con el estudio de Ross, Tkach, Ruggieri, Lieber, y Lapresto (2003b), donde se halló también una menor activación de SMA al elevar el nivel de habilidad motriz; esta mayor *economía del esfuerzo* podría deberse a un mayor rendimiento de la habilidad neurofuncional, dado que un estudio previo determinó que el rendimiento motor de élite está asociado a una disminución de la actividad cortical (Hatfield & Hillman, 2001a). Parece que el *exergame* sí contribuye a una mejora del aprendizaje de habilidades motrices si se diseña en una adecuada tarea, incluso puede mejorar el rendimiento académico (Di Tore & Gaetano, 2012; Gioftsidou et al.; Peng et al., 2013; Pesce et al., 2013; Sheehan & Katz, 2010). Los resultados correlacionales de este estudio permiten pensar que la diferente activación del SMA debido a la intervención gamificada con *exergame* está asociada a una mayor eficiencia en la capacidad motora preparatoria, lo que explicaría el mayor rendimiento académico conseguido en el baile, dado que implica anticipación y preparación del ritmo corporal-musical (Cadena-Valencia, García-Garibay, Merchant, Jazayeri, & De Lafuente, 2018; Reithler, van Mier, & Goebel, 2010). No es descartable, por el diseño de investigación que auna la gamificación MDA y el *exergame* JDN, que la mejora del rendimiento académico, incluso de la coordinación motriz, se haya producido por componentes motivacionales y de diversión derivados de la gamificación que causara un mayor compromiso hacia las actividades de enseñanza-aprendizaje (Forés, Ligoiz, & UOC., 2009), por las emociones que produce (Casafont, 2019, pp. 75-76), por los neurotransmisores que activa (Redondo, 2019, pp. 119-120) o por el entusiasmo inicial ante la novedad de los métodos (Cuban, 2016, p. 37). Esto invita a abrir nuevas investigaciones que permitan realizar afirmaciones sobre los efectos psicológicos en aspectos neurofuncionales, dado que existe escasa literatura específica (Mullins & Sabherwal, 2020).

A nivel motor y de rendimiento académico, los cuatro estudios permiten afirmar que el tratamiento gamificado con *exergames* produce un mayor beneficio. Dado que los dos tratamientos fueron muy similares en las actividades de enseñanza-aprendizaje, el mayor rendimiento académico alcanzado en el grupo gamificado con *exergame* podría explicarse por el mayor compromiso y dedicación realizados durante las tareas (resultado hallado en el estudio 4), por el mayor tiempo dedicado por ejercicio (Bonde et al., 2014), por el mayor esfuerzo realizado (Nguyen et al., 2016), o por el mayor disfrute vivido (Limperos & Schmierbach, 2016). Estos resultados coinciden con los encontrados en estudios sobre gamificación (Chang & Wei, 2015; Domínguez et al., 2013) y *exergames* (Gao et al., 2013; Limperos & Schmierbach, 2016; Peng et al., 2011). A nivel neurofuncional, se puede afirmar que el programa educativo gamificado con *exergame* posibilita el desarrollo de un patrón motor de coordinación más eficiente, lo que facilita un mayor rendimiento académico.

A nivel psicológico muchos estudios han coincidido en poder encontrar una mayor motivación mediante la gamificación (Barrio et al., 2016; Behzadnia et al., 2018; Bonde et al., 2014; Su & Cheng, 2013), pero son difíciles de comparar dado que tienen diseños de investigación o contexto educativo muy diferentes. En este sentido, se hacen muy aconsejables publicaciones que concreten tanto los diseños de investigación como los programas educativos aplicados para poder estudiar y comparar analíticamente. Los estudios 1º, 2º y 4º permiten vislumbrar ciertas ventajas psicológicas entre los programas, a favor de la gamificación MDA y el *exergame* JDN, como las asociadas a la motivación intrínseca, la regulación externa, las BPN tomadas en conjunto, la necesidad psicológica de relación social específicamente, el cambio en la percepción del tiempo, la experiencia autotélica, la pérdida de autoconciencia, la diversión, la actitud hacia los *exergames*, la mayor afinidad hacia los contenidos, la actitud positiva hacia el programa educativo recibido, la sensación de desafío y la el compromiso y la entrega hacia el aprendizaje. Sin embargo, no hay pruebas de que un programa educativo gamificado con *exergame*, respecto un programa educativo habitual, genere diferente motivación extrínseca, desmotivación, necesidad psicológica de autonomía, necesidad psicológica de competencia, equilibrio habilidad-reto, unión acción-pensamiento, claridad de objetivos, retroalimentación inequívoca, concentración en la tarea, sentimiento de control de la actividad, motivación de logro, aburrimiento, la resolución de problemas de trabajo grupal, o la promoción del PEx en todo el alumnado.

4. CONCLUSIONES

La presente investigación doctoral es la primera en usar un método experimental natural basado en el diseño e implementación de programas educativos control y experimental impartidos por el mismo docente para analizar los posibles efectos de la gamificación y los *exergames* en educación primaria. Este enfoque metodológico ha permitido desarrollar una investigación científicamente rigurosa y educativamente relevante por basarse en una innovación educativa fundamentada, el juicio crítico y no preestablecido respecto a la gamificación y los *exergames* como objetos de estudio, la interdisciplinariedad de su planteamiento, y la potencia del estudio para alcanzar resultados significativos no solo desde el punto de vista estadístico sino didáctico.

Se han cubierto varias necesidades de investigación manifestadas en los estudios previos, como son las referidas al diseño metodológico cuasiexperimental con grupo comparativo, la mayor validez y fiabilidad de los instrumentos usados, y los maestros y alumnos de educación primaria como población objeto de estudio. De esta forma se ha avanzado en el corpus de conocimiento de la didáctica de la educación primaria en base a un estudio bastante ecléctico por haber aunado diferentes aspectos: la naturalidad del contexto escolar con el control experimental; el conocimiento teórico-pedagógico con el conocimiento el científico-empírico; los diseños de investigación con los diseños didácticos; la función del investigador con la del docente; la visión y recursos universitarios para investigar con la visión y recursos escolares; la innovación educativa con la tradición; la didáctica interdisciplinar entre la EF y la EM; las herramientas y materiales educativos con los métodos y finalidades educativas.

La innovación educativa sometida a análisis en esta tesis doctoral se ha caracterizado tener un diseño basado en fundamentos pedagógicos y científicos, huyendo del mero planteamiento por cuestiones de prevalencia actual, de modernización o de moda. Se ha planteado de forma prudente y fundamentada una innovación educativa basada en la gamificación y en el *exergame*, de la cual se ha podido, por un lado, analizar científicamente su aplicabilidad y utilidad didácticas y, por otro lado, implantarlos en colegios de educación primaria reales con el debido aprovechamiento por parte de alumnado y profesorado.

La tesis ha constado de cuatro estudios parciales sobre la innovación educativa implementada, enriquecida por los diferentes acercamientos metodológicos de cada uno de ellos. El primer estudio ha investigado de forma mixta cuantitativa-cualitativa su utilidad y aplicabilidad a través de las consideraciones del alumnado y el profesorado participantes respecto a los facilitadores, barreras y efectos de la innovación educativa. Mediante un análisis temático, inductivo y de contenido, el primer estudio ha permitido concluir que la innovación educativa ha resultado parcialmente útil y parcialmente aplicable. Los facilitadores de su aplicabilidad fueron el realismo del programa educativo diseñado y su adaptabilidad a diferentes contextos educativos. La principal

barrera fue la necesidad de disponer de materiales y recursos específicos, especialmente los *smartphones*, así como la falta de formación específica del profesorado respecto al método de la gamificación y el material *exergame*. La actitud tanto del profesorado como del alumnado fue positiva hacia la innovación educativa, si bien no hubo claridad respecto a las expectativas hacia usar en el futuro un *exergame*, ya sea para impartir clases en caso del profesorado, o para usarlo en el tiempo de ocio o como alternativa posible para realizar ejercicio físico en el caso del alumnado, por lo que el estudio ha resultado inconcluyente en este aspecto. Por otro lado, el diseño de la innovación educativa ha resultado totalmente compatible a nivel de programación curricular. La aplicabilidad del mismo podría aumentar si se atendiesen las sugerencias de la comunidad educativa estudiada. Este primer estudio permite concluir respecto a la utilidad de la innovación educativa que produce en el alumnado más diversión, más motivación, mayor afinidad por el baile, menor sentimiento de vergüenza hacia el baile, más inspiración y creatividad, más autonomía en el aprendizaje, y concienciación del JDN como posibilidad de ocio digital alternativo. Igualmente, ha permitido concluir que esta innovación educativa no ayuda a promocionar el trabajo en equipo en mayor medida que la enseñanza tradicional, y que no promueve el hábito de ejercicio físico en todo el alumnado, dado que depende de las preferencias y los hábitos previos especialmente asociados a los videojuegos y el ejercicio físico tradicional. La potencia interpretativa de este estudio ha permitido discriminar en algunos casos si los efectos se debían a la gamificación MDA o al *exergame* JDN; la gamificación ha provisto de un sentimiento positivo más general en el alumnado, así como motivación en la mayoría del alumnado; por otro lado el *exergame* JDN ha producido más diversión y aprendizaje motor.

El segundo estudio ha investigado de forma cuantitativa la utilidad de la innovación educativa respecto a variables psicológicas y de rendimiento académico. Permite concluir que un programa educativo basado en la gamificación MDA y en el *exergame* JDN, respecto a un programa que no los incluya, aumenta en el alumnado la motivación intrínseca, reduce la regulación externa, aumenta la transformación en la percepción tiempo, potencia la experiencia autotélica, mejora las necesidades psicológicas básicas en conjunto, mejora la percepción de relaciones sociales, y aumenta el rendimiento académico asociado al ritmo corporal-musical y asociado al compromiso y comportamiento hacia el aprendizaje. Igualmente ha permitido concluir que no difiere respecto a la desmotivación, el estado de *flow* disposicional, la percepción de autonomía y la percepción de competencia. Este estudio es uno de los pocos que aporta pruebas concretas sobre ciertos efectos que puede producir la gamificación MDA, sin embargo también invita a plantear nuevas investigaciones que indaguen más sobre las variables en las cuales no se han encontrado diferencias.

El tercer estudio ha investigado cuantitativamente si la innovación educativa diseñada e implementada es más útil para producir efectos psicológicos asociados a la

promoción del hábito de ejercicio físico en alumnado escolar respecto a la didáctica tradicional. Este estudio permite afirmar que la gamificación MDA y el *exergame* JDN generan más diversión durante las clases, más actitud positiva hacia los *exergames* y más intención de uso hacia los mismos; igualmente, permite afirmar que no produce directamente más intención hacia realizar ejercicio físico de forma tradicional, así como más motivación de logro. Sería interesante indagar más profundamente en qué medida la gamificación permite generar mejores climas psicológicos orientados a la tarea, dado que este punto no fue concluyente en este estudio.

El cuarto y último estudio ha analizado de forma exploratoria si la intervención gamificada y con *exergame* produce efectos a nivel neurofuncional, específicamente en el funcionamiento cerebral asociado a la coordinación motriz. Mediante la técnica de espectroscopía funcional de infrarrojo cercano y cubriendo el área motora suplementaria del cerebro, se ha podido concluir que un programa educativo basado en la gamificación MDA y el *exergame* JDN, respecto a un programa tradicional, genera un patrón de activación cerebral más eficiente en el área motora suplementaria, que puede incidir en la ejecución de tareas de coordinación motriz. Este cuarto estudio ha puesto en valor el acercamiento riguroso de la neuroeducación a la didáctica mediante las técnicas de neuroimagen. En este sentido, este estudio es un ejemplo pionero de cómo aplicar este tipo de técnicas de neuroimagen en intervenciones educativas experimentales-naturales, expandiendo el horizonte de posibilidades de cómo realmente aprende el alumnado según las propuestas educativas que se planeen.

En conjunto, los cuatro estudios han permitido esclarecer y poner a prueba las altas expectativas asignadas al potencial educativo de la gamificación y los *exergames*, en concreto aportando una visión mucho más prudente y escéptica respecto a las mismas. En este sentido, una intervención educativa innovadora para educación primaria que contemple la gamificación MDA como método educativo y el *exergame* JDN como herramienta es parcialmente aplicable en la actualidad, y solo más útil respecto a un programa educativo tradicional en algunas de las variables psicológicas, motrices y neurofuncionales contempladas, siendo indistintos en tantas otras. Por ello, se hacen necesarios nuevos estudios similares en enfoque, temática y métodos que continúen avanzando en el conocimiento y entendimiento de las innovaciones educativas aplicadas en educación primaria.

4. Conclusioni

Questa ricerca di dottorato è la prima ad utilizzare un metodo sperimentale naturale basato sulla progettazione e realizzazione di programmi educativi di controllo e sperimentali insegnati dallo stesso docente per analizzare i possibili effetti della ludicizzazione e degli exergames nell'istruzione primaria. Questo approccio metodologico ha consentito lo sviluppo di una ricerca scientificamente rigorosa ed educativamente rilevante, basata su un'innovazione educativa fondata, un giudizio critico e non prestabilito riguardo alla gamification e agli exergames come oggetti di studio, l'interdisciplinarietà del suo approccio e la forza dello studio per ottenere risultati significativi non solo dal punto di vista statistico ma anche dal punto di vista didattico.

Sono state coperte diverse esigenze di ricerca manifestate in studi precedenti, come quelle relative al disegno metodologico quasi sperimentale con un gruppo di controllo, la maggiore validità e affidabilità degli strumenti utilizzati, e gli insegnanti e studenti della scuola primaria come popolazione studiata. Si è così progredito nel corpus di conoscenze della didattica della scuola primaria a partire da uno studio piuttosto eclettico che ha coniugato aspetti diversi: la naturalezza del contesto scolastico con il controllo sperimentale; la conoscenza teorico-pedagogica con la conoscenza scientifico-empirica; i progetti di ricerca con i progetti didattici; il ruolo del ricercatore con quello del docente; la visione e le risorse di ricerca dell'università con la visione e le risorse della scuola; l'innovazione educativa con la tradizione; la didattica interdisciplinare tra educazione fisica ed educazione musicale; gli strumenti e i materiali didattici con i metodi e le finalità educative.

L'innovazione educativa oggetto di analisi in questa tesi di dottorato si è basata su fondamenti pedagogici e scientifici, non è stata scelta perché tema fortemente presente nelle ricerche attuali, perché moderna o di moda. Si è proposta in modo prudente e fondato un'innovazione didattica basata sulla gamification e l'exergame, applicata nella scuola primaria, dove si è proposto un uso consapevole da parte di studenti e insegnanti, rendendo possibile analizzarne scientificamente l'applicabilità e l'utilità didattica.

La tesi si è articolata in quattro studi parziali sull'innovazione educativa attuata, arricchiti dai diversi approcci metodologici di ciascuno di essi. Il primo studio ha indagato in modo misto quantitativo-qualitativo la sua utilità e applicabilità attraverso le considerazioni degli studenti e dei docenti partecipanti in merito a facilitatori, barriere ed effetti dell'innovazione educativa. Attraverso un'analisi tematica, induttiva e di contenuto, il primo studio ha permesso di concludere che l'innovazione educativa è stata parzialmente utile e parzialmente applicabile. I facilitatori della sua applicabilità sono stati il realismo del programma educativo progettato e la sua adattabilità a diversi contesti educativi. L'ostacolo principale era la necessità di disporre di materiali e risorse specifici, in particolare lo *smartphone*, così come la mancanza di una formazione specifica per gli insegnanti riguardo al metodo di gamification e al materiale exergame. L'atteggiamento sia degli insegnanti che degli studenti è stato positivo nei confronti

dell'innovazione educativa, sebbene non vi fosse chiarezza riguardo alle aspettative sull'utilizzo di un exergame in futuro, sia rispetto ad un utilizzo didattico nel caso degli insegnanti, sia rispetto ad un uso festivo (nel tempo libero) o come possibile alternativa per l'esercizio fisico nel caso degli studenti, motivo per cui lo studio è stato inconcludente a questo proposito. D'altra parte, la progettazione dell'innovazione educativa si è rivelata pienamente compatibile a livello di programmazione curricolare. La sua applicabilità potrebbe aumentare se si seguissero i suggerimenti della comunità educativa studiata. Questo primo studio ci permette di concludere, rispetto all'utilità dell'innovazione educativa, che questa produce negli studenti più divertimento, più motivazione, maggiore affinità per la danza, meno senso di vergogna nei confronti della danza, più ispirazione e creatività, più autonomia nell'apprendimento e consapevolezza del gioco JDN come possibilità di intrattenimento digitale alternativo. Allo stesso modo, ha permesso di concludere che questa innovazione educativa non aiuta a promuovere il lavoro di squadra in misura maggiore rispetto all'insegnamento tradizionale, e che non promuove l'abitudine all'esercizio fisico in tutti gli studenti, considerato che dipende dalle preferenze e dalle abitudini precedenti specialmente associate all'uso di videogiochi e all'esercizio fisico tradizionale. Il potere interpretativo di questo studio ha permesso di discriminare in alcuni casi se gli effetti fossero dovuti alla gamification MDA o all'exergame JDN; la gamification ha fornito un sentimento positivo più generale negli studenti, così come la motivazione nella maggior parte degli studenti; d'altra parte, l'exergame JDN ha prodotto più divertimento e apprendimento motorio.

Il secondo studio ha indagato quantitativamente l'utilità dell'innovazione educativa rispetto alle variabili psicologiche e al rendimento scolastico, consentendo di concludere che un programma educativo basato sulla gamification MDA e sull'exergame JDN, rispetto a un programma che non li include, aumenta la motivazione intrinseca negli studenti, riduce la regolazione esterna, aumenta la trasformazione nella percezione del tempo, migliora l'esperienza autotelica, migliora i bisogni psicologici di base nel loro complesso, migliora la percezione delle relazioni sociali e aumenta il rendimento scolastico associato al ritmo corporeo-musicale e all'impegno e al comportamento verso l'apprendimento. Questo secondo studio ha anche permesso di concludere che non differisce per quanto riguarda la demotivazione, lo stato del flusso disposizionale, la percezione dell'autonomia e della competenza. Questo studio è uno dei pochi che fornisce prove concrete su alcuni effetti che la gamification MDA può produrre, tuttavia invita anche a progettare nuove piste di ricerca che indaghino più in profondità le variabili in cui non sono state riscontrate differenze.

Il terzo studio ha indagato quantitativamente se l'innovazione educativa progettata e realizzata sia più utile per produrre effetti psicologici associati alla promozione dell'abitudine all'esercizio fisico negli studenti delle scuole rispetto alla didattica tradizionale. Questo studio ci permette di affermare che la gamification MDA e l'exergame JDN generano più divertimento durante le lezioni, un atteggiamento più

positivo nei confronti degli exergame e più intenzione di usarli; Allo stesso modo, consente di affermare che non genera direttamente una intenzionalità più forte verso l'esercizio fisico tradizionale, né più motivazione al successo. Sarebbe interessante indagare più a fondo fino a che punto la gamification permetta la generazione di migliori climi psicologici orientati al compito, poiché questo punto non si è dimostrato conclusivo in questo studio.

Il quarto e ultimo studio ha esplorato se l'intervento gamificato e attraverso l'exergame produce effetti a livello neurofunzionale, in particolare nella funzione cerebrale associata alla coordinazione motoria. Utilizzando la tecnica della spettroscopia funzionale nel vicino infrarosso e coprendo l'area motoria supplementare del cervello, si è concluso che un programma educativo basato sulla gamification MDA e l'exergame JDN, rispetto a un programma tradizionale, genera un modello più efficiente di attività cerebrale nell'area motoria supplementare, influenzando l'efficienza della coordinazione motoria. Questo quarto studio ha valorizzato l'approccio rigoroso della neuroeducazione alla didattica attraverso tecniche di neuroimaging. In questo senso, questo studio è un esempio pionieristico di come applicare questo tipo di tecniche di neuroimaging in interventi educativi sperimentali-naturali, ampliando l'orizzonte di possibilità di come gli studenti imparano realmente secondo le proposte educative che vengono pianificate.

Insieme, i quattro studi hanno chiarito e testato le elevate aspettative assegnate al potenziale educativo della ludicizzazione e degli exergame, in particolare fornendo una visione molto più cauta e scettica. In questo senso, un programma educativo per l'istruzione primaria che considera la gamification MDA come un metodo educativo e l'exergame JDN come uno strumento attualmente è parzialmente applicabile e solo più utile rispetto a un programma educativo tradizionale in alcune delle variabili psicologiche, motorie e neurofunzionali considerate, dimostrandosi irrilevante in tante altre. Per questo motivo, sono necessari nuovi studi simili nell'approccio, nel tema e nei metodi che permettano di progredire nella conoscenza e nella comprensione delle innovazioni educative applicate nell'istruzione primaria.

4. Conclusions

This doctoral research is the first to use a natural experimental method based on the design and implementation of control and experimental educational programs taught by the same teacher to analyze the possible effects of gamification and exergames in primary education. This methodological approach has allowed the development of scientifically rigorous and educationally relevant research, based on a grounded educational innovation, critical and non-pre-established judgment regarding gamification and exergames as objects of study, the interdisciplinarity of its approach, and the power of the study to achieve significant results not only from the statistical point of view but also didactic.

Several research needs manifested in previous studies have been covered, such as those related to the quasi-experimental methodological design with a comparative group, the greater validity and reliability of the instruments used, and the teachers and students of primary education as the study population. In this way, progress has been made in the corpus of knowledge of the didactics of primary education based on a rather eclectic study for having combined different aspects: the naturalness of the school context with the experimental control; the theoretical-pedagogical knowledge with the scientific-empirical knowledge; research designs with didactic designs; the role of the researcher with that of the teacher; university vision and resources to investigate with school vision and resources; educational innovation with tradition; interdisciplinary didactics between PE and EM; educational tools and materials with educational methods and purposes.

The educational innovation subjected to analysis in this doctoral thesis has been characterized as having a design based on pedagogical and scientific foundations, fleeing from the mere approach due to current prevalence, modernization or fashion issues. An educational innovation based on gamification and the exergame has been proposed in a prudent and well-founded manner, from which it has been possible, on the one hand, to scientifically analyze its didactic applicability and utility and, on the other hand, to implement them in primary schools real with due use by students and teachers.

The thesis has consisted of four partial studies on the educational innovation implemented, enriched by the different methodological approaches of each one of them. The first study has investigated in a mixed quantitative-qualitative way its usefulness and applicability through the considerations of the participating students and teachers regarding the facilitators, barriers and effects of educational innovation. Through a thematic, inductive and content analysis, the first study has allowed to conclude that educational innovation has been partially useful and partially applicable. The facilitators of its applicability were the realism of the designed educational program and its adaptability to different educational contexts. The main barrier was the need to have specific materials and resources, especially smartphones, as well as the lack of specific training for teachers regarding the gamification method and the exergame material. The

attitude of both the teaching staff and the students was positive towards educational innovation, although there was no clarity regarding the expectations towards using an exergame in the future, either to teach classes in the case of teachers, or to use it in leisure time or as a possible alternative to perform physical exercise in the case of students, so the study has been inconclusive in this regard. On the other hand, the design of educational innovation has been fully compatible at the level of curricular programming. Its applicability could increase if the suggestions of the educational community studied are addressed. This first study allows us to conclude regarding the usefulness of educational innovation that produces in students more fun, more motivation, greater affinity for dance, less feeling of shame towards dancing, more inspiration and creativity, more autonomy in learning, and awareness of the JDN as a possibility of alternative digital entertainment. Likewise, it has allowed to conclude that this educational innovation does not help to promote teamwork to a greater extent than traditional teaching, and that it does not promote the habit of physical exercise in all students, since it depends on the preferences and previous habits especially associated with video games and traditional physical exercise. The interpretative power of this study has allowed us to discriminate in some cases whether the effects were due to MDA gamification or to the JDN exergame; gamification has provided a more general positive feeling in students, as well as motivation in the majority of students; on the other hand, the JDN exergame has produced more fun and motor learning.

The second study has quantitatively investigated the usefulness of educational innovation with respect to psychological variables and academic performance. It allows to conclude that an educational program based on MDA gamification and the JDN exergame, compared to a program that does not include them, increases intrinsic motivation in students, reduces external regulation, increases transformation in perception of time, enhances experience Autotelic, improves the basic psychological needs as a whole, improves the perception of social relationships, and increases academic performance associated with body-musical rhythm and associated with commitment and behavior towards learning. It has also allowed to conclude that it does not differ with respect to demotivation, the state of dispositional flow, the perception of autonomy and the perception of competence. This study is one of the few that provides concrete evidence on certain effects that MDA gamification can produce, however it also invites new investigations to investigate more about the variables in which no differences have been found.

The third study has quantitatively investigated whether the educational innovation designed and implemented is more useful to produce psychological effects associated with the promotion of the habit of physical exercise in school students compared to traditional didactics. This study allows us to affirm that MDA gamification and the JDN exergame generate more fun during classes, a more positive attitude towards exergames and more intention to use them; Likewise, it allows to affirm that it does not directly

generate more intention towards physical exercise in a traditional way, as well as more motivation for achievement. It would be interesting to investigate in more depth to what extent gamification allows the generation of better task-oriented psychological climates, since this point was not conclusive in this study.

The fourth and last study explored whether the gamified and exergame intervention produces effects at the neurofunctional level, specifically in brain function associated with motor coordination. Using the near-infrared functional spectroscopy technique and covering the supplementary motor area of the brain, it has been possible to conclude that an educational program based on MDA gamification and the JDN exergame, compared to a traditional program, generates a more efficient pattern of brain activity in the supplementary motor area, affecting the efficiency of motor coordination. This fourth study has valued the rigorous approach of neuroeducation to didactics through neuroimaging techniques. In this sense, this study is a pioneering example of how to apply this type of neuroimaging techniques in experimental-natural educational interventions, expanding the horizon of possibilities of how students really learn according to the educational proposals that are planned.

Together, the four studies have clarified and tested the high expectations assigned to the educational potential of gamification and exergames, in particular by providing a much more prudent and skeptical view of them. In this sense, an educational program for primary education that contemplates MDA gamification as an educational method and the JDN exergame as a tool is currently partially applicable, and only more useful compared to a traditional educational program in some of the psychological, motor and psychological variables. neurofunctionals contemplated, being indistinct in so many others. For this reason, new similar studies are necessary in approach, subject matter and methods that continue to advance in the knowledge and understanding of educational innovations applied in primary education.

5. LÍMITES DEL ESTUDIO Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Por el contenido curricular desarrollado, el baile con exergame, puede haber existido diferencias relevantes entre el género femenino y masculino, dado que hay asociaciones culturales del baile con las niñas (Azevedo et al., 2014), y de los videojuegos con los niños (Díez-Gutiérrez et al., 2004), por lo que podría ser interesante indagar en profundidad en futuras investigaciones estas diferencias y crear programas educativos que las tengan en cuenta.

Una prospectiva de investigación interesante es la basada en estudios correlacionales que permitan extraer perfiles psicológicos tanto de alumnado como de profesorado, permitiendo asociar variables sociodemográficas con las variables dependientes estudiadas en esta tesis doctoral.

Se hace relevante también conocer cómo afecta la gamificación y los *exergames* en otros dominios de acción motriz diferentes a los artístico-expresivos así como en otros bloques musicales como la escucha o la interpretación musical, para de esta forma analizar cómo funcionan teniendo en cuenta las diferentes actitudes de alumnado y profesorado hacia los diversos contenidos de EF y EM.

La gamificación educativa es muy ambigua en cuanto a componentes que se pueden aplicar, por ello se requieren más intervenciones experimentales-naturales basadas en la mecánica MDA para poder comparar los resultados, e incluso realizar líneas de investigación con otras arquitecturas, como la PBL, la Octalysis o la Narrativa, para conocer cuáles son las ventajas y desventajas de cada una.

Se hacen necesarios estudios que planteen diseños longitudinales de más larga duración para conocer cuáles son los efectos de este tipo de programas educativos especialmente en aquellas variables más actitudinales que requieren más tiempo para notar los cambios en caso de que los haya.

Sería interesante poder complementar los hallazgos de la presente tesis doctoral con futuras investigaciones que incluyan la perspectiva de otros agentes educativos respecto a la gamificación y al exergame, como son los padres y los tutores, para aportar un nuevo prisma que trascienda los muros de la escuela y permita conocer otros contextos en los cuales los niños siguen siendo educados.

Aunque el estudio neuroeducativo aporta algunas pruebas concretas sobre los efectos neurofuncionales de un programa educativo gamificado y con exergame, tiene carácter exploratorio dado el tamaño muestral y la falta de estudios precedentes, y no permite discriminar, por su diseño, el efecto de la gamificación MDA y el exergame JDN. Dado el carácter novedoso del estudio, se pueden abrir múltiples líneas de investigación relevantes, como diseñar programas que tengan solo la arquitectura MDA o el exergame JDN, el uso de diferentes *exergames*, la aplicación de diferentes contenidos de PE centrados en otras exigencias psicomotrices a la coordinación o el ritmo, o el estudio de variables psicológicas asociadas como la motivación, la atención o la satisfacción.

6. APOYO INSTITUCIONAL A LA INVESTIGACIÓN

En base al marco teórico y experimental de la tesis doctoral, varias instituciones públicas y privadas han decidido apoyar la investigación mediante una financiación o cesión específica para que fuera desarrollada. Se describen a continuación:

1. En primer lugar, el Ministerio Español de Educación, Cultura y Deporte, con la concesión de la Ayuda Predoctoral FPU2015/02114 para realizar esta investigación, en la Resolución de 5 de agosto de 2016, de la Secretaría de Estado de Educación, Formación Profesional y Universidades, por la que se conceden ayudas para contratos predoctorales para la Formación de Profesorado Universitario, de los subprogramas de Formación y Movilidad dentro del Programa Estatal de Promoción del Talento y Empleabilidad. Financiación de 16.422 euros anuales durante 4 años.

2. En segundo lugar, la empresa *Samsung Electronics Iberia* con la cesión temporal de 7 *smartphones Samsung SJ3* para iniciar al proyecto.

3. En tercer lugar, la Fundación Ibercaja en conjunto con el Vicerrectorado de Política Científica de la Universidad de Zaragoza, en su Convocatoria 2017 Ibercaja de Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación para Jóvenes Investigadores a través del proyecto I+D+i «Análisis de la aplicabilidad y utilidad de los videojuegos como recurso educativo gamificador en la educación física y musical: una aproximación neuroeducativa desde la psicología educativa», con referencia JIUZ-2017-SOC-06, 01/01/2018-31/12/2018. Financiado con 2000 euros.

4. En cuarto lugar, la Fundación HERGAR para la Investigación y Promoción Educativa, con su 4ª Convocatoria De Ayudas a Proyectos De I+D+i 2017 en la categoría de Investigación Aplicada y Tecnológica en Ciencias Sociales, Jurídicas y Humanidades, a través del Proyecto I+D+i «Análisis de la aplicabilidad y utilidad de los videojuegos activos como herramienta innovadora en el contexto escolar de la educación física: una aproximación empírica neuroeducativa desde la psicología educativa». con referencia Ref. 2018/0081. Financiado con 2000 euros.

5. En quinto lugar, la Cátedra United States Foreign Trade Institute de Inteligencia Avanzada de la Universidad de Zaragoza, dentro de sus actividades de financiación I+D+i 2018-2019, a través del proyecto «Neurociencia educativa y desarrollo». Financiado con 2000 euros.

7. MARCO DE TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

7.1. Comunicación en eventos científicos

La tesis doctoral se ha divulgado a lo largo de los años, y en diferentes países, mediante una conferencia plenaria invitada, cinco comunicaciones científicas, y dos pósteres científicos. Se detallan a continuación:

- Conferencia Plenaria invitada: Quintas, A. (2019). Los beneficios al incorporar los exergames y la gamificación en la educación física y musical: una propuesta desde la didáctica y la ciencia. *II Congreso Mundial de Educación EDUCA 2019*. 21/02/2019 Santiago de Compostela (España).
- Comunicación oral: Quintas, A., Peñarrubia, C., Bustamante, J. C. y Castellar, C. (2018) «Tratamiento interdisciplinar del cuerpo y la motricidad en educación primaria: la música, el baile y la pedagogía corporal» en el I Congreso Mundial de Educación, organizado por la Asociación EDUCA. 23/02/2018. Santiago de Compostela (España).
- Comunicación oral: Quintas, A., Bustamante, J. C., Castellar, C., y Pradas, F. (2018). «Diseño integrador del videojuego activo y el método gamificador mediante una propuesta didáctica para educación primaria». En el VII Congreso Internacional Multidisciplinar de Investigación Educativa. 06/07/2018. Zaragoza (España)
- Comunicación oral: Quintas, A. y Bustamante, J. C. (2019). La aplicabilidad de los videojuegos activos desde una perspectiva neuroeducativa. Seminario de la Cátedra United States Foreign Trade Institute de Inteligencia Avanzada. 03/05/2019. Zaragoza (España).
- Comunicación oral: Quintas, A. (2018). Comunicación y debate sobre la Tesis Doctoral en el Centro di Ricerca sull'Educazione ai Media all'Innovazione e alla Tecnologia de la Università Cattolica del Sacro Cuore. 25/06/2018. Milán (Italia).
- Comunicación oral: Quintas, A. (2019). Análisis de la aplicabilidad y utilidad de los videojuegos activos (exergames) y la gamificación en didáctica de la educación física y musical. Cátedra Banco Santander de la Universidad de Zaragoza. 14/12/2018. Zaragoza (España).
- Póster científico: Quintas, A. & Bustamante, J. C. (2018). Exergame and gamification effect to transform the time perception in elementary school students. At the I International Congress od Psychology of Healthy Organizations (COPHO). 09/11/2018. Huesca (España).
- Póster científico: Quintas, A., Peñarrubia, C., & Bustamante, J. C. (2018). The effect of Gamified Exergaming Didactic Method on Achievement Motivation in Primary Schools. En: *The 16th ICIE conference 2018 on: Excellence, Innovation & Creativity in Basic-Higher Education & Psychology*. 04/07/2018. París (Francia).

7.2. Comunicación en publicaciones científicas

La tesis doctoral se ha difundido en publicaciones científicas, en formato de artículo científico, capítulo de libro o actas de congreso. Se detallan a continuación:

- Quintas, A., Bustamante, J. C., Pradas, F., & Castellar, C. (2020). Psychological effects of gamified didactics with exergames in Physical Education at primary schools: Results from a natural experiment. *Computers & Education*, 152, 103874. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103874>
- Quintas, A., Peñarrubia, C., & Bustamante, J. C. (2020). Analysis of the applicability and utility of a gamified didactics with exergames at primary schools: Qualitative findings from a natural experiment. *PLoS ONE*, 15(4). doi: 10.1371/journal.pone.0231269 Disponible en: <https://bit.ly/3eielmP>
- Bustamante, J. C., Quintas, A., Segura, M., Peñarrubia, C., & Antoñanzas, J. L. (2020). Impact of an exergame-based didactic intervention on supplementary motor area activation during motor coordination in primary school students: a pilot study. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 17. ISSN: 2444-250X / ISSN-e: 2444-2887
- Quintas, A. (2019). Analysis of the didactic potential of exergames: reconceptualization and pedagogical approach. *Scholé. Rivista di educazione e studi culturali*, 1, 97-116. ISBN: 9788828400424. Anno LVII ISSN 2611-9978
- Quintas, A., Bustamante, J. C., Castellar, C., y Pradas, F. (2018). Diseño integrador del videojuego activo y el método gamificador mediante una propuesta didáctica para educación primaria. En *Libro de actas CIMIE18 de AMIE* (pp. 1-8), licenciado bajo Creative Commons 4.0 International License. Disponible en: <http://amieedu.org/actascimie18/wp-content/uploads/2016/06/6-4.pdf>
- Quintas, A., Castellar, C., Peñarrubia, C., y Pradas, F. (2018) Gamificando las clases de educación primaria mediante ClassDojo y MakeBadges En: A. I. Allueva y J. L. Alejandro (coords). *Enfoques y experiencias de innovación educativa con TIC en educación superior* (pp. 189-196). Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- Quintas, A. (2019). El re-enfoque didáctico de la arquitectura Mecánica-Dinámica-Estética para aplicar gamificación educativa. En: E. Lira (coord.) *Bienestar social: organizaciones saludables* (pp. 641-652). Valencia: Tirant lo Blanch Humanidades. ISBN: 978-84-18329-16-6
- Quintas, A. (2019) Los beneficios al incorporar los exergames y la gamificación en la educación física y musical: una propuesta desde la didáctica y la ciencia. En: V. Arufe, *Actas del II Congreso Mundial de Educación 2019* (pp. 256-294). EDUCA: Santiago de Compostela. ISBN: 978-84-948288-3-6
- Quintas, A., Peñarrubia, C., & Bustamante, J. C. (2018). The effect of Gamified Exergaming Didactic Method on Achievement Motivation in Primary Schools.

En: Actas del 16th ICIE conference 2018 on: Excellence, Innovation & Creativity in Basic-Higher Education & Psychology. París (Francia).

- Quintas, A., Peñarrubia, C., Bustamante, J. C., y Castellar, C. (2017) Tratamiento interdisciplinar del cuerpo y la motricidad en educación primaria: la música, el baile y la pedagogía corporal. En Arufe, V. (coord.) *Actas del 1º Congreso Mundial de Educación EDUCA* (pp. 1-16). A Coruña: EDUCA y la Universidad Da Coruña. ISBN 84-943477-7-2

7.3. Comunicación a la sociedad

Los conocimientos y hallazgos de la tesis doctoral se han difundido y transferido a la sociedad (es decir, más allá de la comunidad científica e investigadora) mediante redes sociales, radio, TV, blog divulgativo, prensa digital y prensa escrita. A continuación, se detallan los actos de transferencia a la sociedad:

- Prensa digital en periódico regional: «Usar videojuegos en el aula podría beneficiar el rendimiento escolar». Heraldo de Aragón, 03/06/2018. <https://bit.ly/2WsKFfr>
- Prensa escrita en periódico provincial (contraportada): «La gamificación está siendo bastante viral pese a no tener aval científico». Diario del Altoaragón, 31/03/2019, <https://bit.ly/2XPgmRD>
- Canal de televisión autonómico: «Innovación Educativa». En el programa «En ruta con la ciencia», Capítulo 105. 21/10/2018
- Canal de Youtube de la Universitat de Lleida: «Final del concurs de Tesis en 3 minuts de Campus Iberus» <https://bit.ly/3eKoybR>
- Canal de Youtube personal: «Didáctica con gamificación y videojuegos activos en educación primaria». <https://www.youtube.com/watch?v=poQtAxIZHs4>
- Canal de Youtube de la Cátedra Santander de la Universidad de Zaragoza: «D. Alejandro Quintas Hijós: Análisis de la aplicabilidad y utilidad de los videojuegos activos...». <https://www.youtube.com/watch?v=Mt94oQQvCvA>
- Radio: Programa «Cum Laude», Radio Unizar, sobre la gamificación educativa. Enero 2019. <https://radio.unizar.es/alejandro-quintas-y-belen-villacampa>
- Red Social Facebook del colegio Sagrado Corazón de Jesús Actur: entrada «¿Pueden los exergames -videojuegos activos- ser un complemento en las clases de Educación Física y Música? Nuestro colegio ha sido elegido, en 5º y 6º de EP, para un proyecto de investigación de la Universidad de Zaragoza». <https://cutt.ly/TyqROzp>
- Red Social Facebook de CREMIT: entrada «Il tema? Quello della #gamification, con un pezzo di Alejandro Quintas Hijós dell'Università di Zaragoza». 03/04/2019. <https://bit.ly/3bn3eXL>
- Red Social Facebook personal: entrada «Se puede usar el videojuego Just Dance Now para bailar y cantar con más gente en casa, u online». 07/04/2020 <https://bit.ly/2yxwpc0>
- Web de Global Cremit: entrada «Gamification». 03/04/2019. <https://bit.ly/2VnZHmy>

- Web la Universidad de Zaragoza, Campus de Huesca, entrada «El profesor del Campus de Huesca Alejandro Quintas lleva los juegos digitales al II Congreso Mundial de la Educación». 01/03/2019. <https://bit.ly/2ys2DWi>
- Web de la Universitat de Lleida: «Final del concurso de Tesis en 3 minutos de Campus Iberus». <https://bit.ly/2Y5HyvL>
- Red de Contenido Twitter: entrada de @educa_s «<https://mundoeduca.org>». 19/01/2019. <https://bit.ly/2ypUHoD>
- Red de Contenido Twitter: entrada de @CrenutTW «it is very necessary to rethink the [#gamification](#) from the educational approach, and check its effectiveness and compatibility in this field. Article by Alejandro Quintas (University of Zaragoza) for [#Cremi @Unicatt](#)». 03/04/2018. <https://bit.ly/2Vodvh1>
- Red de Contenido Twitter: entrada personal @Akyntas «Ya han subido la ponencia sobre [#gamification](#) y [#videojuegos](#) en educación @jlalejan @catbsunizar @GamificacionESP» 08/06/2019. <https://bit.ly/2VN3hFI>
- Wikipedia. Entrada de «Ludificación». <https://bit.ly/2KuUKIQ>

7.4. Transferencia a los centros escolares participantes

La principal transferencia a los centros escolares, además de la propia implementación de las intervenciones educativas, es el aporte de un informe final divulgativo sobre la esencia y resultados del proyecto, así como los hallazgos interesantes aplicables en futuras clases ([Anexo 3](#)). Este informe se envió al equipo directivo de cada centro escolar participante para que lo divulgaran entre todo el profesorado interesado. Además del informe se realizó una infografía con carácter más estético sobre la gamificación ([Anexo 4](#)).

7.5. Transferencia a la didáctica universitaria.

La transferencia consistió en trasladar los conocimientos teóricos y prácticos hallados en el contexto escolar de la tesis doctoral a la docencia universitaria que se imparte en el Grado de Educación Primaria, donde se forma alumnado para impartir clases en educación primaria. Así, se llevó a cabo un proyecto de innovación para mostrar la aplicabilidad y utilidad de los exergames y la gamificación en educación primaria. En concreto, se realizaron varias intervenciones en las áreas asociadas de la tesis doctoral, EF y EM, y en las ciudades Huesca y Zaragoza. Los contextos de aplicación fueron la asignatura «Actividades físicas artístico expresivas» del Grado en Maestro de Educación Primaria (4º curso) de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación de Huesca (Figura 30), y la asignatura «Fundamentos de educación musical» del Grado en Maestro de Educación Primaria (3º curso) de la Facultad de Educación de Zaragoza (Figura 31).



Figura 30. Transferencia de EF en la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación (Huesca).



Figura 31. Transferencia en EM realizada en la Facultad de Educación (Zaragoza).

Los resultados de la innovación docente se divulgaron en:
 (Comunicación oral) Quintas, A. (2019). Didáctica con la gamificación y el videojuego mediante una intervención multidisciplinar en el Grado de Magisterio de Educación Primaria. *XIII Jornadas de Innovación Docente e Investigación Educativa Universidad de Zaragoza*, 5 y 6 septiembre 2019

7.6. Reconocimientos y premios académicos de la tesis doctoral

El planteamiento y desarrollo de esta tesis doctoral ha sido avalado no solo con el apoyo institucional de la investigación, sino con reconocimiento social y académico:

- I Premio Santander a Proyectos de Tesis Doctorales sobre Uso de las TIC en Docencia, concedido por la Cátedra Banco Santander de la Universidad de Zaragoza el 14/12/2018, en el cual se impartió una comunicación divulgativa sobre los contenidos de la tesis (Figura 32).



Figura 32. Comunicación en el I Premio Santander a Proyectos de Tesis Doctorales

- II Accesit en el Concurso de divulgación Tesis 3 Minutos del Campus Iberus (formado por la Universidad Pública de Navarra, la Universidad de La Rioja, la Universidad de Zaragoza y la Universitat de Lleida), en representación de la Universidad de Zaragoza, otorgado el 23/11/2018 (Figura 33).



Figura 33. Comunicación realizada en el concurso Tesis 3 Minutos en representación de la Universidad de Zaragoza.

- Finalista Nacional 2018 del Premio *Quality Innovation Award* que concede la Asociación de Centros de Excelencia (CEX) en España, en la categoría de sector educativo, y en representación de la Universidad de Zaragoza, 08/12/2019.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adell, J. (2018). Más allá del instrumentalismo en tecnología educativa. In J. Gimeno-Sacristán (Ed.), *El vaciado de las palabras en educación*. Madrid: Morata.
- Aguerrondo, I. (2019). El futuro de la educación: innovación disruptiva en la política pública. In M. Martínez & A. Jolonch (Eds.), *Las paradojas de la innovación educativa* (pp. 107-130). Barcelona: Horsori Editorial y Cuadernos de Educación.
- Aguilar, F. (2011). Reflexiones filosóficas sobre la tecnología y sus nuevos escenarios. *Sophia: Colección de Filosofía de la Educación*, 11, 123-172.
- Aksoy, E., Izzetoglu, K., Onaral, B., Kitapcioglu, D., Sayali, M. E., & Guven, F. (2019). Assessing Correlation Between Virtual Reality Based Serious Gaming Performance and Cognitive Workload Changes via Functional Near Infrared Spectroscopy. In D. D. Schmorow & C. M. Fidopiastis (Eds.), *Augmented Cognition, Ac 2019* (Vol. 11580, pp. 375-383). Cham: Springer International Publishing Ag.
- Allsop, S., Rumbold, P. L. S., Debusse, D., & Dodd-Reynolds, C. (2013). Real Life Active Gaming Practices of 7-11-Year-Old Children. *Games for Health Journal*, 2(6), 347-353. doi: 10.1089/g4h.2013.0050
- Amado, D. (2015). *Efecto de un método de enseñanza de la danza basado en la técnica creativa, sobre la motivación y las emociones del alumnado de educación física*. Universidad de Extremadura, Extremadura (Spain). Retrieved from <http://dehesa.unex.es/xmlui/handle/10662/2667>
- Amado, D., Loe, F. M., Sánchez, P. A., Sánchez, D., & García, T. (2010). Importancia de los aspectos motivacionales sobre las estrategias de afrontamiento en practicantes de danza: una perspectiva desde la teoría de autodeterminación. *Revista inberoamericana de psicología del ejercicio y el deporte*, 5(2), 179-194.
- Amado, D., Sánchez-Miguel, P. A., Loe, F. M., Sánchez-Oliva, D., & García-Calvo, T. (2011). Estudio de las relaciones entre la teoría de la autodeterminación, el flow disposicional y las estrategias de afrontamiento del estrés en función de la modalidad de danza practicada. *Motricidad. European Journal of Human Movement*(27), 43-58.
- Ames, C. (1984). Achievement attributions and self-instructions under competitive and individualistic goal structures. *Journal of Educational Psychology*, 76, 478-487.
- Andrade, A., Correia, C. K., Cruz, W. M. D., & Bevilacqua, G. G. (2019a). Acute Effect of Exergames on Children's Mood States During Physical Education Classes. *Games Health J*, 8(4), 250-256. doi: 10.1089/g4h.2018.0083
- Andrade, A., Correia, C. K., & Reis, D. (2019b). The Psychological Effects of Exergames for Children and Adolescents with Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(11), 724-735. doi: 10.1089/cyber.2019.0341
- Area, M. (2017). La metamorfosis digital del material didáctico tras el paréntesis Gutenberg. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa-RELATEC*, 16(2), 13-28.
- Area, M. (2020). *Escuel@ Digit@l. Los materiales didácticos en la Red*. Barcelona: Graó.
- Aristóteles. (1995). *Física*. Editorial Gredos: Madrid.
- Aristóteles. (2003). *Metafísica*. Santa Fe: El Cid Editor.
- Ausubel, D. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology*, 51, 267-272.

- Azevedo, L. B., Burges Watson, D., Haighton, C., & Adams, J. (2014). The effect of dance mat exergaming systems on physical activity and health - Related outcomes in secondary schools: Results from a natural experiment. *BMC Public Health, 14*(1). doi: 10.1186/1471-2458-14-951
- Aznar, I., Raso, F., Hinojo, M. A., & Romero, J. J. (2017). Percepciones de los futuros docentes respecto al potencial de la ludificación y la inclusión de los videojuegos en los procesos de enseñanza-aprendizaje. *Educar, 53*(1), 11-28.
- Bacon, F. (2017). *Nueva Atlántida*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Baena, A., Granero-Gallegos, A., Bracho-Amador, C., & Pérez-Quero, F. J. (2012). Spanish Version of the Sport Satisfaction Instrument (SSI) Adapted to Physical Education. *Revista de Psicodidáctica, 17*(2).
- Bai, S. R., Hew, K. F., & Huang, B. Y. (2020). Does gamification improve student learning outcome? Evidence from a meta-analysis and synthesis of qualitative data in educational contexts. *Educational Research Review, 30*, 20. doi: 10.1016/j.edurev.2020.100322
- Balardin, J. B., Zimeo Morais, G. A., Furucho, R. A., Trambaiolli, L. R., & Sato, J. R. (2017). Impact of communicative head movements on the quality of functional near-infrared spectroscopy signals: negligible effects for affirmative and negative gestures and consistent artifacts related to raising eyebrows. *J Biomed Opt, 22*(4), 46010. doi: 10.1117/1.jbo.22.4.046010
- Bandura, A. (1987). *Teoría del aprendizaje social*. Madrid: Espasa-Calpe.
- Barnett, A., Cerin, E., & Baranowski, T. (2011). Active Video Games for Youth: A Systematic Review. *Journal of Physical Activity and Health, 8*(5), 724-737. doi: 10.1123/jpah.8.5.724
- Barnett, L., Hinkley, T., Hesketh, K., Okely, A. D., & Salmon, J. (2012). Use of electronic games by young children and fundamental movement skills. *Perceptual and motor skills, 114*(3), 1023-1034. doi: <https://doi.org/10.2466/10.13.PMS.114.3.1023-1034>
- Barnett, L. M., Bangay, S., McKenzie, S., & Ridgers, N. (2013). Active gaming as a mechanism to promote physical activity and fundamental movement skill in children. *Frontiers in Public Health, 1*, 74. doi: 10.3389/fpubh.2013.00074
- Barnett, L. M., Ridgers, N. D., Reynolds, J., Hanna, L., & Salmon, J. (2015). Playing active video games may not develop movement skills: an intervention trial. *Preventive Medicine Reports(2)*, 673-678. doi: 10.1016/j.pmedr.2015.08.007
- Barrio, C. M., Muñoz-Organero, M., & Soriano, J. S. (2016). Can Gamification Improve the Benefits of Student Response Systems in Learning? An Experimental Study. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing, 4*(3), 429-438. doi: 10.1109/tetc.2015.2497459
- Bartle, R. (2003). *Designing virtual worlds*. Berkeley, CA: New Riders.
- Batle, M., & Masdeu, J. (2007). La danza como nexo de unión entre las áreas de educación física y musical. In M. X. Agra (Ed.), *La educación artística en la escuela* (pp. 59-68). Barcelona: Grao.
- Behzadnia, B., Adachi, P. J. C., Deci, E. L., & Mohammadzadeh, H. (2018). Associations between students' perceptions of physical education teachers' interpersonal styles and students' wellness, knowledge, performance, and intentions to persist at physical activity: A self-determination theory approach. *Psychology of Sport and Exercise, 39*, 10-19. doi: 10.1016/j.psychsport.2018.07.003
- Beltran-Carrillo, V. J., Beltran-Carrillo, J. I., Gonzalez-Cutre, D., Biddle, S. J. H., & Montero-Carretero, C. (2015). Are Active Video Games Associated With Less

- Screen Media or Conventional Physical Activity? *Games and Culture*, 11(6), 608-624. doi: 10.1177/1555412015574941
- Benzing, V., Heinks, T., Eggenberger, N., & Schmidt, M. (2016). Acute Cognitively Engaging Exergame-Based Physical Activity Enhances Executive Functions in Adolescents. *Plos One*, 11(12), e0167501-e0167501. doi: 10.1371/journal.pone.0167501
- Benzing, V., & Schmidt, M. (2018). Exergaming for Children and Adolescents: Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats. *Journal of Clinical Medicine*, 7(11). doi: 10.3390/jcm7110422
- Best, J. R. (2012). Exergaming immediately enhances children's executive function. *Developmental Psychology*, 48(5), 1501-1510. doi: 10.1037/a0026648
- Birch, H. J. S., & Woodruff, E. (2017). Technical exercise practice: Can piano students be motivated through gamification? *Journal of Music Technology & Education*, 10(1), 31-50. doi: 10.1386/jmte.10.1.31_1
- Blackwell, A. F., Wilson, L., Street, A., Boulton, C., & Knell, J. (2009). Radical innovation: crossing knowledge boundaries with interdisciplinary teams. *Technical Report*(760), 1-124.
- Blanco, J. L. (2017a). Implicaciones educativas de la neuropsicología. In J. L. Blanco, V. Miguel, C. García-Castellón & P. Martín (Eds.), *Neurociencia y neuropsicología educativa* (pp. 5-35). Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Blanco, J. L. (2017b). Prólogo. In J. L. Blanco, V. Miguel, C. García & P. Martín (Eds.), *Neurociencia y neuropsicología educativa* (pp. 2-3). Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1995). Multiple significance tests: the Bonferroni method. *British Medical Journal*, 310, 170.
- Bloom, B. S. (1986). *Taxonomía de los objetivos de la educación: la clasificación de las metas educacionales*. Buenos Aires: El Ateneo.
- Bo, J., Peltier, S. J., Noll, D. C., & Seidler, R. D. (2011). Symbolic representations in motor sequence learning. *Neuroimage*, 54(1), 417-426.
- Bonde, M. T., Makransky, G., Wandall, J., Larsen, M. V., Morsing, M., Jarmer, H., & Sommer, M. O. A. (2014). Improving biotech education through gamified laboratory simulations. *Nature Biotechnology*, 32, 694. doi: 10.1038/nbt.2955
- Borges, S., Durelli, V., Reis, H., & Isotani, S. (2014). *A Systematic Mapping on Gamification Applied to Education*. Paper presented at the 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing, Nueva York.
- Botero, A. (2014). Neuroeducación ante los retos de la educación para el desarrollo humano. *Colección Académica de Ciencias Sociales*, 1(2), 55-68.
- Boticki, I., Baksa, J., Seow, P., & Looi, C.-K. (2015). Usage of a mobile social learning platform with virtual badges in a primary school. *Computers & Education*, 86, 120-136. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.02.015>
- Bourdieu, P. (1998). *La distinción. Criterio y bases sociales del gusto*. Madrid: Taurus.
- Bourgonjon, J., Valcke, M., Soetaert, R., & Schellens, T. (2010). Students' perceptions about the use of video games in the classroom. *Computers & Education*, 54(4), 1145-1156. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2009.10.022>
- Brockington, G., Balardin, J. B., Morais, G. A. Z., Malheiros, A., Lent, R., Moura, L. M., & Sato, J. R. (2018). From the Laboratory to the Classroom: The Potential of Functional Near-Infrared Spectroscopy in Educational Neuroscience. *Frontiers in Psychology*, 9, 7. doi: 10.3389/fpsyg.2018.01840

- Bronner, S., Pinsker, R., & Adam Noah, J. (2015). Physiological and psychophysiological responses in experienced players while playing different dance exer-games. *Computers in Human Behavior*, 51, 34-41. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.04.047>
- Bruner, J. S. (1963). *El proceso de la educación*. México: Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana.
- Budde, H., Voelcker-Rehage, C., Pietrabyk-Kendziorra, S., Ribeiro, P., & Tidow, G. (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neurosci Lett*, 441(2), 219-223. doi: 10.1016/j.neulet.2008.06.024
- Bueno, D. (2019a). Genes y plasticidad neural: educando el futuro. In L. Lluck & I. N. Vega (Eds.), *El ágora de la neuroeducación* (pp. 17-30). Barcelona: Octaedro.
- Bueno, D. (2019b). Genetics and Learning: How the Genes Influence Educational Attainment. *Frontiers in Psychology*(10), 1622. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01622>
- Buss, A. T., Fox, N., Noas, D. A., & Spencer, J. P. (2014). Probing the early development of visual working memory capacity with functional near-infrared spectroscopy. *Neuroimage*, 85, 314-325.
- Bustamante, J. C. (2012). *Neural bases of cognitive and motivational processes in cocaine addiction*. Universitat Jaime I de Castellón, Castellón.
- Cabrera, I. (2009). El análisis de contenido en la investigación educativa: propuesta de fases y procedimientos para la etapa de evaluación de la información. *Pedagogía Universitaria*, 14(3).
- Cadena-Valencia, J., García-Garibay, O., Merchant, H., Jazayeri, M., & De Lafuente, V. (2018). Entrainment and maintenance of an internal metronome in supplementary motor area. *eLife*, 7, e38983. doi: 10.7554/eLife.38983
- Cadena-Valencia, J., García-Garibay, O., Merchant, H., Jazayeri, M., & Lafuente, V. (2018). Entrainment and maintenance of an internal metronome in supplementary motor area. *eLife*, 7. doi: 10.7554/eLife.38983
- Çakıroğlu, Ü., Başıbüyük, B., Güler, M., Atabay, M., & Memiş, B. Y. (2017). Gamifying an ICT course: Influences on engagement and academic performance. *Computers in Human Behavior*, 69, 98-107. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.018>
- Camacho, W. M., Vera, Y. K., & Mendez, E. D. (2018). TIC: ¿Para qué? Funciones de las tecnologías de la información. *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 2(3), 680-693.
- Campelo, A. M., Donaldson, G., Sheehan, D. P., & Katz, L. (2015). Attitudes Towards Physical Activity and Perceived Exertion in Three Different Multitask Cybercycle Navigational Environments. *Procedia Engineering*, 112, 256-261. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.238>
- Campos, A. (2010). Neurociencia: uniendo las neurociencias y la educación en la búsqueda del desarrollo humano. *La Educación*(143), 1-14.
- Campos, J. A. (2015). *El uso de las TIC, dispositivos móviles, y redes sociales en un aula de la educación secundaria obligatoria*. University of Granada, Granada.
- Canales, I. (2007). La mirada y el tacto como condicionantes del compromiso emocional del alumnado en las sesiones de expresión corporal. *Motricidad*, 19, 191-212.
- Canales, I. (2010). *La desinhibición en la expresión corporal: una propuesta didáctica*. Madrid: Wanceulen.

- Carbonell, J. (2002). El profesorado y la innovación educativa. In P. Cañal, J. Carbonell, A. Fernández-Aliesa, F. García, J. Ramos, I. Serrano & A. Vilches (Eds.), *La innovación educativa* (pp. 11-26). Madrid: Akal.
- Carnap, R. (1965). Psicología en lenguaje fisicalista. In A. J. Ayer (Ed.), *El positivismo lógico*. México: FCE.
- Carriedo, A. (2017). Prácticas innovadoras e inclusivas para la enseñanza de la expresión corporal en Educación Física. In A. Rodríguez-Martín (Ed.), *Prácticas innovadoras inclusivas retos y oportunidades* (pp. 1251-1258). Oviedo: Universidad de Oviedo.
- Carriedo, A., Méndez, A., Fernández, J., & Cecchini, J. A. (2020). Nuevas posibilidades y recursos para la enseñanza de la expresión corporal en educación física: internet y los retos virales. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 37, 722-730.
- Casafont, R. (2019). El autoconocimiento nos proyecta a la acción saludable. In L. Lluch & I. Vega (Eds.), *El ágora de la neuroeducación* (pp. 63-78). Barcelona: Octaedro.
- Casanova, O., & Serrano, R. (2019). *Herramientas tecnológicas asociadas a la gamificación en la formación inicial docente musical de secundaria*. Paper presented at the VIII Multidisciplinary International Conference on Educational Research. Education: The door to any social improvements, Lérida.
- Caspersen, C. J., Powerl, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 100(2), 126-131.
- Castañer, M., & Camerino, O. (2006). *Manifestaciones básicas de la motricidad*. Lleida: Edicions de la Universitat de Lleida.
- Castañer, M., Camerino, O., Landry, P., & Pares, N. (2016). Quality of physical activity of children in exergames: Sequential body movement analysis and its implications for interaction design. *International Journal of Human-Computer Studies*, 96, 67-78. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhcs.2016.07.007>
- Castells, M. (2001). *The Internet Galaxy. Reflections on the Internet, Business, and Society*. New York: Oxford University Press.
- Castells, M. (2011). *La era de la información: economía, sociedad y cultura. Vol. 1*. Madrid: Alianza.
- Climente, M. P., & Castillo, A. R. (2018). Gamification in the multigenerational E/LE classroom: the "escape room" as a model of a didactic proposal. *Foro De Profesores De E-Le*, 14, 207-216. doi: 10.7203/foroele.14.13349
- Coll, C. (2016). La educación formal en la nueva ecología del aprendizaje: tendencias, retos y agenda de investigación. In J. M. Monimó & C. Sigalés (Eds.), *El impacto de las TIC en educación. Más allá de las promesas* (pp. 75-90). Barcelona: UOC Ediciones.
- Comenius, J. A. (1986). *Didáctica magna*. Madrid: Akal, D. L. .
- Comisión-Europea. (2010). *New Skills for New Jobs: Action Now*. Bruselas: Comisión Europea.
- Conde, I., Rodríguez, C., & Calvo, A. (2020). Potencialidades y límites educativos de los videojuegos activos: una investigación basada en entrevistas a docentes de Educación Física.(Educational potentialities and limits of active video games: a research based on interviews with Physical Education teachers). *Cultura, ciencia y deporte: revista de ciencias de la actividad física y del deporte de la Universidad Católica de San Antonio*, 15(43), 43-52.

- Connel, J. (2009). Dance education: an examination of practitioners' perceptions in secondary schools and the necessary for teachers skilled in the pedagogy and content of dance. *Research in Dance Education*, 10(2), 115-130.
- Cordero, A., De-la-Cruz, M. V., González, M., & Seisdedos, N. (2009). *Factor G. Escalas 2 y 3 (Culture Fair Intelligence Tests Spanish Adaptation)*. Madrid: TEA Ediciones.
- Corominas, J. (1987). *Breve diccionario etimológico de la lengua castellana* (Tercera ed.). Madrid: Editorial Gredos.
- Csikszentmihályi, M. (1988). The flow experience and its significance for human psychology. In M. Csikszentmihályi & I. Csikszentmihályi (Eds.), *Optimal experience: Psychological studies of flow in consciousness* (pp. 15-35). Cambridge: Cambridge University Press.
- Csikszentmihályi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Nueva York: Harper & Row.
- Cuban, L. (2016). Problemas recurrentes a los que deben enfrentarse los investigadores cuando estudian la adopción y el uso de las TIC en el aula. In J. Monimó & C. Sigalés (Eds.), *El impacto de las tic en la educación. Más allá de las promesas* (pp. 27-42). Barcelona: UOC Ediciones.
- Cuéllar, M. J., & Rodríguez, Y. (2009). Estrategias de enseñanza y organización de la clase en expresión corporal. *Habilidad motriz: Revista de ciencias de la actividad física y del deporte*(33), 5-14.
- Cuellar, M. M. (1995). *La música como recurso didáctico en las clases de Educación Física: estudio de un caso práctico (187-190)*. Paper presented at the II Congreso Nacional de Educación Física de Facultad de Educación y XIII de Escuelas Universitarias de Magisterio., Zaragoza-Jaca.
- Cuesta, R. (2005). *Felices y escolarizados: crítica de la escuela en la era del capitalismo*. Madrid: Octaedro.
- Cuevas, M. B. (2017). El currículum y las prácticas pedagógicas del docente de educación superior desde los aportes de la neurociencia. *Revista Internacional De Apoyo a La inclusión, Logopedia, Sociedad Y Multiculturalidad*, 3(4).
- Cutre-González, D. (2017). Estrategias didácticas y motivacionales en las clases de educación física desde la teoría de la autodeterminación. *e-Motion. Revista de Educación, Motricidad e Investigación*(8), 2341-1473.
- Chacón, R., Castro, M., Zurita, F., Espejo, T., & Martínez, A. (2016). Videojuegos Activos como recurso TIC en el Aula de Educación Física: estudio a partir de parámetros de Ocio Digital. *Digital Education Review*, 29, 112-123.
- Chacón, R., Espejo, T., Cabrera, A., Castro, M. L., López, J. F., & Zurita, F. (2015). «Exergames» para la mejora de la salud en niños y niñas en edad escolar: estudio a partir de hábitos sedentarios e índices de obesidad. *RELATEC: Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 14(2), 39-50. doi: 10.17398/1695-288x.14.2.39
- Chacón, R., Zurita, F., Martínez, A., Castro, M., Espejo, T., & Pinel, C. (2017). Relación entre factores académicos y consumo de videojuegos en universitarios. Un modelo de regresión. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 50, 109-121. doi: 10.12795/pixelbit.2017.i50.07
- Chalkiadaki, A. (2018). A Systematic Literature Review of 21st Century Skills and Competencies in Primary Education. *International Journal of Instruction*, 11(3), 1-16. doi: 10.12973/iji.2018.1131a

- Chang, J. W., & Wei, H. Y. (2015). Exploring Engaging Gamification Mechanics in Massive Online Open Courses. *Educational Technology & Society*, 19(2), 177-203. doi: <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.19.2.177>
- Chaput, J. P., Carson, V., Gray, C. E., & Tremblay, M. S. (2014). Importance of all movement behaviors in a 24 hour period for overall health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(12), 12575-12581. doi: 10.3390/ijerph11121257524-hour
- Chaykowski, K. (2017). Class App. *Forbes*, 199(6), 50-+.
- Chen, F. X., King, A. C., & Heckler, E. B. (2014). "Healthifying" exergames: improving health outcomes through intentional priming. Paper presented at the 32nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI'14, Toronto, Canada.
- Chou, Y. (2014). *Actionable gamification. Beyond points, badges and leaderboards*. USA: Octalysis Media.
- Damasio, A. R. (2008). *El error de Descartes: la emoción, la razón y el cerebro humano*. Barcelona: Crítica.
- Daniel, D., B. (2012). Promising principles: translating the science of learning to educational practice. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 1(4), 251-253. doi: 10.1016/j.jarmac.2012.10.004
- Danto, A. (2002). *Después del fin del arte. El arte contemporáneo y el linde de la historia*. Madrid: Paidós.
- Daza, J. (2007). *Evaluación clínico-funcional del movimiento corporal humano*. Bogotá: Editorial Médica Panamericana.
- De-Manzano, Ö., & Ullén, F. (2012). Activation and connectivity patterns of the presupplementary and dorsal premotor areas during free improvisation of melodies and rhythms. *Neuroimage*, 63, 272-280. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.06.024
- De Medeiros, P., Capistrano, R., Zequinão, M. A., Da Silva, S. A., Beltrame, T. S., & Cardoso, F. L. (2017). Exergames as a tool for the acquisition and development of motor skills and abilities: a systematic review. *Revista Paulista de Pediatria*, 35(4), 464-471. doi: 10.1590/1984-0462/2017;35;4;00013
- De Pablos, J. (2015). *Los centros educativos ante el desafío de las tecnologías digitales*. Madrid: La Muralla.
- De Vet, E., Simons, M., & Wesselman, M. (2014). Dutch children and parents' views on active and non-active video gaming. *Health Promot Int*, 29(2), 235-243.
- De Vries, M. J. (2012). Technology Education for Teachers. In P. J. Williams (Ed.), *Philosophy of Technology* (pp. 15-33). Rotterdam: Sense Publishers.
- Deci, E. L., Koestner, R., & Ryan, R. M. (2001). Extrinsic Rewards and Intrinsic Motivation in Education: Reconsidered Once Again. *Review of Educational Research*, 71(1), 1-27. doi: 10.3102/00346543071001001
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). The general causality orientations scale: self-determination in personality. *Journal of Research in Personality*, 19, 109-134. doi: [https://doi.org/10.1016/0092-6566\(85\)90023-6](https://doi.org/10.1016/0092-6566(85)90023-6)
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: human needs and the self-determination of behaviour. *Psychological inquiry*, 11, 227-268.
- Decroly, O. (2006). *La función de globalización y la enseñanza: y otros ensayos*. Madrid: Biblioteca Nueva : Secretaría General Técnica del Ministerio de Educación y Ciencia.

- Degli, E., Geronazzo, M., Vescovi, D., Nordahl, R., Serafin, S., Ludovico, L. A., & Avanzini, F. (2019). Mobile virtual reality for musical genre learning in primary education. *Computers & Education*, *139*, 102-117. doi: 10.1016/j.compedu.2019.04.010
- Delpy, D. T., Cope, M., Van Der Zee, P., Arridge, S., Wray, S., & Wyatt, J. (1988). Estimation of optical pathlength through tissue from direct time of flight measurement. *Physics in Medicine and Biology*, *33*, 1433-1442. doi: 10.1088/0031-9155/33/12/008
- DeManzano, Ö., & Ullén, F. (2012). Activation and connectivity patterns of the supplementary and dorsal premotor areas during free improvisation of melodies and rhythms. *Neuroimage*(63), 272-280. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.06.024
- Descartes, R. (2003). *Discurso del método*. Córdoba (Argentina): El Cid Editor.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). *From game design elements to gamefulness: defining "gamification"*. Paper presented at the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments New York.
- Devís, J. (2000). *Actividad física, deporte y salud*. Zaragoza: INDE.
- Di Tore, P. A., & Gaetano, R. (2012). Exergame-design and Motor Activities Teaching: An Overview of Scientific Paradigms on Motor Control. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, *3*(11), 119-122.
- Díaz-Lucea, J. (2010). Educación física e interdisciplinariedad, una relación cada vez más necesaria. *Tándem. Didáctica de la Educación Física*(33), 7-21.
- Dichev, C., & Dicheva, D. (2017). Gamifying education: what is known, what is believed and what remains uncertain: a critical review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *14*(1). doi: 10.1186/S41239-017-0042-5
- Dicheva, D., Dichev, C., Agre, G., & Angelova, G. (2015a). Gamification in Education: A systematic mapping study. *Educational Technology & Society*, *18*(3), 75-88.
- Dicheva, D., Dichev, C., Agre, G., & Angelova, G. (2015b). Gamification in Education: A systematic mapping study. *Educational Tecnology & Society*, *18*(3), 75-88.
- Díez-Gutiérrez, E. J., Terrón, E., García-Gordón, M., Rojo, J., Cano, R., Castro, R., . . . Morala, J. D. (2004). *La diferencia sexual en el análisis de los videojuegos*. Madrid: CIDE: Instituto de la Mujer.
- Díez, J. A., & Ulises, C. (2008). *Fundamentos de filosofía de la ciencia*. Barcelona: Ariel.
- Dillon, M. B. M., Radley, K. C., Tingstrom, D. H., Dart, E. H., & Barry, C. T. (2019). The Effects of Tootling via ClassDojo on Student Behavior in Elementary Classrooms. *School Psychology Review*, *48*(1), 18-30. doi: 10.17105/spr-2017-0090.v48-1
- Dixon, R., Maddison, R., Ni Mhurchu, C., Jull, A., Meagher-Lundberg, P., & Widdowson, D. (2010). Parents' and children's perceptions of active video games: a focus group study. *Journal of Child Health Care*, *14*(2), 189-199. doi: 10.1177/1367493509359173
- Domínguez, A., Saenz-de-Navarrete, J., de-Marcos, L., Fernández-Sanz, L., Pagés, C., & Martínez-Herráiz, J.-J. (2013). Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. *Computers & Education*, *63*, 380-392. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.020>

- Domínguez, F. J., & García, B. (2011). Emoción y procesamiento cognitivo. In E. G. Fernández, B. García, M. P. Jiménez, D. Martín & D. Domínguez (Eds.), *Psicología de la emoción* (pp. 185-220). Madrid: Ramón Areces.
- Dubbels, B. (2009). Dance Dance Education and Rites of Passage. *IJGCMS*, 1, 63-89. doi: 10.4018/jgcms.2009091504
- Dubinsky, J. M. (2010). Neuroscience Education for Prekindergarten–12 Teachers. *The Journal of Neuroscience*, 30(24), 8057-8060.
- Duque, J., Lew, D., Mazzocchio, R., Olivier, E., & Ivry, R. B. (2010). Evidence for two concurrent inhibitory mechanisms during response preparation. *The Journal of Neuroscience*, 30, 3793-3802. doi: 10.1523/JNEUROSCI.5722-09.2010
- Edwards, A. L. (1953). The relationship between the judged desirability of a trait and the probability that the trait will be endorsed. *Journal of Applied Psychology*, 37(2), 90-93. doi: 10.1037/h0058073
- Edwards, J., Jeffrey, S., May, T., Rinehart, N. J., & Barnett, L. M. (2017). Does playing a sports active video game improve objects control skills of children with autism spectrum disorder? *Journal Sport Health Science*, 6, 17-24. doi: https://doi.org/10.1016/j.jshs.2016.09.004
- Ennis, C. D. (2013). Implications of exergaming for the physical education curriculum in the 21st century. *Journal of Sport and Health Science*, 2(3), 152-157.
- Errisuriz, V., Golaszewski, N., Born, K., & Bartholomew, J. (2018). Systematic Review of Physical Education-Based Physical Activity Interventions Among Elementary School Children. *The Journal of Primary Prevention*, 39(3), 303-327. doi: 10.1007/s10935-018-0507-x
- Escamilla, A. (2009). *Las competencias en la programación de aula. Infantil y primaria (3-12 años)*. Barcelona: Graó.
- Escudero, J. M. (2014). Avances y retos en la promoción de la innovación en los centros educativos *Educación* (Vol. 8801, pp. 101-138).
- Escudero, J. M. (2019). Innovación y calidad en educación. In M. Martínez & A. Jolonch (Eds.), *Las paradojas de la innovación educativa* (pp. 153-174). Barcelona: Horsori Educación y Cuadernos de Educación.
- Escudero, M. P. (1988). *Educación musical. Rítmica y Psicomotriz*. Madrid:: Real Musical.
- Etxeberria, F. (2012). *Videojuegos: riesgos y oportunidades en educación*.
- Europea, C. (2018). *Study on supporting school innovation across europe*. Bruselas: Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture.
- Fang, Q., Aiken, C. A., Fang, C., & Pan, Z. (2019). Effects of Exergaming on Physical and Cognitive Functions in Individuals with Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review. *Games Health Journal*, 8(2), 74-84. doi: 10.1089/g4h.2018.0032
- Fernández-Cruz, F. J., & Fernández-Díaz, M. J. (2016). Los docentes de la Generación Z y sus competencias digitales. *Comunicar*, 46, 97-105. doi: http://dx.doi.org/10.3916/C46-2016-10
- Fernández, H. (2013). Memoria humana, estructuras y procesos: el modelo multi-almacén. *Psicología y psicopedagogía*, 1(4).
- Fernandez, J., Méndez, A., Cecchini, J., & González, C. (2011). *Achievement Goals and Social Goals' Influence on Physical Education Students' Fair Play // La influencia de las metas de logro y las metas sociales sobre el fair play de estudiantes de Educación Física de Secundaria* (Vol. 17).
- Ferrari, S., Rivoltella, P. C., LoJacono, S., & DeCani, L. (2019). Construzione e validazione di un questionario sulla dieta mediale. En prensa.

- Fink, E. (1996). *El oasis de la felicidad. Pensamientos para una ontología del juego*. México: UNAM.
- Fontes, S., & Fontes, A. (2016). La validez de la investigación. In S. Fontes, C. García, L. Quintanilla, R. Rodríguez, P. Rubio & E. Sarriá (Eds.), *Fundamentos de investigación en Psicología* (pp. 121-146). Madrid: UNED.
- Forés, A., & Ligioiz, M. (2009). *Descubrir la neurodidáctica: aprender desde, en y para la vida*. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.
- Forés, A., Ligioiz, M., & UOC., B. (2009). *Descubrir la neurodidáctica: aprender desde, en y para la vida*. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.
- Fortún, M., Álvarez, D., & Frías, L. (2013). *Huyendo de la oscuridad*. Madrid: Proyecto Helo.
- Fox, P. T., & Lancaster, J. L. (2002). Mapping context and content: The BrainMap model. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(4), 3119-3321.
- Frago, J. M., & Murillo, B. (2016). Una propuesta integral para promocionar la actividad física. *Tándem: Didáctica de la educación física*(54), 57-63.
- Franco, E., & Coteron, J. (2017). The Effects of a Physical Education Intervention to Support the Satisfaction of Basic Psychological Needs on the Motivation and Intentions to Be Physically Active. *Journal of Human Kinetics*, 59(1), 5-15. doi: 10.1515/hukin-2017-0143
- Freinet, C. (1993). *Education through work: a model for child centered learning* (J. Sivell, Trans.). Lewiston: Edwin Mellen Press.
- Freitas, S. A. A., Lacerda, A. R. T., Calado, P., Lima, T. S., Canedo, E. D., & Ieee. (2017). Gamification in Education: A Methodology to Identify Student's Profile 2017 Ieee Frontiers in Education Conference. New York: Ieee.
- Gao, Y., & Mandryk, R. L. (2011). *GrabApple: the design of a casual exergame*. Paper presented at the ICEC Conference on Entertainment Computing, Vancouver, Canada.
- Gao, Z., Hannan, P., Xiang, P., Stodden, D. F., & Valdez, V. E. (2013). Video game-based exercise, Latino children's physical health, and academic achievement. *American Journal of Preventive Medicine*, 44(3), 240-246. doi: 10.1016/j.amepre.2012.11.023.
- Gao, Z., Lee, J. E., Pope, Z., & Zhang, D. (2016). Effect of Active Videogames on Underserved Children's Classroom Behaviors, Effort, and Fitness. *Games for Health Journal*, 5(5), 318-324. doi: 10.1089/g4h.2016.0049
- Garcés, M. (2017). *Nueva ilustración radical*. Barcelona: Anagrama.
- García-Sánchez, I., Pérez, R., & Calvo, A. (2011). Iniciación a la danza como agente educativo de la expresión corporal en la educación física actual: aspectos metodológicos. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*(20), 33-36.
- García, I., Pérez, R., & Calvo, A. (2013). Expresión corporal. Una práctica de intervención que permite encontrar un lenguaje propio mediante el estudio y la profundización del empleo del cuerpo. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*(23), 19-22.
- García, J., & Colunga, S. (2004). Interdisciplinariedad para la formación profesional: desafío actual en la enseñanza politécnica. In M. Álvarez (Ed.), *Interdisciplinariedad: una aproximación desde la enseñanza-aprendizaje de las ciencias* (pp. 62-80). La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- García, L., Abos, A., & Sevil, J. (2020). *Acción docente en educación física y actividades físico-deportivas. Teoría basada en evidencias científicas*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.

- Gardner, H. (1994). *Estructura de la mente: la teoría de las inteligencias múltiples*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Garn, A. C., Baker, B. L., Beasley, E. K., & Solmon, M. A. (2012). What are the benefits of a commercial exergaming platform for college students? Examining physical activity, enjoyment, and future intentions. *Journal of Physical Activity and Health, 9*(2), 311-318.
- Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. England: Palgrave Macmillan.
- Gelpi, P., Murillo, B., Romero, M. R., & Tena, I. (2008). *Por qué utilizar dinámicas de reflexión en las clases de expresión corporal: la visión del alumno y del docente*. Paper presented at the II Congreso Internacional de Expresión Corporal y Educación, Zamora.
- Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Nueva York: Psychology Press.
- Gioftsidou, A., Vernadakis, N., Malliou, P., Batzios, S., Sofokleous, P., Antoniou, P., . . . Godolias, G. (2013). Typical balance exercises or exergames for balance improvement? *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, 26*(3), 299-305. doi: 10.3233/BMR-130384
- Gioftsidou, A., Vernadakis, N., Malliou, P., Batzios, S., Sofokleous, P., Antoniou, P., . . . Godolias, G. Typical balance exercises or exergames for balance improvement? . *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, 26*(3), 299-305. doi: 10.3233/BMR-130384
- Gobel, E. W., Parrish, T. B., & Reber, P. J. (2011). Neural correlates of skill acquisition: decreased cortical activity during a serial interception sequence learning task. *Neuroimage, 58*(4), 1150-1157. doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.06.090
- Goble, D. J., Coxon, J. P., Impe, A. van, Vos, J. de, Wenderoth, N. and Swinnen, S. P. . (2010). The neural control of bimanual movements in the elderly: brain regions exhibiting age-related increases in activity, frequency-induced neural modulation, and task-specific compensatory recruitment. *Human Brain Mapping, 31*, 1.281-281.295. doi: 10.1002/hbm.20943
- Gómez-Gonzalvo, F., Molina, P., & Devis-Devis, J. (2018). Video games as curriculum materials: an approach to their use in Physical Education. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación, 34*, 305-310.
- Gómez-Mendoza, M. A. (2005). La transposición didáctica: historia de un concepto. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, 1*, 83-115.
- Gómez, J., & Assis, M. (2012). *Videojuegos, educación y desarrollo infantil*. Madrid: GfK Custom Research.
- Gómez, J., & Escobar, M. (2015). *Neurodidáctica y educación. Una aproximación desde las humanidades incluyendo la literatura*. Barcelona: Universidad Militar.
- Gómez, S., Planells, A. J., & Chicharro, M. (2017). ¿Los alumnos quieren aprender con videojuegos?: Lo que opinan sus usuarios del potencial educativo de este medio. *Educación, 53*(1), 49-66.
- González-Cutre, D., Martínez, A., Gómez, A., & Moreno, J. A. (2010a). La motivación autodeterminada en la actividad física y el deporte: conceptualización. In J. A. Moreno & E. Cervelló (Eds.), *Motivación en la actividad física y el deporte* (pp. 119-150). Sevilla: Wanceulen Editorial Deportiva.
- González-Cutre, D., Moreno, J. A., & Cervelló, E. (2010b). El estado de flow en la práctica físico-deportiva. In J. A. Moreno & E. Cervelló (Eds.), *Motivación en la*

- actividad física y el deporte* (pp. 195-214). Sevilla: Wanceulen Editorial Deportiva.
- González-Cutre, D., Sicilia, A., Moreno, J. A., & Fernández-Balboa, J. M. (2009). Dispositional flow in physical education: relationships with motivational climate, social goals, and perceived competence. *Journal of Teaching in Physical Education*, 28, 422-440.
- González-González, C. S., & Navarro-Adelantado, V. (2017). *Gamification and Active Games for Physical Exercise: A review of literature*. Paper presented at the 1st Workshop on Gamification and Games for Learning (GamiLearn'17).
- González-Moreno, C. X., Solovieva, Y., & Quintanar-Rojas, L. (2012). Neuropsicología y Psicología histórico-cultural: aportes en el ámbito educativo. *Revista Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia*, 60(3), 221-231.
- González, C., & Navarro, V. (2015). A Structural Theoretical Framework Based on Motor Play to Categorize and Analyze Active Video Games. *Games and Culture*, 11(7-8), 690-719. doi: 10.1177/1555412015576613
- González, C. S., Gómez, N., Navarro, V., Cairón, M., Quirce, C., Toledo, P., & Marrero, N. (2015). Learning healthy lifestyles through active videogames, motor games and gamification of educational activities. *Journal Computers in Human Behavior*, 55(A), 529-551. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.08.052>
- González, C. S. G., & Adelantado, V. N. (2015). A Structural Theoretical Framework Based on Motor Play to Categorize and Analyze Active Video Games. *Games and Culture*, 11(7-8), 690-719. doi: 10.1177/1555412015576613
- Gonzalez, L. E. Q., Jimenez, F. J., & Moreira, M. A. (2018a). Beyond the textbook. Gamification through ITC as an innovative alternative in Physical Education. *Retos-Nuevas Tendencias En Educacion Fisica Deporte Y Recreacion*(34), 343-348.
- Gonzalez, L. E. Q., Jimenez, F. J., & Moreira, M. A. (2018b). Beyond the textbook. Gamification through ITC as an innovative alternative in Physical Education. *Retos: Nuevas Tendencias En Educacion Fisica Deporte y Recreacion*(34), 343-348.
- Gooch, D., Vasalou, A., Benton, L., & Khaled, R. (2016). Using gamification to motivate students with dyslexia or other special educational needs. In J. Kayne & A. Druin (Eds.), *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York: Association for Computing Machinery.
- Goodin, A. (2013). Arquitectura cerebral como responsable del aprendizaje. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 14(2), 81-85.
- Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: from research to practice. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(5), 406-413. doi: 10.1038/nrn1907
- Goswami, U. (2015). Original: Neurociencia y Educación: ¿podemos ir de la investigación básica a su aplicación? Un posible marco de referencia desde la investigación en dislexia. *Psicología Educativa*(21), 94-105. doi: 10.1016/j.pse.2015.08.002
- Goudas, M., Biddle, S., & Fox, K. (1994). Perceived locus of causality, goal orientations, and perceived competence in school physical education classes. *British Journal of Educational Psychology*, 64(3), 453-463. doi: 10.1111/j.2044-8279.1994.tb01116.x
- Grahn, J. A., & Brett, M. (2007a). Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19, 893-906. doi: 10.1162/jocn.2007.19.5.893

- Grahn, J. A., & Brett, M. (2007b). Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*(19), 893-906. doi: 10.1162/jocn.2007.19.5.893
- Graupera, J. L., Gutiérrez, M., Nishida, T., & Ruiz, L. M. (2004). El Test Ampet de motivación de logro para el aprendizaje en educación física: desarrollo y análisis factorial de la versión española. *Revista de educación*(335), 195-214.
- Greany, T. (2016). Innovation is possible, it's just not easy: improvement, innovation and legitimacy in England's autonomous and accountable school system. *Education Management Administration and leadership*, 46(1), 65-85. doi: <https://doi.org/10.1177/1741143216659297>
- Grice, H. P. (1989). *Studies in the Way of Words*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Gros, B. (2016). Tecnologías digitales e innovación educativa: retos de una relación inevitable. In J. Monimó & C. Sigalés (Eds.), *El impacto de las TIC en educación. Más allá de las promesas* (pp. 157-178). Barcelona: Editorial UOC.
- Gros, B. (2019). La innovación en los entornos y materiales de aprendizaje. In M. Martínez & A. Joloch (Eds.), *Las paradojas de la innovación educativa* (pp. 175-196). Barcelona: Horsori Editorial y Cuadernos de Educación.
- Gu, X. L., & Solmon, M. A. (2016). Motivational processes in children's physical activity and health-related quality of life. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 21(4), 407-424. doi: 10.1080/17408989.2015.1017456
- Guillem, M., & Bueno, D. (2019). Experiencia 5. Actividad física y funciones ejecutivas durante la infancia desde una perspectiva educativa. In L. Lluch & E. M. Vega (Eds.), *El ágora de la neuroeducación. La neuroeducación explicada y aplicada* (pp. 179-186). Barcelona: Octaedro.
- Guillén, J. C. (2019). El cerebro ejecutivo en el aula: de la teoría a la práctica. In L. Lluch & I. Vega (Eds.), *El ágora de la neuroeducación* (pp. 93-102). Barcelona: Octaedro.
- Gutiérrez-Capa, R. (2016). *Teaching innovation through the use of new technologies; increased intrinsic motivation of students in the classroom o physical education: an experience with console, exergames and whole-body motion sensors in high school.*, University of León, León.
- Gutiérrez, C., Cremades, A., & Perea, B. (2011). La interdisciplinariedad de la música en la etapa de educación primaria. *Espacio y tiempo. Revista de Ciencias Humanas*(25), 151-161.
- Guzmán, K. S., Fonseca, A. S., & Jiménez, J. M. (2016). Acute effect of «exergame» practice on performance in basketball throw. *Retos*(29), 58-60.
- Habermas, J. (1986a). *Ciencia y técnica como ideología* (M. J. Redondo, Trans.). Madrid: Tecnos.
- Habermas, J. (1986b). *Conocimiento e interés*. Madrid: Taurus.
- Hakulinen, L., Auvinen, T., & Korhonen, A. (2015). The Effect of Achievement Badges on Students' Behavior: An Empirical Study in a University-Level Computer Science Course. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 10(1), 18-29. doi: 10.3991/ijet.v10i1.4221
- Hallam, S. (2010). The power of music: Its impact on the intellectual, social and personal development of children and young people. *International Journal of Music Education*, 28(3), 269-289. doi: <https://doi.org/10.1177/0255761410370658>

- Hamari, J., & Koivisto, J. (2014). Measuring flow in gamification: Dispositional Flow Scale-2. *Computers in Human Behavior*, 40(C), 133-143. doi: 10.1016/j.chb.2014.07.048
- Hamari, J., & Koivisto, J. (2015a). "Working out for likes": An empirical study on social influence in exercise gamification (Vol. 50).
- Hamari, J., & Koivisto, J. (2015b). Working out for likes: an empirical study on social influence in exercise gamification. *Computers in Human Behavior*, 50, 333-347. doi: 10.1016/j.chb.2015.04.018
- Han, B. C. (2015). *Psicopolítica*. Barcelona: Herder.
- Hansen, L., & Sanders, S. (2008). Interactive gaming: changing the face of fitness. *Florida Alliance for Health, Physical Education, Recreation, Dance & Sport Journal*, 46(1), 38-41.
- Hanus, M. D., & Fox, J. (2015). Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance. *Computers & Education*, 80, 152-161. doi: https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.019
- Harrington, D. M., Davies, M. J., Bodicoat, D. H., Charles, J. M., Chudasama, Y. V., Gorely, T., . . . Edwardson, C. L. (2018). Effectiveness of the 'Girls Active' school-based physical activity programme: A cluster randomised controlled trial. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 15(1), 40. doi: 10.1186/s12966-018-0664-6
- Hatfield, B. D., Haufler, A. J., Hung, T. M., & Spalding, T. W. (2004). Electroencephalographic studies of skilled psychomotor performance. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 21(3), 144-156.
- Hatfield, B. D., & Hillman, C. H. (2001a). The psychophysiology of sport : a mechanistic understanding of the psychology of superior performance. In R. N. Singer, H. A. Hausenblas & C. M. Janelle (Eds.), *Handbook of Sport Psychology* (pp. 362-386). New York: John Wiley.
- Hatfield, B. D., & Hillman, C. H. (2001b). The psychophysiology of sport: a mechanistic understanding of the psychology of superior performance. In R. N. Singer, H. A. Hausenblas & C. M. Janelle (Eds.), *Handbook of Sport Psychology* New York: John Wiley.
- Hattie, J. (2017). *Aprendizaje visible para profesores. Maximizando el impacto en el aprendizaje*. Madrid: Ediciones Paraninfo.
- Hegel, G. W. F. (1985). *Fenomenología del espíritu*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- Heredia, A. (2007). *Curso de didáctica general*. Zaragoza: Prensas Universitarias, Universidad de Zaragoza.
- Hernández-Pérez, J. F. (2015). *La influencia de los videojuegos en el proceso de adopción tecnológica: un estudio empírico en la región de Murcia*. Universidad Católica de San Antonio, Murcia.
- Hertrich, I., Dietrich, S., & Ackermann, H. (2016). The role of the supplementary motor area for speech and language processing. *Neuroscience and Biobehavioral Review*, 68, 602-610. doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.06.030
- Hidalgo, M. B. (2016). *Más allá del rosa o azul: análisis de la construcción de la identidad desde una perspectiva de género a través de la educación musical en la etapa de primaria*. Universidad de Huelva, Huelva.
- Hirsh-Pasek, K., & Bruer, J. T. (2007). The brain/education barrier. *Science*(317), 1293.
- Ho, S. S., Lwin, M. O., Sng, J. R. H., & Yee, A. Z. H. (2017a). Escaping through exergames: Presence, enjoyment, and mood experience in predicting children's

- attitude toward exergames. *Computers in Human Behavior*, 72, 381-389. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.001>
- Ho, S. S., Lwin, M. O., Song, J. R. H., & Yee, A. Z. H. (2017b). Escaping through exergames: Presence, enjoyment, and mood experience in predicting children's attitude toward exergames. *Computers in Human Behavior*, 72, 381-389. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.001>
- Hortigüela, D., Gutiérrez, C., & Hernando, A. (2017). *Combat versus team sports: the effects of gender in a climate of peer-motivation, and levels of fun and violence in physical education students* (Vol. 17).
- Howard-Jones, P. (2007). *Neuroscience and Education: Issues and Opportunities*. London: University of London.
- Howard-Jones, P., Holmes, W., Demetriou, S., Jones, C., Tanimoto, E., Morgan, O., & Davies, N. (2015). Neuroeducational research in the design and use of a learning technology. *Learning, Media and Technology*, 40(2), 227-246. doi: 10.1080/17439884.2014.943237
- Howard-Jones, P. A. (2011). Toward a science of learning games. *Mind, Brain and Education*,(5), 33,41.
- Howard-Jones, P. A. (2016). Gamification of learning deactivates the default mode network. *Frontiers in Psychology*(6), 1891.
- Hoyuelos, A. (2006). *La estética en el pensamiento y obra pedagógica de Loris Malaguzzi*. Barcelona: Octaedro.
- Hsieh, C.-Y., & Chen, T. (2019). Effect of Pokémon GO on the Cognitive Performance and Emotional Intelligence of Primary School Students. *Journal of Educational Computing*, 1-26. doi: <https://doi.org/10.1177/0735633119854006>
- Hsu, J. K., Thibodeau, R., Wong, S. J., Zukiwsky, D., Cecile, S., & Walton, D. M. (2011). A "Wii" bit of fun: the effects of adding Nintendo Wii(®) Bowling to a standard exercise regimen for residents of long-term care with upper extremity dysfunction. *Physiother Theory Pract*, 27(3), 185-193. doi: 10.3109/09593985.2010.483267
- Huang, H.-C., Pham, T. T. L., Wong, M.-K., Chiu, H.-Y., Yang, Y.-H., & Teng, C.-I. (2018). How to create flow experience in exergames? Perspective of flow theory. *Telematics and Informatics*, 35(5), 1288-1296. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.03.001>
- Huhtiniemi, M., Sääkslahti, A., & Jaakkola, T. (2017). *Associations between basic psychological needs, motivational regulations and enjoyment among Finnish 5th grade students*. Paper presented at the CIAPSE 2 Children's Physical Activity and Sport 2017, Finland.
- Huizinga, J. (1972). *Homo ludens: Esencia y significación del juego como fenómeno cultural*. Madrid: Alianza Editorial.
- Hume, D. (1988). *Investigación sobre el conocimiento humano*. Madrid: Alianza Editorial.
- Huneau, C., Benali, H., & Chabriat, H. (2015). Investigating Human Neurovascular Coupling Using Functional Neuroimaging: A Critical Review of Dynamic Models. *Frontiers in Neuroscience*, 9(467). doi: 10.3389/fnins.2015.00467
- Hunicke, R., LeBlanc, M., & Zubek, R. (2004). *MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research*. Paper presented at the Workshop on Challenges in Game AI.
- Hursen, C., & Bas, C. (2019). Use of Gamification Applications in Science Education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(1), 4-23. doi: 10.3991/ijet.v14i01.8894

- Husserl, E. (1997). *Ideas relativas a una fenomenología pura y una filosofía fenomenológica* (A. Ziri6n, Trans.). M6xico: UNAM.
- Ibarrola, B. (2016). *Aprendizaje emocionante. Neurociencia para el aula*. Madrid: Editorial SM.
- INE. (2015). *Encuesta de h6bitos y pr6cticas culturales en Espa1a 2014-2015*. Madrid: Ministerio de Educaci6n, Cultura y Deporte. Gobierno de Espa1a Retrieved from <https://bit.ly/2U6XyuM>.
- INE. (2017). *Encuesta nacional de salud 2017*. Madrid: Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social de Espa1a Retrieved from <https://bit.ly/3bdZyHj>.
- INE. (2019a). *Encuesta de h6bitos y pr6cticas culturales en Espa1a, 2018-2019*. Madrid: Ministerio de Cultura y Deporte Retrieved from <https://bit.ly/3djSUKQ>.
- INE. (2019b). *Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de Informaci6n y Comunicaci6n en los Hogares 2019*. Madrid: Ministerio de Cultura y Deporte de Espa1a Retrieved from https://www.ine.es/prensa/tich_2019.pdf.
- Irani, F., Platek, S. M., Bunce, S., Ruocco, A. C., & Chute, D. (2007). Functional Near Infrared Spectroscopy (fNIRS): an emerging neuroimaging technology with important applications for the study of brain disorders. *The clinical neuropsychologist*, 21, 9-37.
- Irwin, B., Feltz, D. L., & Kerr, N. L. (2013). Silence is Golden: effect of encouragement in motivating the weak link in an online exercise videogame. *Journal of Medical Internet Research*, 15(6). doi: 10.2196/jmir.2551
- Jackson, S. A., & Eklund, R. C. (2002). Assessing flow in physical activity: The flow state scale-2 and dispositional flow scale-2. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 24(2), 133-150.
- Jantzen, K. J., Steinberg, F. L., & Kelso, J. S. (2009). Coordination dynamics of large-scale neural circuitry underlying rhythmic sensorimotor behavior. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(12), 2420-2433. doi: 10.1162/jocn.2008.21182.
- Jensen, E. (2000). Brain-Based Learning: A Reality Check. *Educational Leadership*, 57(7), 76-80.
- Jim6nez-Alc6zar, J. (2020). La interacci6n del videojuego en las aulas universitarias: educaci6n e Historia. *REIRE: revista d'innovaci6 i recerca en educaci6*, 13(1), 1-17.
- Jolonch, A. (2019). Las comunidades profesionales de aprendizaje: liderazgo e innovaci6n educativa. In M. Mart6nez & A. Jolonch (Eds.), *Las paradojas de la innovaci6n educativa* (pp. 215-238). Barcelona: Horsori Editorial y Cuadernos de Educaci6n.
- Juli6n, J. J. (2009). *Influencia de la aplicaci6n de un programa formativo de profesores de educaci6n f6sica, sobre la motivaci6n en el aula y el nivel de reflexi6n docente.*, Universidad de Extremadura, C6ceres.
- Juli6n, J. J., Abarca, A., Zaragoza, J., & Aibar, A. (2016). An6lisis cr6tico de la propuesta del curr6culo b6sico de la LOMCE para la asignatura de Educaci6n F6sica. Acciones derivadas en la Comunidad Aut6noma de Arag6n y propuestas de futuro. *Retos. Nuevas tendencias en Educaci6n F6sica, Deporte y Recreaci6n*(29), 173-181.
- Kant, I. (1981). *Cr6tica del juicio*. Madrid: Espasa-Calpe.
- Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies of training and education*. Nueva York: Pfeiffer.
- Kari, T., & Makkonen, M. (2014). *Explaining the Usage Intentions of Exergame*. Paper presented at the Thirty Fifth International Conference on Information Systems, Auckland.

- Kelso, J. A. S., Scholz, J. P., & Schoner, G. (1986a). Non-equilibrium phase transitions in coordinated biological motion: critical fluctuations. *Physics Letters A*, *118*, 279–284.
- Kelso, J. A. S., Scholz, J. P., & Schoner, G. (1986b). Non-equilibrium phase transitions in coordinated biological motion: critical fluctuations. *Physics Letters A*(118), 279–284. doi: 10.1016/0375-9601(86)90359-2
- Kelso, J. A. S., & Zanone, P. G. (2002). Coordination dynamics of learning and transfer across different effector systems. *Journal of Experimental Psychology. Human perception and performance*(28), 776-797. doi: 10.1037/0096-1523.28.4.776
- Kennedy, C., Kools, S., & Krueger, R. (2001). Methodological considerations in children's focus groups. *Nursing Research*, *50*(3), 184-187.
- Keskinen, T., Hakulinen, J., Turunen, M., & al, e. (2014). Schoolchildren's user experiences on a physical exercise game utilizing lighting and audio. *Entertainment Computing*, *5*, 475–484.
- Kilpatrick, W. H. (1918). *The project method. The Use of the Purposeful Act in the Educative Process*. New York: Teachers College, Columbia University.
- Koelsch, S., & Siebel, W. A. (2005). Towards a neural basis of music perception. *Trends in Cognitive Sciences*(12), 578-584.
- Koetting, R. (1984). *Foundations of naturalistic inquiry: Developing a theory base for understanding individual interpretations of reality. Research and theory division symposium: Naturalistic methodologies for deriving individual meanings from visuals*. Paper presented at the Annual meeting of the Associations for Educational Communications and Technology, Dallas.
- Kooiman, B., & Sheehan, D. (2015). The efficacy of exergames for social relatedness in online physical education. *Cogent Education*, *2*(1). doi: 10.1080/2331186X.2015.1045808
- Koster, P. (2004). *A Theory of Fun for Game Design*. USA: Paraglyph Press.
- Kracht, C., Joseph, E., & Staiano, A. E. (2020). Video Games, Obesity, and Children. *Current Obesity Reports*, *9*(1), 1-14.
- Kuhn, T. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas* (A. Contín, Trans.). México: Fondo de Cultura Económica.
- Lakatos, I. (1998). *La metodología de los Programas de investigación científica*. Madrid: Alianza.
- Lam, J., Sit, C., & McManus, A. (2011). Play Pattern of Seated Video Game and Active “Exergame” Alternatives. *J Exerc Sci Fit*, *9*, 24-30. doi: 10.1016/S1728-869X(11)60003-8
- Lamb, R., Antonenko, P., Etopio, E., & Seccia, A. (2018). Comparison of virtual reality and hands on activities in science education via functional near infrared spectroscopy. *Computers & Education*, *124*, 14-26. doi: 10.1016/j.compedu.2018.05.014
- Larraz, A. (1988). Aplicación educativa y escolar de las danzas folklóricas. *Apunts*, *11-12*, 42-46.
- Larraz, A. (2003). *Las danzas colectivas en la educación física escolar*. Paper presented at the Actas del I Congreso Internacional de Expresión Corporal y Educación: Expresión, Creatividad y Movimiento, Salamanca.
- Larraz, A. (2006). Diseño del currículo de educación física escolar desde la praxiología motriz. El currículo de primaria. In U. Castro Núñez (Ed.), *Educación física, deporte y turismo activo* (pp. 57-76). Las Palmas de Gran Canaria: Asociación Científico-Cultural en Educación Física y Deportes.

- Larraz, A. (2008). *Valores y dominios de acción motriz en la programación de educación física para la educación primaria*. Paper presented at the XI Seminario Internacional de Praxiología Motriz, Zaragoza.
- Larraz, A. (2012). La Expresión Corporal en la Escuela Primaria experiencias desde la Educación Física. In G. y. C. Sánchez-Sánchez, J. (Ed.), *La expresión corporal en la enseñanza universitaria* (pp. 179-188). Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Lau, P. W. C., Wang, J. J., & Maddison, R. (2016). A Randomized-Controlled Trial of School-Based Active Videogame Intervention on Chinese Children's Aerobic Fitness, Physical Activity Level, and Psychological Correlates. *Games for Health Journal*, 5(6), 405-412. doi: 10.1089/g4h.2016.0057
- Laudan, L. (1984). *Science and values : the aims of science and their role in scientific debate*. Berkeley: University of California Press.
- Lavoue, E., Monterrat, B., Desmarais, M., & George, S. (2019). Adaptive Gamification for Learning Environments. *Ieee Transactions on Learning Technologies*, 12(1), 16-28. doi: 10.1109/tlt.2018.2823710
- Learreta, B., & Sierra, M. G. (2003). La música como recurso didáctico en Educación Física. *Retos. Nuevas tendencias en educación física, Deporte y Recreación.*, 6, 27-37.
- Lee, E. Y., Spence, J. C., Tremblay, M. S., & Carson, V. (2018). Meeting 24-hour movement guidelines for children and youth and associations with psychological well-being among South Korean adolescents. *Mental Health and Physical Activity*, 14(666-73). doi: 10.1016/j.mhpa.2018.02.001
- Lee, S., Kim, W., Park, T., & Peng, W. (2017a). The Psychological Effects of Playing Exergames: A Systematic Review. *Cyberpsychology, behavior and social networking*, 20(9), 513-532. doi: 10.1089/cyber.2017.0183
- Lee, S., Kim, W., Park, T., & Peng, W. (2017b). The Psychological Effects of Playing Exergames: A Systematic Review. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 20(9), 513-532. doi: 10.1089/cyber.2017.0183
- Lepper, M. R., Greene, D., & Nisbett, R. E. (1973). Undermining children's intrinsic interest with extrinsic rewards: A test of the "overjustification" hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 28, 129-137.
- Li, B. J., & Lwin, M. O. (2016). Player see, player do: Testing an exergame motivation model based on the influence of the self avatar. *Computers in Human Behavior*, 59, 350-357. doi: 10.1016/j.chb.2016.02.034
- Ligioiz, M. (2019). Importancia del vínculo en el aprendizaje y calidad de vida: nacidos para conectar y compartir. In L. Lluch & I. Vega (Eds.), *El ágora de la educación. La neuroeducación explicada y aplicada* (pp. 43-54). Barcelona: Octaedro.
- Lim, S. H., Dinner, D. S., & Pilay, P. K. (1994). Functional anatomy of the human supplementary sensorimotor area: results of extraoperative electrical stimulation. *Electroencephalography*(91), 179-193.
- Limperos, A. M., & Schmierbach, M. (2016). Understanding the Relationship Between Exergame Play Experiences, Enjoyment, and Intentions for Continued Play. *Games for Health Journal*, 5(2), 100-107. doi: 10.1089/g4h.2015.0042
- Lin, J. H. (2015). "Just Dance": The Effects of Exergame Feedback and Controller Use on Physical Activity and Psychological Outcomes. *Games Health J*, 4(3), 183-189. doi: 10.1089/g4h.2014.0092

- Lin, M., Wang, P., & Lin, I. (2012). Pedagogy * technology: a two dimensional model for teachers' ICT integration. *British Journal of Educational Technology*, 43(1), 97-108. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01159.x>
- Lizalde, M., Peñarrubia, C., Pardo, B., Latorre, J., & Canales, I. (2019). Aprendizaje por proyectos e interdisciplinariedad en la mención de educación física del grado de maestro de primaria. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 35, 391-395.
- Lo Jacono, S. (2018). *La pedagogía de contrato para la promoción de un uso adecuado de las TICs en el aula*. Universidad de Burgos, Burgos. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10259/5169>
- Locke, E., & Latham, G. (2002). Building a practically useful theory of goal setting and task motivation: a 35-year odyssey. *American Psychologist*, 57(9), 705-717. doi: 10.1037/0003-066X.57.9.705
- López-Fernández, I. (2003). Evolución histórica de la formación inicial del profesorado de educación física en España. *Revista Fuentes*, 4, 164-187.
- Lopez, J. M. S., & Gutierrez, R. C. (2017). Computational thinking and visual programming through blocks in the elementary school classroom. *Educar*, 53(1), 129-146. doi: 10.5565/rev/educar.841
- Lucena, F. J. H., Belmonte, J. L., Cabrera, A. F., Torres, J. M. T., & Sanchez, S. P. (2020). Academic Effects of the Use of Flipped Learning in Physical Education. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), 14. doi: 10.3390/ijerph17010276
- Luerssen, A., Gyurak, A., Ayduk, O., Wendelken, C., & Bunge, S. A. (2015). Delay of gratification in childhood linked to cortical interactions with the nucleus accumbens. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 12(10), 1769-1776.
- Lwin, M. O., & Malik, S. (2012). The efficacy of exergames-incorporated physical education lessons in influencing drivers of physical activity: A comparison of children and pre-adolescents. *Psychology of Sport and Exercise*, 13(6), 756-760. doi: 10.1016/j.psychsport.2012.04.013
- Lyons, E. J. (2015). Cultivating Engagement and Enjoyment in Exergames Using Feedback, Challenge, and Rewards. *Games For Health Journal*, 4(1), 12-18. doi: 10.1089/g4h.2014.0072
- Llinás, R. (2003). *El cerebro y el mito del yo. El papel de las neuronas en el pensamiento y el comportamiento humanos*. Bogotá: Editorial Norma.
- Llorca, A. (2009). *Hábitos y uso de los videojuegos en la comunicación visual: influencia en la inteligencia espacial y el rendimiento escolar*. Universidad de Granada, Granada.
- Macau, R. (2005). La base tecnológica de la sociedad del conocimiento. In I. Tubella & J. Villaseca (Eds.), *Sociedad del conocimiento. Cómo cambia el mundo ante nuestros ojos*. Barcelona: Eureka Media.
- Macvean, A., & Robertson, J. (2012). *iFitQuest: a school based study of a mobile location-aware exergame for adolescents*.
- Madsen, K. A., Yen, S., Wlasiuk, L., Newman, T. B., & Lustig, R. (2007). Feasibility of a dance videogame to promote weight loss among overweight children and adolescents. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 161(1), 105-107. doi: 10.1001/archpedi.161.1.105-c
- Manolev, J., Sullivan, A., & Slee, R. (2019). The datafication of discipline: ClassDojo, surveillance and a performative classroom culture. *Learning Media and Technology*, 44(1), 36-51. doi: 10.1080/17439884.2018.1558237

- Marín, E., Bramasco, A., & Alonso, M. A. (2008). Área motora suplementaria. *Archivos de Neurociencia*, 13(2), 118-124.
- Marín, V. (2012). Investigando sobre el potencial psicossocioeducativo de los videojuegos y juegos virtuales. In S. A. Síntesis (Ed.), *Los videojuegos y los juegos digitales como materiales educativos* (pp. 193-218). Madrid (Spain).
- Márquez, M., Azofeifa, C., & Rodríguez, D. (2019). Factores de motivación de logro: el compromiso y entrega en el aprendizaje, la competencia motriz percibida, la ansiedad ante el error y situaciones de estrés en estudiantes de cuarto, quinto y sexto nivel escolar durante la clase de educación física. *Revista Educación*, 43(1), 61-73. doi: 10.15517/revedu.v43i1.33109
- Martín, L., M. (2015). Neuroscience and education: we already reached the tipping point. *Psicología Educativa*, 21(2), 67-70. doi: 10.1016/j.pse.2015.09.001
- Martínez, A., Hellín, P., Pavón, A., & Moreno, J. A. (2010a). Motivos de práctica físico-deportiva. In J. A. Moreno & E. Cervelló (Eds.), *Motivación en la actividad física y el deporte*. Sevilla: Wanceulen.
- Martínez, C., Alonso, N., González, C., Parra, N., & Moreno, J. A. (2010b). Las metas de logro y sociales como mecanismo de motivación en la práctica físico-deportiva: conceptualización. In J. A. Moreno & E. Cervelló (Eds.), *Motivación en la actividad física y el deporte* (pp. 41-68). Sevilla: Wanceulen Editorial Deportiva.
- Martínez, M. (2019). ¿Qué innovar y qué conservar en educación? In M. Martínez & A. Jolonch (Eds.), *Las paradojas de la innovación educativa* (pp. 11-28). Barcelona: Horsori Editorial y Cuadernos de Educación.
- Martínez, M., & Jolonch, A. (2019). Presentación. In M. Martínez & A. Jolonch (Eds.), *Las paradojas de la innovación educativa* (pp. 7-10). Barcelona: Horsori Editorial, Cuadernos de Educación.
- Martins, J., Marques, A., Peralta, M., Palmeira, A., & Costa, F. (2017). Correlates of physical activity in young people: A narrative review of reviews. Implications for physical education based on a socio-ecological approach. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 31, 292-299.
- Marx, K. (2010). *El capital: crítica de la economía política* (Vol. 1). Madrid: Siglo XXI de España Editores.
- Mateo, J. (2019). Innovación y evaluación como instrumentos de transformación de los sistemas educativos. In M. Martínez & A. Jolonch (Eds.), *Las paradojas de la innovación educativa* (pp. 83-104). Barcelona: Horsori Editorial y Cuadernos de Educación.
- Mathison, S. (1988). Why triangulate? *Educational Researcher*, 17(2), 13-17. doi: <https://doi.org/10.3102/0013189X017002013>
- Maureira, F. (2010). Neurociencia y educación. *Exemplum*(3), 267-274.
- Mears, D., & Hansen, L. (2009). Active Gaming: Definitions, Options and Implementation. Article #5 in a 6-Part Series. *Strategies*, 23(2), 26-29.
- Meckbach, J., Gibbs, G., Almqvist, J., & Quennerstedt, M. (2014). Wii Teach Movement Qualities in Physical Education. *Sport Science Review*, 23(5-6), 241-266.
- Meirieu, P. (2019). ¿Qué futuro para la innovación en las escuelas? In M. Martínez & A. Jolonch (Eds.), *Las paradojas de la innovación educativa* (pp. 29-52). Barcelona: Horsori Editorial, Cuadernos de Educación.
- Mekler, E. D., Brühlmann, F., Tuch, A. N., & Opwis, K. (2017). Towards understanding the effects of individual gamification elements on intrinsic

- motivation and performance. *Computers in Human Behavior*, 71, 525-534. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.08.048>
- Meyer, L. B. (2001). *Emoción y significado de la música*. Madrid: Alianza.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017-1022.
- Miura, A., Fujii, S., Okano, M., Kudo, K., & Nakazawa, K. (2016a). Finger-to-beat Coordination Skill of Non-dancers, Street dancers, and the world champion of a Stret-Dance Competition. *Frontiers in Psychology*(7), 542. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00542
- Miura, A., Fujii, S., Okano, M., Kudo, K., & Nakazawa, K. (2016b). Finger-to-beat coordination skill of non-dancers, street dancers, and the world champion of a stret-dance competition. *Frontiers in Psychology*, 7, 1-10. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00542
- Miura, A., Kudo, K., & Nakazawa, K. (2013). Action-perception coordination dynamics of whole-body rhythmic movement in stance: a comparison study of street dancers and non-dancers. *Neuroscience Letters*, 544, 157-162. doi: 10.1016/j.neulet.2013.04.005
- Mohammad, A. S. (2014). *Gameducation: Using Gamification Techniques to Engage Learners in Online Learning*. Paper presented at the Immersive Education: 4th European Summit EiED, Vienna.
- Monacis, D., & Colella, D. (2019). Il contributo delle tecnologie per l'apprendimento e lo sviluppo di competenze motorie in età evolutiva. *Giornale Italiano della Ricerca Educativa*(22), 1-22. doi: 10.7346/SIRD-012019-P31
- Montávez, M. (2011). *La Expresión Corporal en la realidad educativa. Descripción y análisis de su enseñanza como punto de referencia para la mejora de la calidad docente en los centros públicos de Educación Primaria de la ciudad de Córdoba*. Universidad de Córdoba, Córdoba:.
- Mora, F. (2007). *Neurocultura: una cultura basada en el cerebro*. Madrid: Alianza, D. L.
- Mora, F. (2013). *Neuroeducación: sólo se puede aprender aquello que se ama*. Madrid: Alianza Editorial.
- Morales, E. (2014). *La nueva cultura multimedia en la era digital: el caso de los videojuegos*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Morelli, T., folmer, e., Foley, J. T., & Lieberman, L. (2011). Improving the lives of youth with visual impairments through exergames. *Insight: Research and Practice in Visual Impairment and Blindness*, 4(4), 160-170.
- Moreno-Murcia, J. A., Gonzalez-Cutre, D., & Chillon-Garzon, M. (2009). Preliminary validation in Spanish of a scale designed to measure motivation in physical education classes: the Perceived Locus of Causality (PLOC) Scale. *Span J Psychol*, 12(1), 327-337. doi: <https://doi.org/10.1017/S1138741600001724>
- Moreno-Pestaña, J. L. (2016). *La cara oscura del capital erótico. Capitalización del cuerpo y trastornos alimentarios*. Madrid: Akal.
- Moreno, J. A., & Cervelló, E. (2010). *Motivación en la actividad física y el deporte*. Sevilla: Wanceulen.
- Moreno, J. A., González-Cutre, D., Chillón, M., & Parra, N. (2008). Adaptación a la educación física de la escala de necesidades psicológicas básicas en el ejercicio. *Revista Mexicana de Psicología*, 25(2), 295-303.
- Morillas, C., Muñoz-Organero, M., & Sánchez, J. (2016). Can Gamification Improve the Benefits of Student Response Systems in Learning? An Experimental Study.

- IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 4(3), 429-438. doi: 10.1109/tetc.2015.2497459
- Morin, E. (2001). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Barcelona: Paidós.
- Morín, E. (2003). Articular las disciplinas: la antigua y la nueva transdisciplinariedad. *Itinerario educativo*, 39-40, 189-205.
- Morozov, E. (2015). *La locura del solucionismo tecnológico* (N. Viviana, Trans.). Madrid: Clave Intelectual, S. L.
- Mozo, M. L. (2019). Experiencia 3. Un cambio de mirada: neurociencia y escuela activa. In L. Lluck & E. M. Vega (Eds.), *El ágora de la neuroeducación. La neuroeducación explicada y aplicada* (pp. 161-170). Barcelona: Octaedro.
- Muller, K. W., Janikian, M., Dreier, M., Wolfling, K., Beutel, M. E., Tzavara, C., . . . Tsitsika, A. (2015). Regular gaming behavior and internet gaming disorder in European adolescents: results from a cross-national representative survey of prevalence, predictors, and psychopathological correlates. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 24(5), 565-574.
- Mullins, J. K., & Sabherwal, R. (2020). Gamification: A cognitive-emotional view. *Journal of Business Research*, 106, 304-314. doi: 10.1016/j.jbusres.2018.09.023
- Mura, G., Carta, M. G., F., S., Machado, S., & Prosperini, L. (2018). Active exergames to improve cognitive functioning in neurological disabilities: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 54, 450-462. doi: 10.23736/S1973-9087.17.04680-9
- Murillo, B. (2013). *Diseño, aplicación y evaluación de un programa de intervención escolar para incrementar los niveles de actividad física en los adolescentes*. University of Zaragoza, Huesca.
- Murillo, J. (2002). La "mejora de la escuela": concepto y caracterización. In J. Murillo & M. Muñoz (Eds.), *La mejora de la escuela*. Barcelona: Octaedro.
- Nachev, P., Kennard, C., & Kennard, C. (2008). Functional role of the supplementary and pre-supplementary motor areas. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, 856-869.
- Nakamura, J., & Csikszentmihalyi, M. (2002). The concept of flow *Handbook of positive psychology*. (pp. 89-105). New York, NY, US: Oxford University Press.
- Nakamura, J., & Csikszentmihályi, M. (2002). The concept of flow. In C. R. Snyder & S. J. López (Eds.), *Oxford handbook of positive psychology*. (pp. 89-105). Nueva York: Oxford University Press.
- Nguyen, H. V., Huang, H. C., Wong, M. K., Lu, J., Huang, W. F., & Teng, C. I. (2016). Double-edged sword: The effect of exergaming on other forms of exercise; A randomized controlled trial using the self-categorization theory. *Computers in Human Behavior*, 62, 590-593. doi: 10.1016/j.chb.2016.04.030
- Nicholls, J. G. (1984). Achievement motivation: Conceptions of ability, subjective experience, task choice and performance. *Psychological Review*, 16, 328-346.
- Nietzsche, F. (2011). *Así habló Zaratustra*. Barcelona: Globus.
- Nishida, T. (1988). Reliability and factor structure of the achievement motivation in physical education test. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 10, 418-430.
- Ntoumanis, N. (2005). A Prospective Study of Participation in Optional School Physical Education Using a Self-Determination Theory Framework. *Journal of Educational Psychology*, 97(3), 444-453. doi: 10.1037/0022-0663.97.3.444
- Ntoumanis, N., & Standage, M. (2009). Motivation in physical education classes: A self-determination theory perspective. *School Field*, 7(2), 194-202. doi: 10.1177/1477878509104324

- Nyberg, G., & Meckbach, J. (2017). Exergames 'as a teacher' of movement education: exploring knowing in moving when playing dance games in physical education. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 22(1), 1-14. doi: 10.1080/17408989.2015.1112778
- O'Brien, H., & Toms, E. (2008). *What is User Engagement? A Conceptual Framework for Defining User Engagement with Technology* (Vol. 59).
- O'Loughlin, E. K., Dugas, E. N., Sabiston, C. M., & O'Loughlin, J. L. (2012). Prevalence and Correlates of Exergaming in Youth. *Pediatrics*.
- Ogawa, E., You, T., & Leveille, S. G. (2016). Potential Benefits of Exergaming for Cognition and Dual-Task Function in Older Adults: A Systematic Review. *Journal of Aging and Physical Activity*(24), 332-336. doi: <http://dx.doi.org/10.1123/japa.2014-0267>
- Oh, Y., & Yang, S. (2010). Defining exergames and exergaming. *Proceedings of Meaningful Play, East Lansing, MI.*, 1-17.
- Okamoto, M., & Dan, I. (2007). Functional Near-Infrared Spectroscopy for human brain mapping of task-related cognitive functions. *Journal of Bioscience and Bioengineering*(103), 207-215.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-133.
- Oliver, M. (2016). what is Technology? In N. Rushby & D. W. Surry (Eds.), *The Wiley Handbook of Learning Technology* (pp. 1-23). Hoboken: NJ: Wiley.
- Oliver, M. B., Bowman, N. D., Woolley, J. K., Rogers, R., Sherrick, B. I., & Chung, M.-Y. (2016). Video games as meaningful entertainment experiences. *Psychology of Popular Media Culture*, 5(4), 390-405. doi: 10.1037/ppm0000066
- Olshansky, M. P., Bar, R. J., Fogarty, M., & DeSouza, J. F. X. (2015a). Supplementary motor area and primary auditory cortex activation in an expert break-dancer during the kinesthetic motor imagery of dance to music. *Neurocase*, 21(5), 605-617. doi: 10.1080/13554794.2014.960428
- Olshansky, M. P., Bar, R. J., Fogarty, M., & DeSouza, J. F. X. (2015b). Supplementary motor area and primary auditory cortex activation in an expert break-dancer during the kinesthetic motor imagery of dance to music. *Neurocase*, 21(5), 607-617. doi: 10.1080/13554794.2014.960428
- Ommundsen, Y., & Kval, S. E. (2007). Autonomy–Mastery, Supportive or Performance Focused? Different teacher behaviours and pupils' outcomes in physical education. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 51(4), 385-413. doi: 10.1080/00313830701485551
- Orden de 16 de Junio de 2014 de la Consejera de Educación, Universidad, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo de la Educación Primaria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón. (2014).
- Ortiz, E. A. (2012). La interdisciplinariedad en las investigaciones educativas. *Didascalía: didáctica y educación*, 3(1), 1-12.
- Orwell, G. (2018). *1984*. Barcelona: Debolsillo.
- Paez, S., Maloney, A., Kelsey, K., Wiesen, C., & Rosenberg, A. (2009). Parental and Environmental Factors Associated with Physical Activity Among Children Participating in an Active Video Game. *Pediatric Physical Therapy*, 21(3).
- Parlebas, P. (1989). *Perspectivas para una educación física moderna* (C. García-López, Trans.). Málaga: Universidad Internacional Deportiva.
- Pascual, M. (2019). *Relaciones de poder y empoderamiento docente para la innovación educativa*. Universidad de Barcelona, Barcelona.

- Pasch, M., Bianchi-Berthouze, N., B., v.-D., & Nijholt, A. (2009). Movement-based Sports Video Games: Investigating Motivation and Gaming Experience. *Entertainment Computing*, 1(2), 49-61. doi: <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2009.09.004>
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative Research and Evaluation Methods* (3 ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Paw, C., Jacobs, W. M., Vaessen, E. P., Titze, S., & Van-Mechelen, W. (2008). The motivation of children to play an active video game. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11(2), 163-166. doi: 10.1016/j.jsams.2007.06.001
- Peciña, S., Cagniard, B., Berridge, K., Aldridge, J., & Zhuang, X. (2003). Hyperdopaminergic mutant mice have higher "wanting" but not "liking" for sweet rewards. *Journal of Neuroscience*, 23(28), 9395-9402.
- Pellegrino, J., & Hilton, M. (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. Washinton, D. C.: Nacional Reseach Council of the Nacional Academies.
- Penfield, W., & Welch, K. (1951). The supplementary motor area of the cerebral cortex. A clinical and experimental study. *Archives of Neurology & Psychiatry*(66), 289-317.
- Peng, W., Crouse, J. C., & Lin, J. H. (2013). Using active video games for physical activity promotion: a systematic review of the current state of research. *Health Educ Behav*, 40(2), 171-192. doi: 10.1177/1090198112444956
- Peng, W., Lin, J. H., & Crouse, J. (2011). Is playing exergames really exercising? A meta-analysis of energy expenditure in active video games. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 14(11), 681-688. doi: 10.1089/cyber.2010.0578
- Peng, W., Lin, J. H., Pfeiffer, K. A., & Winn, B. (2012). Need Satisfaction Supportive Game Features as Motivational Determinants: An Experimental Study of a Self-Determination Theory Guided Exergame. *Media Psychology*, 15(2), 175-196. doi: 10.1080/15213269.2012.673850
- Perena, F. (2009). Proceso de enseñanza-aprendizaje. Interdisciplinariedad o integración. *Varona, Revista Científico-Methodológica*, 48-49, 43-49.
- Pérez-Castro, J., & Urdampilleta, A. (2012). Expresión Corporal y danza dentro de la Educación Física en las escuelas: propuesta de una unidad didáctica *Lecturas: Educación Física y Deportes, Revista Digital*, 17(167).
- Pérez-Gómez, Á. I. (2012). *Educarse en la era digital*. Madrid: Morata.
- Pérez-Ramírez, C. (1993). Evolución histórica de la educación física. *Apunts: educación física y deportes*, 33, 24-38.
- Pérez-Testor, S., Batle, N., & Gomila, G. (2018). Nubes para volar proyecto multidisciplinar, educación musical, educación visual y plástica y educación física. In A. M. Díaz, P. Ordóñez, A. M. Sedeño & G. Vicente (Eds.), *Danza, Investigación y Educación: experiencias interdisciplinares con música, literatura y teatro*. Granada: Universidad de Málaga.
- Pérez-Tornero, J. M. (2016). Educación abierta y educación cerrada. In J. M. Pérez & S. Tejedor (Eds.), *Ideas para aprender a aprender. Manual de innovación educativa y tecnología*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Perlman, S., Luna, B., Hein, T. C., & Huppert, T. J. (2015). Evidence of Prefrontal Regulation os Frustration in Early Childhood. *Neuroimage*(15), 1-19.
- Pesce, C., Crova, C., Marchetti, R., Struzzolino, I., Masci, I., Vannozzi, G., & Forte, R. (2013). Searching for cognitively optimal challenge point in physical activity for children with typical and atypical motor development. *Mental Health and*

- Physical Activity*, 6(3), 173-180. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2013.07.001>
- Pesce, C., Masci, I., Marchetti, R., Vazou, S., Sääkslahti, A., & Tomporowski, P. D. (2016). Deliberate Play and Preparation Jointly Benefit Motor and Cognitive Development: Mediated and Moderated Effects. *Frontiers in Psychology*(7), 349. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00349
- Phillips, J., & Trainor, L. J. (2007). Hearing what the body feels: Auditory encoding of rhythmic movement. *Cognition*(105), 533-546.
- Piaget, J. (1984). *La formación del símbolo en el niño: imitación, juego y sueño, imagen y representación*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Pinzón, G., & Fernández, A. M. (2019). El desarrollo del pensamiento crítico y las funciones ejecutivas. In L. Lluc & E. M. Vega (Eds.), *El ágora de la neuroeducación. La neuroeducación explicada y aplicada* (pp. 31-42). Barcelona: Octaedro.
- Platón. (1983). *Las leyes*. Madrid: Centro de Estudios Constitucionales.
- Platón. (2009). *La República*. Madrid: Akal.
- Pope, Z. C., Lewis, B. A., & Gao, Z. (2015). Using the Transtheoretical Model to Examine the Effects of Exergaming on Physical Activity Among Children. *J Phys Act Health*, 12(9), 1205-1212. doi: 10.1123/jpah.2014-0310
- Popper, K. (2004). *La lógica de la investigación científica* (V. Sánchez, Trans.). Madrid: Tecnos.
- Prensky, M. (2009). Homo sapiens digital: From digital immigrants and digital natives to digital wisdom. *Innovate*, 5(3), 1-11.
- Pujade-Renaud, C. (1974). *Expression corporelle langage du silence*. París: ESF.
- Quan, M., Pope, Z., & Gao, Z. (2018). Examining Young Children's Physical Activity and Sedentary Behaviors in an Exergaming Program Using Accelerometry. *J Clin Med*, 7(302). doi: 10.3390/jcm7100302
- Quennerstedt, M., Annerstedt, C., Barker, D., & Karlfors, E. (2014). What did they learn in school today? A method for exploring aspects of learning in physical education. *European Physical Education Review*, 20(2), 282-302.
- Quine, W. (1988). *Las raíces de la referencia* (M. Sacristán, Trans.). Madrid: Alianza Editorial.
- Quine, W. (2002a). *Desde un punto de vista lógico*. Barcelona: Paidós Ibérica.
- Quine, W. V. (2002b). *La relatividad ontológica y otros ensayos*. Madrid: Tecnos.
- Quintas, A. (2019a). Análisis del potencial didáctico de los *exergames*: reconceptualización y enfoque pedagógico. *Scholè. Rivista di educazione e studi culturali*, 3(1), 97-116.
- Quintas, A. (2019b). Análisis del potencial didáctico de los *exergames*: reconceptualización y enfoque pedagógico. *Scholè. Rivista di educazione e studi culturali*, 3(1), En prensa.
- Quintas, A. (2019c). *The benefits of incorporating exergames and gamification in physical and musical education: a proposal from didactics and science*. Paper presented at the II World Congress on Education, Santiago de Compostela (Spain).
- Quintas, A. (2019d). Teoría educativa sobre la competencia digital docente. En prensa.
- Quintas, A. (2020). *Teoría educativa sobre tecnología, juego y recursos en didáctica de la educación infantil*. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- Quintas, A., & Latre, L. (2016). El sentido de la evaluación educativa: Crítica a las concepciones y prácticas de evaluación actuales. *Revista Internacional de*

- Evaluación y Medición de la Calidad Educativa*, 3(1), 19-31. doi: 10.18848/2573-668X/CGP/v03i01/20-31
- Ravery, J., & Williams, J. (2017). What we know now: Education, neuroscience and transdisciplinary autism research. *Educational Researcher*, 59(1), 1-16.
- Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria (2014).
- Redondo, J. L. (2019). Propuesta en acción 2. El juego desde la perspectiva neuroeducativa: de la pedagogía montessori a la gamificación educativa. In L. Lluch & I. Vega (Eds.), *El ágora de la neuroeducación. La neuroeducación explicada y aplicada* (pp. 113-122). Barcelona: Octaedro.
- Reithler, J., Mier, H. I., & Goebel, R. (2010). Continuous motor sequence learning: cortical efficiency gains accompanied by striatal functional reorganization. *Neuroimage*, 52(1), 263-276. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.03.073
- Reithler, J., van Mier, H. I., & Goebel, R. (2010). Continuous motor sequence learning: cortical efficiency gains accompanied by striatal functional reorganization. *Neuroimage*, 52(1), 252-276. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.03.073
- Requena, C. M. (2014). *Implicaciones de los estilos de enseñanza-aprendizaje y de la educación emocional en la enseñanza de la danza*. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/exttes?codigo=44420>
- Requena, C. M., Martín, A. M., & Lago, B. S. (2015). Imagen corporal, autoestima, motivación y rendimiento en practicantes de danza. *Revista de psicología del deporte*, 24(1), 37-44.
- Revet, J., & Williams, J. (2017). What we know now: Education, neuroscience and transdisciplinary autism research. *Educational Researcher*, 59(1), 1-16.
- Revilla, A., & Murillo, V. (2019). Prejuicios a la hora de estudiar educación visual y plástica: la posibilidad de un cambio. In A. Revilla & V. Murillo (Eds.), *Fundamentos conceptuales de educación visual y plástica* (pp. 13-18). Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- Rey, J., Espinosa, C., & Hidalgo, E. (1989). *La motivación en la escuela. Cuestionarios para su análisis*. Málaga: Ágora.
- Ribble, M. S., Bailey, G. D., & Ross, T. W. (2004). Digital Citizenship, addressing appropriate technology behavior. *Learning & Leading with Technology*, 32(1), 1-6.
- Rickard, N. S., Appelman, P., James, R., Murphy, F., Gill, A., & Bambrick, C. (2012). Orchestrating life skills: the effect of increased school-based music classes on children's social competence and self-esteem. *International Journal of Music Education*, 31(3), 292-309. doi: <https://doi.org/10.1177/0255761411434824>
- Ridley, k., & Olds, T. (2001). Video center games: Energy cost and children's behaviors. *Pediatric Exercise Science*, 13, 413-421.
- Rifkin, J. (2011). *La tercera revolución industrial: cómo el poder lateral está transformando la energía, la economía y el mundo*. Barcelona: Paidós.
- Rivas, K., Egea, A., & Prats, E. (2019). La innovación educativa en una época de posverdades aceleradas. In M. Martínez & A. Jolonch (Eds.), *Las paradojas de la innovación educativa* (pp. 131-152). Barcelona: Horsori Editorial y Cuadernos de Educación.
- Rivoltella, P. C. (2011). *Neurodidattica. Insegnare al cervello che apprende*: Raffaello Cortina Editore.
- Rivoltella, P. C. (2013). *Fare didattica con gli EAS*. Brescia: Editrice La Scuola.

- Rivoltella, P. C. (2015). Re-thinking Media Education. *Research on Education and Media*, 7(1). doi: 10.1515/rem-2015-0001
- Rivoltella, P. C. (2016a). *Che cos'è un EAS. L'idea, il metodo, la didattica*. Milán: Editrice La Scuola.
- Rivoltella, P. C. (2016b). Presentazione Crescere nella società multischermo. In S. Tisseron (Ed.), 3-6-9-12. *Diventare grandi all'epoca degli schermi digitali*. Milán: La Scuola.
- Rivoltella, P. C. (2017). *Media Education. Idea, metodo, ricerca*. Brescia (Italy): ELS La Scuola.
- Rivoltella, P. C. (2018). *Un'idea do scuola*. Milano: Orso blu.
- Robertson, J., Jepson, R., Macvean, A., & Gray, S. (2016). Understanding the Importance of Context: A Qualitative Study of a Location-Based Exergame to Enhance School Childrens Physical Activity. *Plos One*, 11(8). doi: 10.1371/journal.pone.0160927
- Robertson, J., Macvean, A., Fawcner, S., Baker, G., & Jepson, R. (2018). Savouring our mistakes: Learning from the FitQuest project. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 16, 55-67. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2017.12.003>
- Rodríguez-Neira, T. (1997). Interdisciplinarietà: aspectos básicos. *Aula Abierta*, 69, 3-22.
- Rodríguez, F., & Campión, R. (2015). *Gamificación: Cómo motivar a tu alumnado y mejorar el clima en el aula*. Barcelona: Digital Text.
- Rodríguez, J. R., & Area, M. (2017). De los libros de texto a los 16 materiales didácticos digitales. *16*, 2(9-12).
- Román, F. (2019). Neurociencia social en el aula: bases neurocognitivas para la interacción social. In L. Lluch & E. M. Vega (Eds.), *El ágora de la neuroeducación. La neuroeducación explicada y aplicada* (pp. 79-92). Barcelona: Octaedro.
- Romero, M. R. (2015). *Expresión corporal en Educación física*. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- Rosa, R., Ridgers, N., & Barnett, L. (2013). Development and use of an observation tool for active gaming and movement (OTAGM) to measure children's movement skill componentes during active video game play. *Perceptual & Motor Skills: Physical Development & Measurement*, 117(3), 935-949. doi: 10.2466/03.25.PMS.117x28z4
- Rosenberg, M., Lay, B., Lee, M., Derbyshire, A., Kur, J., Ferguson, R., . . . Braham, R. (2013). New-Generation Active Videogaming Maintains Energy Expenditure in Children Across Repeated Bouts. *Games for Health Journal*, 2(274-279). doi: 10.1089/g4h.2013.0037
- Ross, J. S., Tkach, J., Ruggieri, P. M., Lieber, M., & Lapresto, E. (2003a). The Mind's eye: functional MR imaging evaluation of golf motor imagery. *American Journal of Neuroradiology*, 24, 1036-1044.
- Ross, J. S., Tkach, J., Ruggieri, P. M., Lieber, M., & Lapresto, E. (2003b). The Mind's Eye: Functional MR Imaging Evaluation of Golf Motor Imagery. *American Journal of Neuroradiology*, 24, 1036-1044.
- Rousseau, J. J. (1762). *Emilio o la educación* (Spanish edition from 1997 ed.). Madrid: Alianza Editorial.
- Rousseau, J. J. (1997). *Emilio, o de la educación*. Madrid: Bruguera.
- Ruiz-Corbella, M. (1997). La integración de saberes, clave para la formación integral. In E. López-Barajas (Ed.), *Integración de saberes e interdisciplinarietà* (pp. 79-92). Madrid: UNED.

- Ryan, K., Schranz, A. L., Dugal, N., & Bartha, R. (2019). Differential effects of transcranial direct current stimulation on antiphase and inphase motor tasks: a pilot study. *Behavioural Brain Research*, 366, 13-18. doi: 10.1016/j.bbr.2019.03.014
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development and well-being. *American Psychologist*(55), 68-78.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). *Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. Nueva York: Guilford Press.
- Ryan, T. (2014). *Thinkers Keys: a powerful program for teaching children to become extraordinary thinkers* (Vol. Greenslade Creations). United States.
- Sabirón, F. (2007). *Métodos de investigación etnográfica en Ciencias Sociales*. Zaragoza: Mira Editores.
- Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K., & Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 69, 371-380. doi: 10.1016/j.chb.2016.12.033
- Salas, F. E., Román, R., García, V., & García, J. (2011). Teoría de la Educación en la Sociedad de la Información y el Conocimiento. In J. M. Muñoz (Ed.), *Temas relevantes en teoría de la educación* (pp. 115-138). Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Salas, R. (2003). ¿La educación necesita realmente de la neurociencia? *Estudios Pedagógicos*(29), 155-171.
- Salem, Y., Gropack, S. J., Coffin, D., & Godwin, E. M. (2012). Effectiveness of a low-cost virtual reality system for children with developmental delay: a preliminary randomised single-blind controlled trial. *Physiotherapy*, 98(3), 189-195. doi: 10.1016/j.physio.2012.06.003
- Salinas, J. (2012). 'I uploaded a @YouTube video': ¿Una nueva perspectiva de la televisión educativa? *Revista de Educación Mediática y TIC*, 1(1), 7-28.
- Sanabria, D. (2008). Música y movimiento. *Ciencia Cognitiva: Revista Electrónica de Divulgación*, 2(1), 22-24.
- Sánchez-Rodríguez, P. A. (2015). *Evaluación del uso de los videojuegos como medio de enseñanza-aprendizaje. Una perspectiva desde la opinión de los estudiantes de grado de la universidad de Murcia*. University of Murcia, Murcia.
- Sarfeld, A. S., Diekhoff, S., Wang, L. E., Liuzzi, G., Uludag, K., Eickhoff, S. B., . . . Grefkes, C. (2012). Convergence of human brain mapping tools: neuronavigated TMS parameters and fMRI activity in the hand motor area. *Human Brain Mapping*, 33(5), 1107-1123. doi: 10.1002/hbm.21272
- Sarfson, S. (2020). Una mirada integradora de la artes en la didáctica del patrimonio artístico y musical (formación de maestros). *ArtsEduca*, 25, 149-156. doi: <http://dx.doi.org/10.6035/Artseduca.2020.25.10>
- Schaeffer, J. M. (2005). *Adiós a la estética*. Madrid: La Balsa de la Medusa.
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M., & Wesker, K. (2011). *Prometheus. texto y atlas de anatomía. Tomo 3. Cabeza, cuello y neuroanatomía* (Vol. 3). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Seaborn, K., & Fels, D. I. (2015). Gamification in theory and action: A survey. *International Journal of Human-Computer Studies*, 74, 14-31. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2014.09.006>

- Sevil, J., Abarca, A., Julián, J. J., Murillo, B., & García, L. (2016). Optimización de variables motivacionales en actividades expresivas en Educación Física. *SPORTTK: Revista Euroamericana de Ciencias del Deporte*, 5(2), 103-112.
- Sevil, J., Abós, A., Sanz-Remacha, M., Estrada, S., & Corral, A. (2019). Variability in the compliance with 24-hour movement guidelines between week and weekend days in adolescents of the city of Huesca. *ESHPA - Education, Sport, Health and Physical Activity*, 3(1), 160-174. doi: <http://hdl.handle.net/10481/53935>
- Sharan, Y. (2014). Learning to cooperate for cooperative learning. *Anales de psicología*, 30(3), 802-807.
- Sheehan, D., & Katz, L. (2010). Using Interactive Fitness and Exergames to Develop Physical Literacy. *Physical & Health Education Journal*, 76(1), 12-19.
- Sheehan, D., & Katz, L. (2012a). The practical and theoretical implications of flow theory and intrinsic motivation in designing and implementing exergaming in the school environment. *Loading... The Journal of the Canadian Game Studies Association*, 6(9), 53-68.
- Sheehan, D. P., & Katz, L. (2012b). The practical and theoretical implications of flow theory and intrinsic motivation in designing and implementing exergaming in the school environment. *Loading... The Journal of the Canadian Game Studies Association*, 6(9), 53-68.
- Shi, L., Cristea, A. I., Hadzidedic, S., & Dervishalidovic, N. (2014a). *Contextual Gamification of Social Interaction – Towards Increasing Motivation in Social E-learning*. Paper presented at the Advances in Web-Based Learning – ICWL 2014, Cham.
- Shi, L., Cristea, A. I., Hadzidedic, S., & Dervishalidovic, N. (2014b). *Contextual Gamification of Social Interaction – Towards Increasing Motivation in Social E-learning*. Paper presented at the Advances in Web-Based Learning, Cham.
- Silveira, G., & Torres, L. (2007). *Educação física escolar: um olhar sobre os jogos eletrônicos*. Paper presented at the XV Congresso Brasileiro de Ciências do Esporte, Pernambuco.
- Sipone, S., Abella, V., Barreda, R., & Rojo, M. (2020). 2019. *Sustainability*, 11(8), 2387. doi: 10.3390/su11082387
- Skinner, B. F. (1953). *Science and human behavior*. New York: Macmillan.
- Skinner, B. F. (1971). *Ciencia y conducta humana: una psicología científica* (J. Gallofré, Trans.). Barcelona: Fontanella.
- Smethurst, C. F., & Carson, R. G. (2001a). The acquisition of movement skills: Practice enhances the dynamic stability of bimanual coordination. *Human Movement Science*(20), 499-529.
- Smethurst, C. F., & Carson, R. G. (2001b). The acquisition of movement skills: practice enhances the dynamic stability of bimanual coordination. *Human Movement Science*, 20, 499-529.
- Song, H., Peng, W., & Lee, K. M. (2011). Promoting Exercise Self-Efficacy With an Exergame. *Journal of Health Communication*, 16(2), 148-162. doi: 10.1080/10810730.2010.535107
- Stahl, A. E., & Feigenson, L. (2015). Cognitive development. Observing the unexpected enhances infants' learning and exploration. *Science*, 348(6230), 91-94.
- Staiano, A. E., Abraham, A. A., & Calvert, S. L. (2012). Motivating effects of cooperative exergame play for overweight and obese adolescents. *J Diabetes Sci Technol*, 6(4), 812-819.

- Staiano, A. E., & Calvert, S. L. (2011). Exergames for physical education courses: Physical, social, and cognitive benefits. *Child development perspectives*, 5(2), 93-98.
- Stanmore, E., Stubbs, B., Vancampfort, D., De Bruin, E. D., & Firth, J. (2017). The effect of active video games on cognitive functioning in clinical and nonclinical populations: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. doi: <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.neubiorev.2017.04.011>
- Street, T. D., Lacey, S. J., & Langdon, R. R. (2017). Gaming Your Way to Health: A Systematic Review of Exergaming Programs to Increase Health and Exercise Behaviors in Adults. *Games Health J*, 6(3), 136-146. doi: 10.1089/g4h.2016.0102
- Su, C.-H., & Cheng, C.-H. (2013). A Mobile Game-based Insect Learning System for Improving the Learning Achievements. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 103, 42-50. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.305>
- Sun, H. (2013). Impact of exergames on physical activity and motivation in elementary school students: A follow-up study. *Journal of Sport and Health Science*, 2(3), 138-145. doi: 10.1016/j.jshs.2013.02.003
- Sweetser, P., & Wyeth, P. (2005). GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games. *Comput. Entertain.*, 3(3), 3-3. doi: 10.1145/1077246.1077253
- Tanaka, K., Parker, J. R., Baradoy, G., Sheehan, D., Holash, J. R., & Katz, L. (2012). A Comparison of Exergaming Interfaces for Use in Rehabilitation Programs and Research. *Loading... The Journal of the Canadian Game Studies Association*, 6(9).
- Tatarkiewicz, W. (2001). *Historia de seis ideas. Arte, belleza, forma, creatividad, mimesis, experiencia estética*. Madrid: Tecnos.
- Taylor, J., & Taylor, C. (2008). *Psicología de la danza*. Madrid: Gaia.
- Teixes, F. (2014). *Gamificación: fundamentos y aplicaciones*
- Tejada, J. (2005). *Didáctica-Currículo: diseño, desarrollo y evaluación curricular*. Barcelona: Davinci.
- Tena, I. (2018). *Expresión corporal desde la danza creación. Proceso de elaboración de una unidad didáctica en Educación Infantil y Educación Primaria*. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- Thin, A. G., Brown, C., & Meenan, P. (2013). User experiences while playing dance-based exergames and the influence of different body motion sensing technologies. *International Journal of Computer Games Technology*. doi: 10.1155/2013/603604
- Tisseron, S. (2016). 3-6-9-12. *Diventare grandi all'epoca degli schermi digitali*. Milán: Editrice La Scuola.
- Torres-Toukoumidis, A., Romero-Rodríguez, L., Pérez-Rodríguez, M. A., & Björk, S. (2018). Modelo Teórico Integrado de Gamificación en Ambientes E-Learning (E-MIGA). *Revista Complutense de Educación*, 29(1), 129-145. doi: <http://dx.doi.org/10.5209/RCED.52117>
- Tremblay, M. S., Carson, V., Chaput, J. P., Connor, S., Dinh, T., Duggan, M., . . . Zehr, L. (2016). Canadian 24-hour movement guidelines for children and youth: an integration of physical activity, sedentary behaviour, and sleep. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(6), 311-327. doi: 10.1139/apnm-2016-0151
- Tricot, A. (2019). *Innovar en educación sí, pero ¿cómo?: mitos y realidades*. Madrid: Narcea Ediciones.

- Troncoso, C., Díaz, F., Amaya, J. P., & Pincheira, S. (2019). Elaboración de videos didácticos: un espacio para el aprendizaje activo. *FEM. Revista de la Fundación Educación Médica*, 22(2), 91-92.
- Urquidi, A. C., & Calabor, M. S. (2014). Aprendizaje a través de juegos de simulación: un estudio de los factores que determinan su eficacia pedagógica. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 47. doi: 10.21556/edutec.2014.47.75
- Vaghetti, C., Monteiro-Junior, R., Finco, M., Reategui, E., & Botelho, S. (2018). *Exergames Experience in Physical Education: A Review* (Vol. 78).
- Van-Gaal, S., Scholte, H. S., Lamme, V. A., Fahrenfort, J. J., & .R., R. K. (2011). Pre-SMA graymatter density predicts individual differences in action selection in the face of conscious and unconscious response conflict. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(2), 382-390.
- van Aart, I., Hartman, E., Elferink-Gemser, M., Mombarg, R., & Visscher, C. (2017). Relations among basic psychological needs, PE-motivation and fundamental movement skills in 9-12-year-old boys and girls in Physical Education. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 22(1), 15-34. doi: 10.1080/17408989.2015.1112776
- Vega, I. N. (2019). Propuesta de acción 3. La diferencia entre "no sé hacerlo" y "no sé hacerlo todavía": herencia, entorno y mentalidad de crecimiento para el aprendizaje. In L. Lluch & I. N. Vega (Eds.), *El ágora de la educación* (pp. 123-134). Barcelona: Octaedro.
- Verjans-Janssen, S. R. B., Van Kann, D. H. H., Gerards, S., Vos, S. B., Jansen, M. W. J., & Kremers, S. P. J. (2018). Study protocol of the quasi-experimental evaluation of "KEIGAAF": a context-based physical activity and nutrition intervention for primary school children. *Bmc Public Health*, 18. doi: 10.1186/s12889-018-5764-3
- Vernadakis, N., Gioftsidou, A., Panagiotis, A., Ioannidis, D., & Giannousi, M. (2012). The impact of Nintendo Wii to physical education students' balance compared to the traditional approaches. *Computers & Education*, 59(2), 196-205. doi: 10.1016/j.compedu.2012.01.003
- Vernadakis, N., Papastergiou, M., Zetou, E., & Antoniou, P. (2015). The impact of an exergame-based intervention on children's fundamental motor skills. *Computers & Education*, 83, 90-102. doi: 10.1016/j.compedu.2015.01.001
- Vernia, A. M. (2018). *Música en educación primaria: el proyecto escénico como herramienta de aprendizaje musical*. Música en educación primaria: el proyecto escénico como herramienta de aprendizaje musical: Universitat Jaume I.
- Vicente, G., Ureña, N., Gómez, M., & Carrillo, J. (2010). La danza en el ámbito educativo. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 17, 42-45.
- Viciano, V., & Arteaga, M. (2004). *Las Actividades coreográficas en la escuela. Danzas, Bailes, Funky, Gimnasia-Jazz*. Barcelona: Inde.
- Vickers, A. J., & Altman, D. G. (2001). Statistics notes: Analysis controlled trials with baseline and follow up measurements. *BMJ*, 323, 1123-1124.
- Vlachopoulos, S. P., & Michailidou, S. (2006). Development and Initial Validation of a Measure of Autonomy, Competence, and Relatedness in Exercise: The Basic Psychological Needs in Exercise Scale. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 10(3), 179-201. doi: 10.1207/s15327841mpee1003_4
- Vygotski, L. (1978). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.

- Vygotsky, L. (1978). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.
- Wallhead, T. L., Garn, A. C., & Vidoni, C. (2013). Sport Education and social goals in physical education: relationships with enjoyment, relatedness, and leisure-time physical activity. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 18(4), 427-441. doi: 10.1080/17408989.2012.690377
- Wang, A. I., & Tahir, R. (2020). The effect of using Kahoot! for learning - A literature review. *Computers & Education*, 149, 22. doi: 10.1016/j.compedu.2020.103818
- Watson, D., Adams, J., Azevedo, L. B., & Haighton, C. (2016). Promoting physical activity with a school-based dance mat exergaming intervention: Qualitative findings from a natural experiment. *BMC Public Health*, 16(1). doi: 10.1186/s12889-016-3308-2
- Welniarz, Q., Gallea, C., Lamy, J.-C., Méneret, A., Popa, T., Valabregue, R., . . . Roze, E. (2019a). The supplementary motor area modulates interhemispheric interactions during movement preparation. *Human Brain Mapping*, 40(7), 2125-2142. doi: 10.1002/hbm.24512
- Welniarz, Q., Gallea, C., Lamy, J.-C., Méneret, A., Popa, T., Valabregue, R., . . . Roze, E. (2019b). The supplementary motor area modulates interhemispheric interactions during movement preparation. *Human Brain Mapping*, 40(7), 2.125-122.142. doi: 10.1002/hbm.24512
- Wenceslao, R. (2019). Educación musical y bienestar psicológico en los niños y adolescentes en etapa temprana de la "ciudad de los niños de aguascalientes". *ArtsEduca*(25), 123-147. doi: <http://dx.doi.org/10.6035/Artseduca.2020.25.9>
- Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business*. Nueva York: Wharton Digital Press.
- Wilson, T. W., Kurz, M. J., & Arpin, D. J. (2014). Functional specialization within the Supplementary Motor Area: a fNIRS study of bimanual coordination. *Neuroimage*, 85(1).
- Williams, W. M., & Ayres, C. G. (2020). Can Active Video Games Improve Physical Activity in Adolescents? A Review of RCT. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2). doi: 10.3390/ijerph17020669
- Witherspoon-Hansen, L., & P. Manning, J. (2012). *Active Gaming: The Future of Play?* (Vol. 4).
- Witherspoon-Hansen, L., & Sanders, S. (2011). Active gaming: a new paradigm in childhood physical activity. *Digital Culture & Education*, 3(2), 123-139.
- Wu, X. Y., Han, L. H., Zhang, J. H., Luo, S., Hu, J. W., & Sun, K. (2017). The influence of physical activity, sedentary behavior on health-related quality of life among the general population of children and adolescents: a systematic review. *Plos One*, 12(11). doi: e0187668. doi:10.1371/journal.pone.0187668
- Xiang, P., Solmon, M. A., & McBride, R. E. (2006). Teachers' and Students' Conceptions of Ability in Elementary Physical Education. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 77(2), 185-194. doi: 10.1080/02701367.2006.10599353
- Xu, Y., Poole, E. S., Miller, A. D., Eiriksdottir, E., Catrambone, R., & Mynatt, E. D. (2012). *Designing pervasive health games for sustainability, adaptability and sociability*. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on the Foundations of Digital Games, Raleigh, North Carolina.
- Yang, S., & Graham, G. (2006). Exergames: being physically active while playing Video games. *EKIBOLOS (Biannual bulletin of the Hellenic Academy of Physical Education)*, 4, 5-6.

- Yen, C., Lin, K., Hu, M., Wu, R., Lu, T., & Lin, C. (2011). Effects of virtual reality-augmented balance training on sensory organization and attentional demand for postural control in people with Parkinson disease: a randomized controlled trial. *Physical Therapy, 91*, 862-874. doi: 10.2522/ptj.20100050
- Young, M. F., Slota, S., Cutter, A. B., Jalette, G., Mullin, G., Lai, B., . . . Yukhymenko, M. (2012). Our Princess Is in Another Castle: A Review of Trends in Serious Gaming for Education. *Review of Educational Research, 82*(1), 61-89. doi: 10.3102/0034654312436980
- Zadina, J. N. (2015). Original: the emerging role of educational neuroscience un education reform. *Psicología Educativa, 21*, 71-77. doi: 10.1016/j.jpse.2015.08.005
- Zagalaz, M. L., Moreno, R., & Cachón, J. (2001). Nuevas tendencias en educación física. *Contextos educativos, 4*, 263-294.
- Zainuddin, Z., Chu, S. K. W., Shujahat, M., & Perera, C. J. (2020). The impact of gamification on learning and instruction: A systematic review of empirical evidence. *Educational Research Review, 30*, 23. doi: 10.1016/j.edurev.2020.100326
- Zamora, J. (2017). *Sacando consecuencias*. Madrid: Tecnos.
- Zanone, P. G., Monno, A., Temprado, J. J., & Laurent, M. (2001). Shared dynamics of attentional cost and pattern stability. *Human Movement Science, 20*(6), 765-789. doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-9457\(01\)00055-0](https://doi.org/10.1016/S0167-9457(01)00055-0)
- Zeng, N., Ayyub, M., Sun, H., Wen, X., Xiang, P., & Gao, Z. (2017). Effects of Physical Activity on Motor Skills and Cognitive Development in Early Childhood: A Systematic Review. *Biomed Research International, 2017*, 1-13. doi: <https://doi.org/10.1155/2017/2760716>
- Ziebland, S., & McPherson, A. (2006). Making sense of qualitative data analysis: an introduction with illustrations from DIPEX (personal experiences of health and illness). *Med Educ, 40*(5), 405-414.
- Zuckerman, O., & Gal-Oz, A. (2014). Deconstructing gamification: evaluating the effectiveness of continuous measurement, virtual rewards, and social comparison for promoting physical activity. *Personal and Ubiquitous Computing, 18*(7), 1705-1719. doi: 10.1007/s00779-014-0783-2

Anexo 1. Definiciones de la investigación

Actividad física: como cualquier movimiento corporal intencionado (Devís, 2000).

Aplicabilidad (programa educativo): capacidad de un programa educativo para llevarse a cabo en la escuela fácilmente [facilitadores], con el mínimo de obstáculos [barreras], con la mayor predisposición de los maestros [actitud, expectativa de uso y formación] y estudiante [actitud, afinidad], perdurable en el tiempo [continuidad], para desarrollar el currículo educativo.

Clima motivacional: ambiente basado en un entorno de logro, modulado por aspectos influenciadores, de forma que aportan constantemente señales implícitas o explícitas al participante sobre cómo debe motivar su conducta y demostrar su competencia (Martínez et al., 2010b).

Contexto de logro: es un ambiente en el que participa un sujeto, en el que tiene que demostrar su competencia y habilidad, y en el que recibe influencias para la orientación de sus metas (Nicholls, 1984).

Digitalización: representación codificada de una señal (lumínica, térmica, gráfica, audio, fotográfica, etc.) mediante dígitos discretos binarios (Camacho et al., 2018).

Disciplina: categoría organizadora del conocimiento científico con su autonomía, su vocabulario propio, sus fronteras delimitadas, sus técnicas y sus teorías exclusivas (Morín, 2003).

Educación corporal: educación del cuerpo mediante el cuerpo, que incluye dimensiones corporales-cognitivas, corporales-sociales, corporales-afectivas, corporales-motrices y corporales- fenomenológicas humanas (Quintas, 2020, p. 22).

Educación física (currículo): educación de las conductas motrices, entendidas como organizaciones significantes del comportamiento motor (Parlebas, 1989).

Educación musical: educación de la escucha y percepción musical, y la interpretación musical, ya sea con el propio cuerpo o con instrumentos musicales no corporales (Currículo de Educación Primaria).

Ejercicio físico: es actividad física planificada, estructurada y repetitiva (Caspersen, Powerl, & Christenson, 1985).

Exergame: *juego motriz digital orientado a estimular la motricidad del jugador* (Quintas, 2019a).

Gamificación educativa: uso de elementos del diseño de los videojuegos en un contexto educativo para modificar comportamientos hacia el aprendizaje en los alumnos mediante acciones sobre su motivación (Quintas, 2020, pp. 84-85).

Innovación educativa: un proceso intencional que pretende cambiar prácticas e ideas en el ámbito educativo, introduciendo novedades, para intentar mejorar tanto los procesos como los resultados educativos.

Interdisciplinariedad educativa: conjunto de relaciones de cooperación e intercambio que se produce entre dos o más asignaturas o disciplinas sobre un inter-objeto,

permitiendo el enriquecimiento mutuo en cuanto a sus marcos conceptuales, sus procedimientos y sus métodos de enseñanza (García & Colunga, 2004). (véase *Disciplina*).

Juego: conjunto de actividades que los participantes del mismo realizan voluntaria, desinteresada y placenteramente dentro de un ámbito virtual, concebido como un entorno simbólico de manejo de posibilidades, donde las consecuencias de dichas actividades no trascienden a ese ámbito virtual (Quintas, 2020, p. 67).

Juego digital: conjunto de actividades que los participantes del mismo realizan voluntaria, desinteresada y placenteramente dentro de un ámbito virtual-digital, concebido como un entorno simbólico de manejo de posibilidades, donde las consecuencias de dichas actividades no trascienden a ese ámbito virtual-digital (véase *Digitalización*).

Material educativo: todo tipo de medio, soporte o vía que facilita la presentación y tratamiento de los contenidos objeto de enseñanza-aprendizaje (Escamilla, 2009, p. 134).

Motivación de logro: es el esfuerzo que hace una persona por demostrar competencia y habilidad en un contexto de logro (Nicholls, 1984).

Motivación extrínseca: participación y compromiso con la actividad como un medio para lograr algo, pero no como un fin en sí mismo (Ryan & Deci, 2017).

Motivación intrínseca: participación en una actividad por el placer y la satisfacción que uno siente al hacerlo (Ryan & Deci, 2017).

Sociedad de la Información y el Conocimiento: sociedad del siglo XX y XXI caracterizada por la producción y comercio de datos, categorizados en información humana, categorizada en conocimiento humano. Esta producción se basa en la Tecnología de la Información y la Comunicación.

Solucionismo tecnológico: concepción según la cual la tecnología, especialmente la informacional-digital, puede resolver cualquier tipo de problema existente en la actualidad (Morozov, 2015).

Tecnología: instrumento artificial derivado de la producción humana en su relación con la naturaleza en forma de trabajo .

Tecnología digital: tecnología producida específicamente mediante un proceso de digitalización.

Tecnología de la Información y el Conocimiento: tecnología compuesta por hardware, software y netware, típica de la Sociedad de la Información y el Conocimiento, y especializada en (re)producir, almacenar y procesar información, así como compartirla, enviarla y recibirla, permitiendo la comunicación (Camacho et al., 2018).

Transposición didáctica: modificación del saber profesional a un saber enseñado más adecuado al nivel de quien debe aprender (Gómez-Mendoza, 2005).

Utilidad (programa educativo): capacidad de un programa educativo para producir efectos concretos y directos de interés para la neuropsicología de la educación, tanto en su conjunto como a través de algunas de sus características.

Videojuego activo: exergame visual (véase Exergame).

Anexo 2. Dictamen del Comité de Ética



**Informe Dictamen Favorable
Proyecto Investigación Biomédica**

C.P. - C.I. PI17/0156

26 de abril de 2017

Dña. María González Hinjos, Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)

CERTIFICA

1º. Que el CEIC Aragón (CEICA) en su reunión del día 26/04/2017, Acta N° 08/2017 ha evaluado la propuesta del investigador referida al estudio:

Título: Análisis de la aplicabilidad y utilidad de los videojuegos activos como herramienta innovadora en el contexto escolar de la educación física: una aproximación empírica neuroeducativa desde la psicología educativa

Investigador Principal (Zaragoza): Juan Carlos Bustamante. Universidad de Zaragoza

2º. Considera que

- El proyecto se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y su realización es pertinente.
- Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto, así como las compensaciones previstas por posibles daños derivados del estudio.
- Es adecuada la utilización de los datos y el procedimiento para la obtención del consentimiento informado.
- El alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respeto a los postulados éticos.
- La capacidad de los Investigadores y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio.

3º. Por lo que este CEIC, a efectos de la solicitud de financiación, emite **DICTAMEN FAVORABLE a la realización del proyecto, condicionado a la modificación de la información a los participantes.**

Lo que firmo en Zaragoza, a 26 de abril de 2017



María González Hinjos
Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)

Anexo 3. Informe final divulgativo sobre la investigación



Universidad
Zaragoza



Gamificación y exergames en educación primaria

RESULTADOS DE LA
INVESTIGACIÓN APLICADA
EN LOS COLEGIOS

ALEJANDRO QUINTAS HIJÓS
QUINTAS@UNIZAR.ES

La esencia del proyecto

El proyecto ha estado asociado a la tesis doctoral de Alejandro Quintas, dirigida por Juan Carlos Bustamante, Carlos Castellar y Francisco Pradas.

El objetivo del proyecto de investigación ha sido conocer si la **gamificación educativa** como método didáctico y el **exergame** como material educativo son (o no) fenómenos útiles y aplicables desde la perspectiva educativa, añadiendo pruebas empíricas de tipo motriz, psicológico y neurofuncional.

Para ello, se diseñó un experimento natural, basado en la implementación de dos unidades didácticas interdisciplinarias de educación física y musical.

El diseño de la innovación ha incluido la arquitectura de gamificación **“Mecánica-Dinámica-Estética”** y ha usado el exergame **“Just Dance Now”**.

Para ello, el proyecto de investigación ha consistido en cuatro estudios científicos.

Las intervenciones educativas de 6 semanas tuvieron lugar durante el curso académico 2017-2018 en los **Colegios Pío XII, San Vicente y Santa Rosa** de Huesca, y en el **Sagrado Corazón de Jesús** de Zaragoza, los cuales colaboraron con la investigación.

Didáctica tradicional



Gamificación + Exergame



Planteamiento de la investigación

Tanto los exergames como la gamificación educativa son fenómenos que existen desde hace muy pocas décadas —tres y una, respectivamente—, por lo que era cuestión de tiempo que se planteara a nivel social y a nivel educativo la pregunta por su incorporación al sistema educativo, **valorando tanto las ventajas como las desventajas**.

Los exergames han sido muy estudiados desde las áreas de ciencias del deporte, fisiología, biomedicina y terapias de rehabilitación. No obstante, son muchos menos los estudios que inciden en la **dimensión educativa**, psicológica y neuroeducativa del alumnado escolar.

Igualmente, la gamificación ha sido ampliamente aplicada en los ámbitos empresarial, márketing y ciencias de la salud, pero muy poco estudiada e investigada en educación primaria.

Mantener una actitud reacia o sobreproteccionista hacia el mundo del juego digital y su tratamiento educativo podría suponer una exposición al alumnado de primaria a un mundo en el cual estaría rodeado de juegos digitales, pero sin recursos para afrontarlos con autonomía, competencia y crítica.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

1. Estudiar la **aplicabilidad** y **utilidad** de una intervención educativa gamificada y con exergame, y conocer qué elementos del programa educativo se pueden mejorar según las consideraciones de la comunidad escolar.

2. Analizar los **efectos** en el alumnado de una intervención educativa gamificada y con exergame sobre la motivación intrínseca, regulación externa, la desmotivación, el estado de flow, las necesidades psicológicas básicas, el rendimiento académico, la motivación de logro, la diversión, la actitud hacia los exergames, la intención hacia realizar ejercicio físico, y el funcionamiento cerebral.

Hábitos generales según el Instituto Nacional de Estadística

72%

De los niños españoles de entre 10 y 14 años suelen videojugar en su tiempo libre.

86%

De los niños españoles de entre 10 a 14 años pasan mínimo 1 hora al día delante de una pantalla en su tiempo de ocio.

30%

Es la tasa de sedentarismo en población joven de 14 a 24 años, habiendo sido del 14% en la franja de 5 a 14 años.

EL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Tras recibir el informe favorable del **Comité de Ética** de la Investigación de la Comunidad Autónoma de Aragón, se diseñó y aplicó un **experimento natural**, que permite que el ámbito escolar se desarrolle con naturalidad, pero al mismo tiempo se controlen ciertas variables de estudio. Se crearon y aplicaron dos unidades didácticas muy parecidas.

La primera, el tratamiento control, se basó en la didáctica habitual del baile y la expresión corporal en la educación física y musical. La segunda, el tratamiento experimental (la innovación educativa), era muy similar al tratamiento control, excepto por la presencia de gamificación y exergame.

Cada tratamiento educativo duró 12 sesiones, adaptado al calendario de cada colegio. Esto ha permitido comparar ambos programas educativos, así como comparar el estado inicial y final del alumnado.

Los programas se diseñaron para que todo el alumnado, tanto el del grupo control como el experimental, aprendiera y consiguiera los objetivos educativos planteados.

Para medir las variables de interés indicadas en los objetivos de investigación, se utilizaron cuestionarios validados, entrevistas personales, grupos de discusión, observaciones sobre el rendimiento académico, o cascos de espectroscopía de infrarrojo cercano (para ver la activación cerebral).

Recogida de datos



Cuestionarios



Entrevistas



Observación

grupo control

sin exergame
sin gamificar

danza tradicional

baile en línea

salsa

PRE

Clases	Bloque	
Sesión 1	Baile reproductivo	Expresión corporal
Sesión 2		
Sesión 3		
Sesión 4		
Sesión 5		
Sesión 6		
Sesión 7	Baile creativo	Just Dance Now
Sesión 8		
Sesión 9		
Sesión 10		
Sesión 11		
Sesión 12		

grupo experimental

con exergame
gamificado

Just Dance Now

POST

Coreografía final

EL DISEÑO DE LA INNOVACIÓN EDUCATIVA

FUNDAMENTOS DA LA GAMIFICACIÓN EDUCATIVA

La gamificación educativa es un novedoso **método didáctico** que consiste en usar elementos del diseño de los videojuegos en los procesos de enseñanza-aprendizaje para modificar comportamientos en el alumnado mediante acciones sobre su conducta. Está pensado para incidir especialmente en la motivación hacia el aprendizaje. Se ha comenzado a aplicar en educación en los últimos 10 años, por lo que hay que diferenciarla del método didáctico basado en juegos, mucho más clásico y habitual en educación.

En esta innovación educativa se ha utilizado una arquitectura de gamificación concreta, la denominada "**mecánica-dinámica-estética**", la cual permite transformar una unidad didáctica en base a ciertos elementos gamificadores.

Todas las sesiones estaban gamificadas, generando una atmósfera sociopsicológica y de aprendizaje diferente. Los elementos de la **mecánica** fueron un sistema de puntos —solo positivos—, insignias, clasificaciones, niveles de dificultad, desafíos, equipos cooperativos y competitivos, avatares virtuales y personalización de avatares. Para implementar esta mecánica se usó la aplicación ClassDojo y un tablón de puntos digital donde el alumnado pone todos los puntos de ejecución de baile. Se buscó una **dinámica** basada en el refuerzo constante, la autoexpresión, la motivación mediante la autorreferencia, el estatus, la sensación de progreso, la sensación de acumulabilidad y de coleccionabilidad. **Estéticamente** se promovió que el alumnado experimentara placer, identidad, relaciones sociales, inmersión, belleza, y un aprendizaje más enactivo y audiovisual.

Alejandro Quintas, 2020

Arquitectura MDE

mecánica

puntos
insignias
tablón de resultados
clasificaciones
retos
niveles
avatares
personalización
mercado

dinámica

refuerzo
acumulabilidad
coleccionabilidad
progreso
estatus
competición
cooperación
autoexpresión

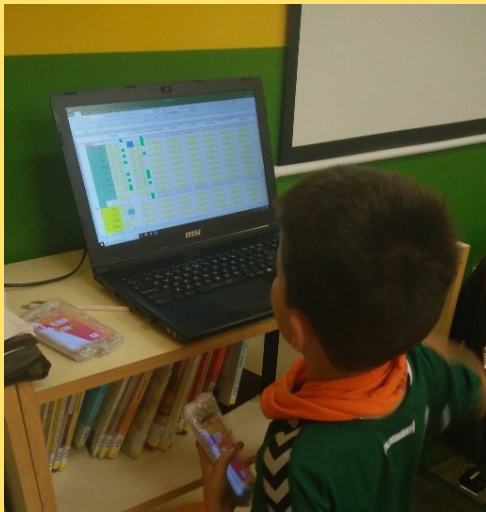
estética

diversión
inmersión
satisfacción
placer
identidad
pertenencia social
belleza
interés

EL DISEÑO DE LA INNOVACIÓN EDUCATIVA

GAMIFICACIÓN EDUCATIVA APLICADA

Para implementar la mecánica diseñada, se usó la aplicación **ClassDojo**, la cual permite donar puntos concretos al alumnado por acciones concretas.



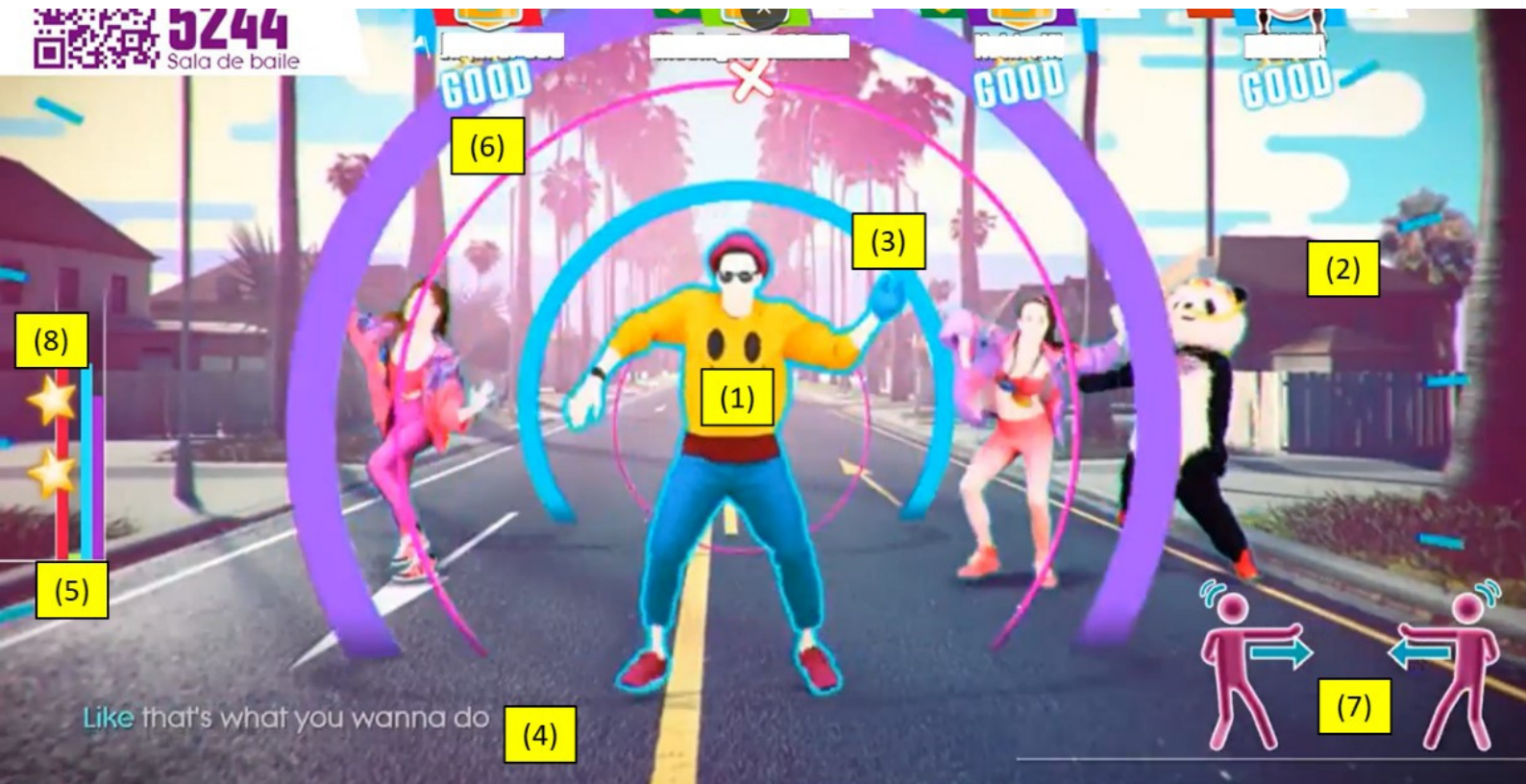
Hubo puntos de creatividad, de atención, de buen comportamiento, de mejora individual, de ayuda al equipo y de ejecución perfecta (5 estrellas). Igualmente, se diseñaron doce insignias: a los tres mejores bailarines de un nivel (oro, plata y bronce), tres a los mejores bailadores de una semana, tres a los bailarines que más han mejorado en una semana, y tres a los grupos con más puntos cada semana.

Además, hubo un **tablón de puntos** virtual (elaborado con Microsoft Excel) donde cada estudiante ponía los puntos conseguidos en cada baile, pudiendo ver el progreso y los puntos "verdes" (de mejora) individuales y de su grupo, así como el panorama de toda la clase. Ellos mismos se anotaban los puntos en un portátil en clase.

		Puntos de ejecución	Estrellas de baile	Segunda ejecución	Logro de mejora	Mejora de equipo	Promedio individual
CLASE 6ªA		NIVEL 1 Canción "Rasputin"			NIVEL 2 "Crazy Christmas"		MEDIA
GRUPO AZUL	ALUMNO 1						
	ALUMNO 2						
	ALUMNO 3						
	ALUMNO 4						
	ALUMNO 5						
	TOTAL:						

Promedio de equipo

EL DISEÑO DE LA INNOVACIÓN EDUCATIVA



EL EXERGAMING

Un exergame es juego motriz digital orientado a estimular la motricidad del jugador, que puede usarse como **material didáctico** en las clases. También se le conoce con el nombre de videojuego activo. Los más conocidos a nivel mundial han sido Dance Dance Revolution (1998), Wii Sports (2006) o Pokemon Go (2014). Todos ellos tienen en común que pretenden implicar más corporalidad y actividad por parte del videojugador. Los videojuegos se han mostrado adecuados en educación porque promueven la búsqueda, exploración y descubrimiento autónomo; estimulan la proactividad e interacción; tienen relación directa con el carácter emocional; y permiten dejar el juego y regresar cuando se desee, entre otras ventajas.

JUST DANCE NOW

El **Just Dance Now** es un exergame de baile que promueve la motricidad y la música. Es fácil de aplicar a los colegios españoles dado que solo se requiere: ordenador, cañón proyector, salida de audio e internet; sin embargo, también es necesario un smartphone por cada jugador-alumno, el cual no suele estar presente actualmente en los colegios.

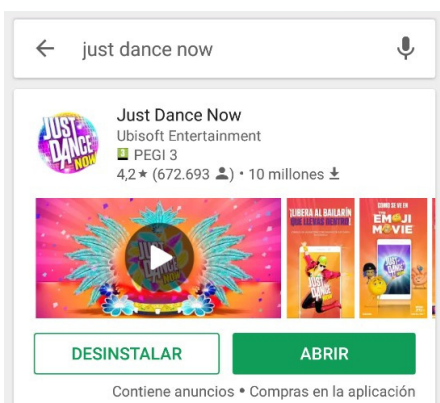
- (1) Figura del bailarín-avata a imitar.
- (2) Diseño del fondo de la sala de baile
- (3) Las manos remarcadas de diferente color para diferenciar la lateralidad.
- (4) La letra de la canción de forma síncrona para invitar a cantar.
- (5) Un tablón visual de resultados.
- (6) Palabras como «Yeah», «Perfect», «Good», «OK» y «X» en cada gesto para dar retroalimentación constante al jugador.
- (7) Iconos-silueta para anticipar pasos de baile.
- (8) Número de estrellas conseguidas.

¿Cómo crear una sala de baile virtual?

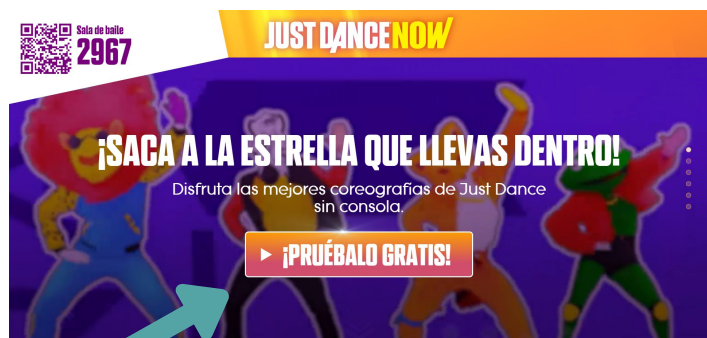


Los pasos a seguir son los siguientes:

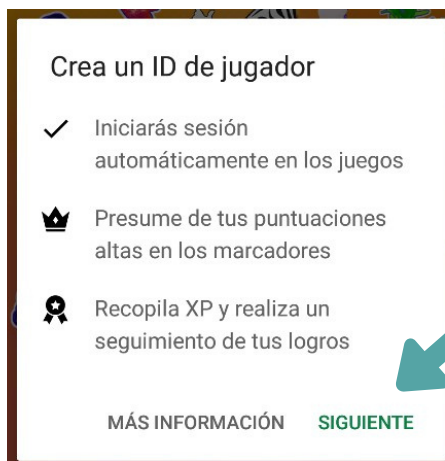
1. Descarga en un móvil (**smartphone**) la aplicación "Just Dance Now". Lo podrás hacer desde "PlayStore" si tienes Android o desde "Appstore" si el teléfono es de Apple.



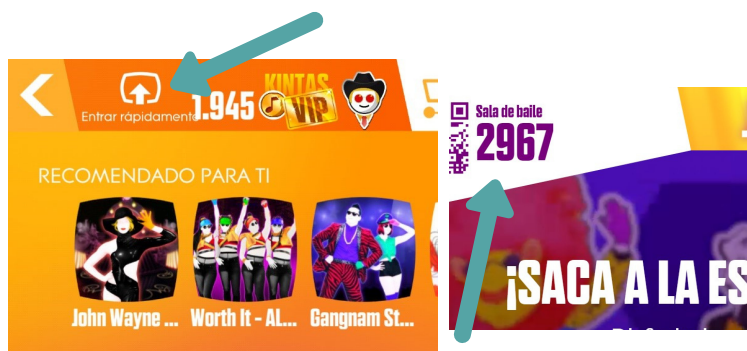
2. En un ordenador, entra en la página web <http://www.justdancenow.com/> y haz clic en "**Pruébalo gratis**" para entrar en la Sala de Baile. También se puede hacer desde una televisión si ésta tiene acceso a Internet.



3. Inicia desde el móvil la aplicación "Just Dance Now". Te pedirá crear una ID de Jugador, pero no es necesario, por lo que debes hacer clic en "**Siguiente**" y luego en "Cancelar". A continuación, haz clic en "Jugar".



4. Si el ordenador y el móvil están en la misma red wifi, se enlazarán solos. Si no, en la pantalla del móvil debes hacer clic en "**Entrar rápidamente**" (zona superior izquierda de la pantalla) para introducir el **código** que verás en la pantalla del ordenador.



LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Durante el curso 2017-2018, un total de **417 alumnos** de 5º y 6º de educación primaria participaron en este proyecto, realizando las 12 sesiones de educación física y musical, y colaborando en la creación de una **coreografía final**.

Participaron 83 niños y 2 maestros en el Colegio **Santa Rosa** de Huesca.



Participaron 53 niños y 2 maestros en el **Colegio Pío XII** de Huesca.



Participaron 196 niños y 2 maestros en el **Sagrado Corazón de Jesús** de Zaragoza.



Participaron 85 niños y 3 maestros en el **San Vicente** de Huesca.



RESULTADOS DEL PROYECTO

Mediante análisis **estadísticos** e **interpretativos**, se pudo estudiar la aplicabilidad y utilidad de la innovación educativa, así como comprobar si produjeron ciertos efectos o no.

1 La innovación educativa se ha mostrado **parcialmente aplicable**

FACILITADORES

- Actitud positiva del alumnado
- Actitud positiva del profesorado
- Se percibe el Just Dance Now como alternativa de ocio digital físicamente activo
- Compatibilidad con el currículo de educación primaria
- Realismo del planteamiento

BARRERAS

- Ausencia de smartphones en los colegios
- La expectativa del futuro uso por parte del profesorado no está clara
- Falta de formación específica del profesorado sobre exergaming

2 El programa educativo con gamificación y exergame, respecto a un programa educativo similar sin gamificación ni exergame se ha mostrado **parcialmente útil** porque:

PRODUCE

- Más diversión
- Más motivación intrínseca
- Menos "motivación extrínseca"
- Mayor afinidad hacia el baile
- Menor sentimiento de vergüenza hacia el baile
- Más inspiración y creatividad
- Más transformación en la percepción del tiempo
- Más experiencia autotélica
- Más relación social, competencia, y autonomía percibidas, en conjunto
- Más percepción de relaciones sociales
- Más ritmo músico-corporal
- Más compromiso hacia el aprendizaje
- Más actitud positiva hacia los exergames (alumnado)
- Más intención de uso de los exergames (alumnado)
- Más eficiencia en el área motora suplementaria del cerebro

NO SE DIFERENCIA EN:

- Promocionar el trabajo en equipo
- Aumentar la intención de realizar ejercicio físico "tradicional"
- Reducir la desmotivación
- Mejorar el estado de flow
- Aumentar la percepción de autonomía
- Aumentar la percepción de competencia
- Aumentar la motivación de logro

SI QUIERES VER UN VÍDEO-RESUMEN DE LAS CLASES:



Conclusiones

El presente proyecto es una muestra del **buen funcionamiento** que se puede dar entre los colegios y la investigación universitaria, avanzando en el conocimiento riguroso sobre la innovación educativa actual.

Los estudios de este proyecto permiten esclarecer y poner a prueba las altas expectativas asignadas actualmente al potencial educativo de la gamificación y los exergames, aportando una **visión mucho más prudente** y escéptica respecto a las mismas.

En este sentido, un programa educativo para educación primaria que contemple la gamificación "Mecánica-Dinámica-Estética" como método educativo y el exergame

Just Dance Now como herramienta educativa es **parcialmente aplicable** en la actualidad, y solo **más útil** respecto a un programa educativo tradicional **en algunas de las variables** psicológicas, motrices y neurofuncionales contempladas, siendo indistintos en tantas otras.

Así, las futuras decisiones del cuerpo docente sobre la didáctica que deciden desarrollar pueden tener en cuenta los hallazgos de este proyecto.



AGRADECIMIENTOS

Muchas gracias a los 417 niños y niñas, los 9 maestros y maestras, y los Equipos Directivos de los cuatro colegios que se han implicado activamente y han colaborado activamente en esta investigación.



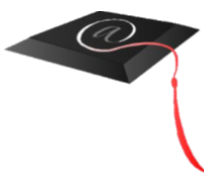
Colegio
Santa Rosa - Altoaragón
Huesca

CEIP
SAN VICENTE
HUESCA

Igualmente, se agradece el apoyo recibido desde diferentes organismos sociales:



Universidad
Zaragoza



Cátedra Banco Santander
Universidad de Zaragoza



Anexo 4. Infografía de divulgación para los centros educativos

GAMIFICAR EN EDUCACIÓN

ELEMENTOS DIDÁCTICOS CONFIRMADOS CIENTÍFICAMENTE



PIENSA EN AMBIENTES

Hay varias arquitecturas de la gamificación, y la más utilizada es la basada en Puntos-Insignias-Clasificaciones. Sin embargo, la arquitectura basada en la **Mecánica-Dinámica-Estética** permite crear atmósferas de aprendizaje basadas no solo en la motivación extrínseca sino en la intrínseca, así como crear ambientes más ajustables a cada perfil de estudiante.

PLANTEA OBJETIVOS CLAROS

Los objetivos deben ser educativos y **concretos** para el alumnado, presentes en todas las clases, diseñados con una **dificultad óptima** (alta pero alcanzable) y personales (**autorreferenciales**). La donación de puntos vienen siempre después de plantear los objetivos, y deben acomodarse siempre en ellos. Para que estén presentes, los objetivos se deben reflejar de forma estética lo máximo posible.



DISEÑA LA MECÁNICA

La mecánica es todo el sistema creado en la unidad didáctica. Puede constar de **puntos**, que son el sistema de feedbacks constantes y personales a cada estudiante, lo que aumentará su motivación y le focalizará hacia los objetivos. Los **niveles** regulan el nivel de dificultad de las tareas, mantienen los objetivos presentes, y ayudan a mantener un estado de **flow** (concentración óptima en y sobre las tareas).

DISEÑA LA DINÁMICA

La dinámica es cómo la mecánica interactúa con cada estudiante. Se debe intentar que haya **refuerzos** positivos en las tareas (mediante los puntos), sensación de **progreso** (mediante los niveles), **cooperación** y **competición** controlada, y **autoexpresión** (con tareas libres o acomodables a cada estudiante). Esto facilitará que las tareas se ajusten a la gran **diversidad** de intereses y perfiles del alumnado.



DISEÑA LA ESTÉTICA



Estetiza el ambiente pensando en tareas más **audiovisuales**, artísticas, **lúdicas**, perceptivas, emocionales y **corporales**. Hay que pensar en el juego y la estimulación de la sensación y motricidad corporales para potenciar el aprendizaje, dado que puede tener efectos neuroeducativos beneficiosos. Esto promoverá experiencias como la **diversión**, el interés y el placer en el alumnado.

IMITA A LOS VIDEOJUEGOS

El diseño de los videojuegos está hipergamificado y está teniendo mucho éxito. Puede servir de **inspiración** el observar algunos de sus elementos para incorporarlos al ambiente educativo. No es necesario introducir directamente los videojuegos, sino el diseño de los mismos (mayor interactividad, **música**, audiovisibilidad, **participación**, cooperación...).



Análisis de la aplicabilidad y utilidad del exergame y la gamificación en Educación Primaria: diseño e implementación desde la perspectiva de innovación educativa interdisciplinar

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

Alejandro Quintas Hijós, quintas@unizar.es