



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Impacto didáctico de una herramienta educativa de m-Learning gamificada, en el aprendizaje de la Química en la ESO

Francesc Sanfèlix Garcia

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tdx.cat) i a través del Dipòsit Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tdx.cat) y a través del Repositorio Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tdx.cat) service and by the UB Digital Repository (diposit.ub.edu) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

TESI DOCTORAL

Impacto didáctico de una herramienta educativa de
m-Learning gamificada, en el aprendizaje de la Química en la
ESO

Francesc Sanfèlix Garcia



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

2020

Impacto didáctico de una herramienta educativa de m-Learning gamificada, en el aprendizaje de la Química en la ESO

Programa de doctorado en Didáctica de las Ciencias, las Artes y las Humanidades

Autor: Francesc Sanfèlix Garcia

Co-Directores: Dr. Manel Puigcerver Oliván y Dr. Eduardo García Galea

Tutor: Dr. Vicenç Font i Moll

Agradecimientos

Estos últimos cinco años que he dedicado a la elaboración de esta tesis han sido intensos y apasionantes en todos los sentidos. Laboralmente ha supuesto un reto el hecho de compaginar mi labor docente con el trabajo de investigación, pero a la vez, embarcarme en la aventura de dirigir el desarrollo de una herramienta de aprendizaje innovadora, me ha brindado la oportunidad de conocer gente maravillosa, grandes profesionales de muy variados ámbitos, de los que he aprendido y sigo aprendiendo. El hecho de haber trabajado en los Estados Unidos supuso, no solo una experiencia vital y profesional de primer orden, sino que ha servido para enriquecer el presente trabajo. Por último, a la aventura de esta tesis, se sumó la de ser padre, una labor mucho más exigente y sin fecha de entrega, pero a la que me he volcado desde el amor más infinito.

Son muchas pues, las personas a las que quiero agradecer su ayuda, y que sin ellas no me encontraría ahora mismo escribiendo estas letras. Y la primera es sin duda mi compañera de viaje Anna, sin la cual nunca hubiese arrancado nada. Gracias por haber creído en mí en todo momento, hasta en los más difíciles, por haberme apoyado, soportado, ayudado, cuidado durante esta larga travesía y, sobre todo, por habernos regalado a Júlia, nuestra hija.

Quiero agradecer a los chicos y chicas de la ENTI, por haber trabajado y aportado tanto, en la creación del embrión de lo que después se convirtió *Top Chemist*. Muchas gracias Richard por hacerlo posible, y gracias David, Carla, Albert, Mireia y Carlos por haber aportado vuestro granito de arena. De manera especial quiero agradecerle a Arnau su trabajo y dedicación en la elaboración de *Top Chemist*. Por tantas horas en vela, que hemos pasado trabajando juntos, a distancia, gracias.

Del equipo técnico me falta agradecer a Oriol su excelente trabajo de programación, su profesionalidad y seriedad. He aprendido mucho contigo y de ti, muchas gracias por todo. Quisiera extender el agradecimiento a su hermano Albert, ante el que me vuelvo a quitar el sombrero, que nos ayudó con el *backend* y sin el cual todo hubiese sido más difícil.

Quisiera agradecer a todos los profesores de secundaria que se ofrecieron a implementar el software en sus clases. Gracias por vuestro trabajo, dedicación y amor por lo que hacéis. Gracias por vuestro afán por mejorar siempre para y por vuestros alumnos, y por estar abiertos a innovar y traer nuevas metodologías al aula. Vosotros sois la corriente que mueve el agua estancada del río, y sin vosotros nada sería posible. Quiero agradecer a Bàrbara, Pilar, Iván, Mari Pau, Miquel, Jordi, Cèlia, Virtudes,

Ruth, Montse, Eduard, Andrés, Carme, Mariona, Gemma, Carles, Manel i Marta. Y a los compañeros de Miami, Doc, Ms. Hernández, Ms. Johnson, a Mari Paz, por sus consejos y especialmente a Claudia, tremenda profesora y amiga, que siempre ha estado ahí, para todo. Gracias a todos.

Mi más profundo agradecimiento a todas las personas que en mayor o menor medida han colaborado en la elaboración de esta tesis. En primer lugar, al Dr. Josep Castelló, que se ofreció a dirigir esta tesis. Al Dr. Catedrático José Domingo Rodríguez Teijeiro, por su experimentada aportación en uno de tantos momentos difíciles encontrados en el largo trayecto que ha supuesto el análisis estadístico de datos. Al Dr. Vicenç Font, por su generosidad. Al Dr. Eduardo Garcia Galea, gracias por tu clarividencia, generosidad y por el agua de lluvia, que ha hecho florecer unos de los resultados más bonitos que ha podido dar esta tesis doctoral. A César, mi estadístico de cabecera, por sus guías y su cariño y dedicación en la infinidad de horas dedicadas a aprender.

Y especialmente quiero darle las gracias al Dr. Manel Puigcerver, por su constancia, dedicación y heroísmo. Por haber estado siempre al pie del cañón, sin abandonar el barco, aunque hubiese jubilaciones de por medio. Por todas las horas que nos hemos pasado analizando y discutiendo resultados. Las enseñanzas son inmensas, a todos los niveles, y ha sido un honor haber trabajado contigo. Y aunque nos hayamos perdido alguna que otra vez en la selva de datos, siempre fue un placer empuñar el machete a tu lado. Gracias.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que han pasado por mi vida, siempre enriqueciéndola, y haciéndola merecedora de ser vivida. Todas ellas, directa o indirectamente, han hecho posible esto. Y de manera especial a las personas de mi círculo, a mis padres, Paco y Vicen, a mi hermano Vicent, a mis abuelos y en especial a María, la que, muy a mi pesar, no llegó a conocer a mi Júlia. Y de nuevo a mi Anna, te quiero.

Doy gracias por todos estos años de aprendizaje, de riqueza vital, y por la suerte que he tenido de alcanzarla y disfrutarla. Sin duda, una de las grandes enseñanzas que me llevo de estos años es que todo esfuerzo merece la pena, y que aprender es una de las mayores propinas de la vida.

Seguiremos persiguiéndolo, y gracias por la propina.

A Júlia

*Si vas a intentarlo, ve hasta el final,
de lo contrario no empieces.
Tal vez suponga perderlo todo, incluso la cabeza,
pero no existe una sensación igual.
Estarás a solas con los dioses,
y las noches arderán en llamas.
Hazlo, hazlo,
hasta el final.*

Charles Bukowski. *Lanzar los dados.*

Índice

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Presentación de la investigación.....	1
1.1.1 Breve descripción de <i>Top Chemist</i>	3
1.1.2 Organización de <i>Top Chemist</i>	5
1.1.2.1 Parte Teórica.....	5
1.1.2.2 Parte práctica: Videojuegos	6
1.1.2.3 Evaluación: Tests	6
1.1.3 <i>Apps</i> educativas y Videojuegos educativos vs <i>Top Chemist</i>	6
1.1.4 Antecedentes de investigación	7
1.1.4.1 Iniciativas de gamificación del aula tradicional.....	9
1.1.4.2 Iniciativas de gamificación del aula a través de las TIC.	15
1.1.4.3 Antecedentes del uso de <i>Apps</i> educativas en el aula	17
1.1.4.4 Experiencias de gamificación en química a través del uso de las TIC	22
1.1.4.5 <i>Apps</i> educativas y videojuegos educativos del mercado	23
1.1.5 Justificación de la investigación.....	27
1.1.6 El problema a investigar.....	28
1.1.7 Finalidad de la investigación	29
2. OBJETIVOS, PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS	30
2.1 Objetivos y preguntas de investigación.....	30
2.1.1 Objetivo 1.....	30
2.1.2 Objetivo 2.....	30
2.1.3 Objetivo 3.....	31
2.1.4 Objetivo 4.....	31
2.1.5 Objetivo 5.....	31
2.1.6 Objetivo 6.....	33
2.1.7 Objetivo 7.....	33
2.1.8 Objetivo 8.....	34
2.1.9 Objetivo 9.....	34
2.1.10 Objetivo 10	35
2.1.11 Objetivo 11	35
2.1.12 Objetivo 12	36
2.1.13 Objetivo 13	36
2.1.14 Objetivo 14	37
2.1.15 Objetivo 15	37

3. MARCO TEÓRICO	38
3.1 La educación en la sociedad del conocimiento	38
3.1.1 La emergencia de los bienes intangibles: el conocimiento	39
3.1.2 La percepción de la ciencia y la educación científica	40
3.1.3 La educación científica en Europa.....	42
3.2 El aprendizaje de la química en la ESO	46
3.2.1 Didáctica de la química.....	46
3.2.2 Dificultades conceptuales que presenta el aprendizaje de la química	47
3.2.2.1 Dificultades de aprendizaje de los conceptos químicos relativas al pensamiento y forma de razonamiento de los estudiantes	49
3.2.2.2 Dificultades de aprendizaje de conceptos químicos atribuibles al proceso de instrucción	51
3.2.3 La motivación en el aprendizaje de la materia de química	52
3.2.3.1 La visión de los alumnos sobre la educación científica en los centros educativos.....	53
3.2.3.2 Actitud del profesorado frente a la desmotivación del alumnado por las ciencias.....	55
3.2.4 Implicaciones didácticas y replanteamientos metodológicos.....	57
3.3 Constructivismo en la sociedad de la información y la comunicación.....	59
3.3.1 El modelo constructivista con las TIC en el modelo de aprendizaje.	62
3.3.1.1 Las TIC y el compromiso activo	64
3.3.1.2 Las TIC y la participación en grupos	65
3.3.1.3 Las TIC, la interacción y el feedback	66
3.3.1.4 Las TIC y la conexión con el mundo real	66
3.3.2 El aprendizaje en el nuevo contexto tecnológico	67
3.3.3 Las TIC y la educación	69
3.3.4 La formación virtual: Clasificación y características del <i>E-learning</i> , <i>B-learning</i> , <i>T-Learning</i> y la <i>M-learning</i>	73
3.3.5 Beneficios y riesgos de las TIC como recurso psicopedagógico	74
3.3.5.1 Beneficios.....	75
3.3.5.2 Riesgos.....	77
3.3.6 Potencialidades de estos recursos	79
3.3.7 De las TIC a los <i>softwares</i> educativos especializados.....	80
3.4 El concepto de GBL y gamificación en educación	83
3.4.1 El poder del juego	83
3.4.2 <i>Serious Games</i> : GBL y gamificación en educación.....	85
3.4.3 Los videojuegos educativos	89
3.4.4 La dimensión socioeducativa de los videojuegos	91
3.4.5 El videojuego y desarrollo intelectual.....	95

3.5	Gamificar en educación.....	97
3.5.1	Diseñando el contexto a gamificar	97
3.5.2	¿Cómo gamificar contenidos educativos?.....	101
3.5.3	Técnicas de gamificación.....	104
3.5.3.1	Mecánicas del juego	104
3.5.3.2	Dinámicas del juego.....	106
3.5.3.3	Estéticas del juego.....	108
3.5.4	Principios de gamificación aplicados al diseño de videojuegos educativos	109
3.6	Aplicando los principios de gamificación al diseño de <i>Top Chemist</i>	112
3.7	<i>Top Chemist</i> y las competencias educativas	114
4.	METODOLOGÍA.....	116
4.1	Introducción.....	116
4.2	Fases de la investigación.....	117
4.2.1	Parte I: Diseño y creación de un LDG <i>Top Chemist</i>	118
4.2.1.1	Cómo, cuándo y por qué. Un poco de historia.	118
4.2.2	Parte II: Diseño cuasi-experimental.	120
4.3	Tipos de investigación.	121
4.3.1	Clasificación general de la investigación.	121
4.3.2	Tipo de investigación en la Parte I	121
4.3.3	Tipo de investigación en la Parte II.....	123
4.3.3.1	Clasificación de la metodología de la parte II según los paradigmas tradicionales de la investigación educativa.	123
4.3.3.2	Diseño Cuasi-Experimental. <i>Top Chemist</i> en el aula de 3º y 4º de Física y Química de la ESO.....	125
4.3.3.3	Learning Analytics y registros de un servidor.....	127
4.3.3.4	Tipologías de investigación utilizadas en este estudio	138
4.3.3.5	Consideraciones éticas sobre la investigación.....	140
4.3.3.6	Importancia del Learning Analytics en el contexto actual.....	143
4.4	Fases del diseño del LDG.....	144
4.4.1	Diseño y creación de <i>Top Chemist</i>	144
4.4.1.1	Un poco de historia	145
4.4.1.2	Manos a la obra	146
4.4.1.3	Compatibilidad con otros dispositivos	147
4.5	Recogida de datos.....	148

4.5.1	Técnicas e instrumentos para la recolección y procesamiento de datos.	148
4.5.2	Backend	149
4.5.2.1	Cómo funcionan el Frontend y el Backend	149
4.5.3	Técnicas e instrumentos para la recolección y procesamiento de datos de la Parte I.....	151
4.5.3.1	Población y elección de la muestra.....	151
4.5.3.2	Recogida de la muestra.....	152
4.5.3.3	Recogida de datos.....	154
4.5.4	Técnicas e instrumentos para la recolección y procesamiento de datos de la Parte II.....	155
4.5.4.1	Población y elección de la muestra.....	155
4.5.5	¿Qué datos se recogieron a través de <i>Top Chemist</i> ? Estructura inicial de la matriz de datos.....	156
4.5.6	Encuestas de final de curso.....	160
4.5.6.1	Población y elección de la muestra.....	160
4.5.7	Otros datos requeridos al centro.....	163
4.5.7.1	Rendimientos académicos de los alumnos.....	163
4.5.7.2	Variable descriptiva de centro.....	163
4.5.7.3	Tipo de uso realizado del LDG	163
4.5.7.4	Estructura final de la matriz de datos	165
4.5.8	Otras variables analizadas	165
4.5.8.1	Competitividad.....	165
4.5.8.2	Puntuaciones obtenidas la primera vez que juegan a cada bloque teórico	166
4.5.8.3	Puntuaciones obtenidas en los tests de cada bloque teórico	166
4.5.8.4	Rendimiento académico global.....	166
4.5.8.5	Tiempo efectivo dedicado al LDG.....	166
4.5.8.6	Uso del LDG.....	167
4.6	Análisis de datos	167
5.	RESULTADOS	169
5.1	Introducción.....	169
5.1.1	Consideraciones previas	172
5.2	Fase I.....	174
5.2.1	Resultados de la encuesta inicial.....	174
5.2.1.1	¿Qué opinan los estudiantes sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias en general y en particular de la asignatura de física y química en la ESO?.....	174
5.2.2	Síntesis de resultados obtenidos.....	189
5.3	Fase II	190

5.3.1	Grado de dificultad de los bloques teóricos.....	190
5.3.1.1	¿Existen diferencias en el grado de dificultad de los bloques teóricos que ofrece el LDG?.....	190
5.3.1.2	¿Coinciden el grado de dificultad hallado de los bloques teóricos del LDG con las opiniones iniciales de los alumnos?.....	194
5.3.1.3	¿Existen diferencias en el grado de dificultad de los bloques teóricos que ofrece el LDG según el curso en que se utilice?	196
5.3.2	Nivel de mejora en el LDG.....	204
5.3.2.1	¿Existen diferencias entre las puntuaciones obtenidas en cada bloque teórico la primera vez que jugaron y las puntuaciones obtenidas en los tests finales?	204
5.3.3	Síntesis de los resultados obtenidos	205
5.4	Fase III.....	207
5.4.1	Rendimiento académico de química por escuelas.	207
5.4.1.1	¿Existen diferencias en el Rendimiento académico de química por escuelas? ...	207
5.4.2	Factores intrínsecos al alumno	208
5.4.2.1	Competitividad.....	208
5.4.2.1.1	¿Está la Competitividad asociada al Rendimiento académico global del alumno?.....	208
5.4.2.1.2	¿Hay diferencias de competitividad en función del rendimiento académico global de los alumnos?.....	209
5.4.2.1.3	Competitividad y género.....	209
5.4.2.1.3.1	¿Hay diferencias en la opinión sobre la eficacia de la competitividad según el género?.....	209
5.4.2.1.3.2	¿Está el nivel de competitividad asociado al género?	210
5.4.2.1.4	Competitividad y Aprovechamiento del LDG	210
5.4.2.1.4.1	¿Hay diferencias en el Aprovechamiento del LDG según cuál sea la creencia de que la competitividad influye en el aprendizaje?	210
5.4.2.1.4.2	¿Hay diferencias en el Aprovechamiento del LDG según cual sea la competitividad declarada por el alumnado?	211
5.4.2.1.5	Competitividad y tipo de uso del LDG	212
5.4.2.1.5.1	¿Hay diferencias en la creencia de que la competitividad influye en el aprendizaje según el Tipo de uso hecho del LDG?	212
5.4.2.1.6	Competitividad y Rendimiento académico de Química.....	215
5.4.2.1.6.1	¿Existe una asociación entre la creencia de que competir influye en el aprendizaje y el Rendimiento académico de Química?.....	215
5.4.2.1.6.2	¿Son los alumnos con mayores rendimientos académicos los que más firmemente creen que competir influye en el aprendizaje?	220
5.4.2.1.6.3	¿Son los alumnos con mayores rendimientos académicos, los más competitivos?	221

5.4.2.1.6.4	¿Hay diferencias en la opinión de los alumnos a cerca de la influencia de la competición en el aprendizaje según el Rendimiento Académico de Química y el tipo de uso del LDG que se haga?	222
5.4.2.1.6.5	¿Hay diferencias en la competitividad del alumnado para cada Tipo de uso del LDG según el Rendimiento Académico de Química?	222
5.4.2.1.7	Competitividad y nacionalidad.....	223
5.4.2.1.7.1	¿Existen diferencias en la creencia de los alumnos de que la competitividad mejora el aprendizaje entre los alumnos de los centros españoles con respecto a los de los Estados Unidos?.....	223
5.4.2.1.7.2	¿Existen diferencias en la competitividad entre los alumnos de los centros españoles y el estadounidense?.....	224
5.4.2.1.8	Síntesis de los resultados obtenidos.....	224
5.4.2.2	Rendimiento académico global del alumno	225
5.4.2.2.1	¿Está el Aprovechamiento del LDG asociado al Rendimiento académico global?.....	225
5.4.2.2.2	¿Está asociado al Rendimiento académico global con el Uso del LDG?	225
5.4.2.2.3	¿Son los alumnos de mayor rendimiento académico los que hacen un mayor uso del LDG?.....	226
5.4.2.2.4	¿Son los alumnos de mayor rendimiento académico los que más aprovechan el LDG?.....	228
5.4.2.2.5	¿Son los alumnos con mayores rendimientos académicos los que dedican más tiempo a la teoría?	229
5.4.2.2.6	¿Son los alumnos con mayores rendimientos académicos los que dedican más tiempo a los juegos?	232
5.4.2.2.7	¿Existe alguna asociación entre el Rendimiento académico global del alumno y el Tiempo efectivo dedicado al LDG?	235
5.4.2.2.8	Síntesis de resultados.....	235
5.4.2.3	Género.....	236
5.4.2.3.1	¿Existe alguna asociación entre el Género del alumno y el Rendimiento académico global?.....	236
5.4.2.3.2	¿Existe alguna asociación entre el Género y el Curso al que pertenece alumnado?.....	237
5.4.2.3.3	¿Existen diferencias en el Tiempo total dedicado al LDG entre chicos y chicas?.....	238
5.4.2.3.4	¿Existen diferencias en el Tiempo total dedicado a la teoría entre chicos y chicas?.....	239
5.4.2.3.5	¿Existen diferencias en el Tiempo total dedicado a los juegos entre chicos y chicas?.....	240
5.4.2.3.6	¿Existen diferencias en el Uso del LDG entre chicos y chicas?.....	240
5.4.2.3.7	Síntesis de resultados.....	241
5.4.3	Factores extrínsecos al alumno	241
5.4.3.1	Tipo de escuela.....	241

5.4.3.1.1	¿Existe alguna asociación entre Tipo de escuela y el Tipo de uso realizado del LDG?.....	241
5.4.3.1.2	Síntesis de resultados.....	242
5.4.3.2	Tipo de uso del LDG	243
5.4.3.2.1	¿Existen diferencias entre las Puntuaciones obtenidas por el alumnado la primera vez que juegan según el Tipo de uso que se realizó del LDG?.....	243
5.4.3.2.2	¿Condiciona el Tipo de uso que se realizó del LDG las Puntuaciones obtenidas en los tests?.....	247
5.4.3.2.3	¿Condiciona el Tipo de uso que se ha hecho del LDG el Tiempo total dedicado al LDG?.....	250
5.4.3.2.4	¿Existen diferencias en el Tiempo total dedicado a la teoría según el Tipo de uso que se ha hecho del LDG?	251
5.4.3.2.5	¿Condiciona el Tipo de uso que se ha hecho del LDG el Tiempo total dedicado a los juegos?.....	252
5.4.3.2.6	Síntesis de resultados.....	254
5.4.3.3	Curso.....	254
5.4.3.3.1	¿Existen diferencias en el Tiempo total dedicado al LDG entre cursos?.....	254
5.4.3.3.2	¿Existen diferencias en el Tiempo total dedicado a la teoría entre cursos?...	255
5.4.3.3.3	¿Existen diferencias en el Tiempo total dedicado a los juegos entre cursos?.....	256
5.4.3.3.4	¿Existen diferencias de Rendimiento académico de química por cursos?.....	257
5.4.3.3.5	Síntesis de resultados.....	257
5.5	Fase IV.....	258
5.5.1	Variables ligadas a la Utilización global del LDG	258
5.5.1.1	Tiempo efectivo	258
5.5.1.1.1	¿Existen diferencias de Género en el tiempo efectivo dedicado al LDG?....	258
5.5.1.1.2	¿Existen diferencias entre los alumnos de los distintos cuartiles de Tiempo total dedicado al LDG en el tiempo efectivo dedicado al mismo?	259
5.5.1.1.3	¿Está asociado el tiempo efectivo dedicado al LDG con Rendimiento académico de Química?.....	260
5.5.1.1.4	¿Existe alguna asociación entre el tiempo efectivo dedicado al LDG y el Aprovechamiento que realizan los alumnos del mismo?.....	262
5.5.1.1.5	¿Existen diferencias en el tiempo efectivo dedicado al LDG entre los alumnos de diferentes cuartiles de Rendimiento académico global?	263
5.5.1.1.6	Síntesis de resultados.....	266
5.5.1.2	Aprovechamiento del LDG	266
5.5.1.2.1	¿Existe alguna asociación entre el Aprovechamiento del LDG y el Rendimiento académico de Química?	266
5.5.1.2.2	Síntesis de resultados.....	268
5.5.1.3	Tiempo general dedicado al LDG.....	268
5.5.1.3.1	Tiempo total dedicado al LDG.....	268

5.5.1.3.1.1	¿Depende el Rendimiento académico de química del Tiempo total dedicado al LDG?	268
5.5.1.3.1.2	¿Existen diferencias en el Rendimiento académico de química entre los alumnos que dedican un Tiempo total al LDG mayor con respecto a los que le dedican un Tiempo total menor?	269
5.5.1.3.2	Tiempo total dedicado a la teoría del LDG	270
5.5.1.3.2.1	¿Depende el Rendimiento académico de química del Tiempo total dedicado a la teoría?	270
5.5.1.3.2.2	¿Existen diferencias en el Rendimiento académico de química entre los alumnos que dedican más o menos tiempo a la teoría?	271
5.5.1.3.3	Tiempo total dedicado a los juegos del LDG	272
5.5.1.3.3.1	¿Depende el el Rendimiento académico de química del Tiempo total dedicado a los juegos del LDG?	272
5.5.1.3.3.2	¿Existen diferencias en el Rendimiento académico de química entre los alumnos que dedican más o menos tiempo a los juegos?	273
5.5.1.3.4	Síntesis de resultados	274
5.5.1.4	Uso del LDG	275
5.5.1.4.1	¿Existe alguna asociación entre el uso del LDG y el tiempo efectivo dedicado al mismo?	277
5.5.1.4.2	¿Es el rendimiento académico global del alumno un condicionante del uso del LDG según el tipo de uso realizado?	277
5.5.1.4.3	Síntesis de resultados	279
5.5.1.4.4	¿Existe alguna asociación entre el uso del LDG y el curso de la ESO?	280
5.5.1.4.5	¿Condiciona el Uso del LDG el rendimiento académico de Química?	281
5.5.1.4.6	¿Cómo influye el uso del LDG en el rendimiento académico de Química en los alumnos de distintos rendimientos académicos globales?	283
5.5.1.4.6.1	¿Cómo influye el Uso del LDG en el Rendimiento académico de Química en el cuartil 1 de Rendimiento académico global?	283
5.5.1.4.6.2	¿Cómo influye el Uso del LDG en el Rendimiento académico de Química en el cuartil 2 de Rendimiento académico global?	284
5.5.1.4.6.3	¿Cómo influye el Uso del LDG en el Rendimiento académico de Química en el cuartil 3 de Rendimiento académico global?	285
5.5.1.4.6.4	¿Cómo influye el Uso del LDG en el Rendimiento académico de Química en el cuartil 4 de Rendimiento académico global?	287
5.5.1.4.7	Cuál es el impacto global del uso del LDG en el rendimiento académico de Química?	288
5.5.1.4.8	Síntesis de los resultados	289
5.6	Fase V	290
5.6.1	Resultados de la encuesta final	290
5.6.1.1	¿Qué opinión tienen los alumnos respecto a la competitividad, de qué manera se ha aprovechado el LDG y cuál es la valoración general que se hace del mismo?	290

6. DISCUSIÓN	302
6.1 Introducción.....	302
6.2 Opinión de los estudiantes respecto al proceso de enseñanza aprendizaje de la asignatura de Física y Química en la ESO y su disposición a usar nuevas herramientas TIC y TAC.....	302
6.3 Grado de dificultad de los distintos bloques teóricos del LDG para los alumnos.....	305
6.4 Nivel de mejora experimentado por los alumnos, dentro del LDG, en cada bloque teórico del LDG	308
6.5 Diferencias en el rendimiento académico de química por escuelas	310
6.6 Influencia de la competitividad en el aprendizaje.....	310
6.7 Aprovechamiento de los contenidos que ofrece el LDG por alumnos con distinto rendimiento académico global	313
6.8 Influencia del género en el rendimiento académico global y en la utilización del LDG.....	315
6.9 Asociación entre el tipo de escuela (pública, concertada o privada) y el tipo de uso que se ha hecho del LDG	316
6.10 Influencia del tipo de uso en la utilización global que se ha hecho del LDG	317
6.11 Influencia del factor Curso en la utilización global que se ha hecho del LDG.....	318
6.12 Relación entre tiempo efectivo dedicado al LDG y otras variables de utilización del LDG, así como su influencia en el rendimiento académico de química	319
6.13 Influencia del aprovechamiento del LDG en el rendimiento académico de química ...	320
6.14 Influencia del tiempo general dedicado al LDG sobre el rendimiento académico de Química	320
6.15 Factores que han influido en el uso del LDG, así como el impacto que esta variable ha tenido en el rendimiento académico de química	321
6.16 Opinión que los alumnos tienen del LDG después de haberlo utilizado esta herramienta educativa y de qué modo lo han utilizado	323
6.17 Opinión sobre la teoría del LDG.....	324
6.18 Opinión sobre los juegos del LDG	325
6.19 Opinión general sobre <i>Top Chemist</i>	326
6.20 Perspectivas de futuras investigaciones.....	329

7. CONCLUSIONES.....	331
7.1 Conclusiones relativas al objetivo 1.....	331
7.2 Conclusiones relativas al objetivo 2.....	332
7.3 Conclusiones relativas al objetivo 3.....	333
7.4 Conclusiones relativas al objetivo 4.....	334
7.5 Conclusiones relativas al objetivo 5.....	334
7.6 Conclusiones relativas al objetivo 6.....	334
7.7 Conclusiones relativas al objetivo 7.....	335
7.8 Conclusiones relativas al objetivo 8.....	335
7.9 Conclusiones relativas al objetivo 9.....	336
7.10 Conclusiones relativas al objetivo 10.....	337
7.11 Conclusiones relativas al objetivo 11.....	337
7.12 Conclusiones relativas al objetivo 12.....	338
7.13 Conclusiones relativas al objetivo 13.....	338
7.14 Conclusiones relativas al objetivo 14.....	338
7.15 Conclusiones relativas al objetivo 15.....	339
7.16 Conclusión final.....	341
8. BIBLIOGRAFÍA.....	342
9. ANEXOS.....	382
9.1 Anexo 1: El germen de todo: DemoLab	382
9.1.1 Descripción y estructura general	382
9.1.1.1 Tratamiento de la teoría.....	383
9.1.1.2 Tratamiento de los juegos.....	383
9.1.1.2.1 Descripción del edificio	386
9.1.1.2.2 Organización del edificio de DemoLab.....	388
9.2 Anexo 2: Un paso de gigante: De DemoLab a <i>Top Chemist</i>	390
9.2.1 <i>Top Chemist</i>	390
9.2.1.1 Descripción estructura general.....	390
9.2.1.1.1 Teoría.....	392
9.2.1.1.2 Práctica. Los mini videojuegos.	400

9.2.1.1.3	Tipos de videojuegos.....	400
9.2.1.1.4	La prueba. El test.....	408
9.2.1.1.5	Descripción de las plantas	411
9.2.1.1.6	Bloques teóricos.....	420
9.2.1.1.6.1	¿Por qué se eligieron estos contenidos y no otros?	420
9.2.1.1.6.2	Bloque teórico I: Sustancias peligrosas.....	420
9.2.1.1.6.3	Bloque teórico II: Materiales de laboratorio	422
9.2.1.1.6.4	Bloque teórico III: Modelo de Rutherford	426
9.2.1.1.6.5	Bloque teórico IV: Número atómico y número másico.....	428
9.2.1.1.6.6	Bloque teórico V: Isótopos	429
9.2.1.1.6.7	Bloque teórico VI: Niveles de energía	432
9.2.1.1.6.8	Bloque teórico VII: La Tabla periódica.....	435
9.2.1.1.6.9	Bloque teórico VIII: Tipos de enlaces.....	438
9.2.1.1.6.10	Bloque teórico IX: Concepto de mol.....	440
9.2.1.1.6.11	Bloque teórico X: Masa atómica y masa molar	442
9.2.1.1.6.12	Bloque teórico XI: Estequiometría	445
9.2.1.1.6.13	Bloque teórico XII: La reacción química	450
9.2.1.1.6.14	Bloque teórico XIII: Ajuste de reacciones químicas.....	453
9.2.1.1.6.15	Contenidos.....	456
9.3	Anexo 3: Encuesta inicial.....	458
9.4	Anexo 4: Encuesta final.....	461

1. Introducción

1.1 Presentación de la investigación

A pesar de que la mayor parte de los estudiantes de entre 14 y 15 años de los países desarrollados valoran las ciencias y las tecnologías como las disciplinas gracias a las cuales construimos la sociedad del bienestar, esta visión positiva se desvanece cuando tienen que opinar sobre la educación de las ciencias en la escuela. A los estudiantes que les gustan las asignaturas científicas por encima otras, reconocen que, a pesar de no parecerles difíciles, su estudio en la escuela no les parece suficientemente interesante (Schreiner y Sjøberg, 2004).

Este descenso de interés respecto a este tipo de materias que aparece en la adolescencia bien merece una reflexión y un estudio en profundidad, y podría resumirse en la siguiente frase: “Tenemos una escuela del siglo XVIII y XIX, con maestros formados en el siglo XX, con niños del siglo XXI” (Imbernón, 2006).

La sociedad actual se encuentra en continuo cambio y el progreso científico avanza permanentemente. Es por ello por lo que, entendiendo los centros educativos como entornos de socialización y de transmisión de conocimientos, se puede considerar que éstos no deben estancarse en sus prácticas rutinarias y burocratizadas. Es posible señalar que los centros educativos tienen que cambiar en concordancia con la sociedad y avanzar hacia el progreso. De este modo, los centros educativos tienen que mejorar sus prácticas, para que así también lo haga el conjunto de la sociedad (Cabero, 2007).

Actualmente las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento (TAC), que según Lozano (2011), van más allá de aprender a usar las TIC y apuestan por explorar estas herramientas tecnológicas al servicio del aprendizaje y de la adquisición del conocimiento, nos permiten superar fácilmente las barreras del aprendizaje tradicional basado en el largo y extenuante proceso de almacenamiento de datos, en el que el alumno necesita invertir horas y horas de un preciado tiempo que podría estar dedicando al proceso de generar un conocimiento más complejo y dinámico.

En la actualidad ya tenemos a nuestro alcance las herramientas tecnológicas necesarias para diseñar nuevos modelos de aprendizaje que permitan al estudiante focalizar todos sus esfuerzos

en profundizar en el pensamiento lógico, en la interconexión de ideas y en la relación de conceptos aplicando el método científico para alcanzar las competencias deseadas. Se garantiza de esta manera un aprendizaje personalizado, significativo, una inmediatez del conocimiento y se fomenta el trabajo colaborativo para resolver problemas reales, así como una mayor y más directa interacción entre el estudiante y el docente. Esto nos conduce a replantearnos una nueva forma de aprender y enseñar, en la cual la tarea del docente debe adecuarse a los nuevos tiempos y a las nuevas realidades de la era de la información.

Con las nuevas aplicaciones móviles podemos tener una herramienta que, bien utilizada, nos pueda ayudar a motivar a nuestros estudiantes, motivación hacia las ciencias que, pese a ser alta en las etapas de educación primaria, cae en picado en etapas educativas posteriores de la educación secundaria (Sjøberg y Schreiner, 2010). Este tipo de programas informáticos o *apps* educativas pueden ayudar alcanzar competencias y contenidos didácticos programados de una manera entretenida, ya sea a través de juegos diseñados exclusivamente para aprender contenidos concretos del currículum o a través de actividades digitales interactivas que proporcionen al alumno las herramientas necesarias para acabar alcanzando y entendiendo los conceptos más abstractos que, de otra manera, siempre han sido difíciles de asimilar. Además, estas nuevas herramientas pueden ayudar a nuestros alumnos a memorizar, siempre desde la comprensión significativa de la materia, conceptos y contenidos históricamente densos de estudiar y complejos de aprender, ayudando a contextualizar los contenidos, de manera que el alumno encuentre un sentido a aquello que está pretendiendo aprender.

En este caso la tarea del educador cambia sustancialmente; pasa de ser un continente y transmisor de conocimientos a ser un facilitador del aprendizaje. Así, puesto que el alumno tiene acceso libre y a demanda, a una información más atractiva, entretenida y motivadora, el profesor puede encontrar el tiempo para ayudar al alumno a encadenar sus conocimientos previos con los nuevos que queremos que se adquieran. Estas nuevas aplicaciones podrías encargarse de facilitar el contenido y proponer nuevos e innovadores métodos que faciliten el aprendizaje de manera más lúdica y próxima a la vida real; contextualizando así los contenidos a aprender y garantizando un aprendizaje más real y significativo.

Dicho esto, y entendiendo la coyuntura social y educativa actual, se llega a la conclusión que los métodos tradicionales han dejado de ser válidos para motivar al alumnado y el mundo educativo

necesita adaptarse a los nuevos contextos actuales, ya que las estrategias implementadas en situaciones convencionales de aprendizaje ya no son satisfactorias (Salinas, 2012).

Para enmendar dicha situación de desafección y falta de interés por el estudio de las asignaturas científicas, y en particular la materia de Química de la ESO (Sjøberg y Schreiner, 2010), en el 2015, paralelamente y formando parte de esta investigación doctoral, se diseñó y creó *Top Chemist*, un *software* en forma de libro digital gamificado, en adelante LDG: concepto acuñado para esta tesis doctoral, como una alternativa innovadora a los métodos tradicionales. Tras su creación se llevó a las aulas, con la intención de comprobar la efectividad didáctica de esta nueva herramienta educativa.

Es por ello por lo que esta tesis doctoral se puede dividir en dos grandes bloques. En primer bloque estará dedicado exponer el proceso que supuso el diseño y desarrollo de una herramienta de aprendizaje innovadora, motivadora y única como un LDG. El segundo bloque expondrá los resultados del análisis del impacto que este LDG ha tenido en el aprendizaje de la materia de Química en 3º y 4º de la ESO en 9 centros españoles y 1 centro de los Estados Unidos. Se pretende estudiar cómo incide sobre el aprendizaje esta nueva herramienta educativa y de qué manera pueden intervenir diferentes factores como el sexo, curso de la ESO, tipo de uso del LDG en el aula, la competitividad, el tipo de escuela o el rendimiento académico global del alumno, entre otros.

En definitiva, este trabajo ha aunado la innovación docente (a través de la creación de un LDG), con la investigación educativa, a través del análisis de su eficacia didáctica. Con este trabajo pues, se pretende ahondar en el estudio del vasto y todavía por conocer, terreno de los libros digitales gamificados en el ámbito educativo y arrojar un poco de luz sobre las posibilidades que estas nuevas herramientas gamificadas pueden aportar en las aulas de nuestros estudiantes de secundaria.

1.1.1 Breve descripción de *Top Chemist*

Top Chemist es un libro digital gamificado para dispositivos móviles ejecutable en *smartphones*, *tablets* y *PC's* diseñado para ayudar al alumno a estudiar y entender contenidos específicos del

currículum de la materia de Química que forma parte de la asignatura de Física y Química de 3º y 4º de la ESO.

Esta herramienta, creada exclusivamente para aprender contenidos curriculares específicos, pretende mejorar el rendimiento académico y al tiempo que mejora la actitud y predisposición del alumno hacia el estudio de la materia de Química y de las ciencias en general. Dicha herramienta gamificada pretende aportar la motivación necesaria que se requiere para afrontar estudios científicos, acercando al estudiante al mundo científico, desde una vertiente lúdica y más contextualizada, y al mismo tiempo, ayudar a desarrollar un abanico de contenidos de diverso tipo.

Top Chemist es, a grandes rasgos, un videojuego en el que cada alumno es el protagonista de la historia. El estudiante encarna su propio personaje, que empieza a trabajar como becario en una gran multinacional de la Química. A medida que el protagonista (el alumno) va adquiriendo conocimientos, va ascendiendo dentro de la empresa, de forma que, si lo hacen bien, puede acabar de director general de la multinacional.

El LDG permite un aprendizaje a través de una teoría complementada con numerosas animaciones, videojuegos y actividades interactivas en las cuales el estudiante puede interactuar, siendo protagonista de su propio aprendizaje. *Top Chemist* permite que cada estudiante sea consciente de en qué grado ha alcanzado los contenidos y en qué nivel de aprendizaje se encuentra en cada momento. El objetivo de esta *app* es, en primer lugar, motivar al alumno a estudiar la asignatura de química, haciendo que sea más amena y alentadora. De igual manera se pretende conseguir que el alumno sea consciente de dónde quiere llegar y de que le falta aprender para dominar los contenidos y que sea consciente de qué tiene que hacer para continuar lográndolos. Todo esto pretende presentarse de una manera entretenida, lúdica y divertida, aprovechando al máximo todos el que los recursos TIC y TAC pueden ofrecer.

El LDG proporciona una ventaja muy interesante respecto de otras *apps* del mercado, puesto que, no solo se limita a ofrecer juegos educativos, sino que proporciona contenidos teóricos que ayudan al alumno a visualizar y entender conceptos abstractos y ya de por sí complejos, como el que nos encontramos en los contenidos del currículum de la asignatura de Física y Química de 3º y 4º ESO. Además, evalúa el grado de asimilación de estos contenidos, proporcionando así

una herramienta muy valiosa para el profesorado. De este modo el alumno no solamente puede interactuar, jugar, experimentar y acercarse a estos conocimientos de una manera más visual y práctica sin necesidad que pisar un laboratorio, sino que lo hace a través del juego, creando así una atmósfera que favorece la implicación del estudiante en el proceso de aprendizaje.

El LDG *Top Chemist* ofrece a la vez, un recurso básico tanto a profesores como estudiantes de la materia de Química. Facilita el acceso a un laboratorio y a un aula virtual en la cual el alumno podrá acceder a los contenidos cuando y como quiera, asimilándolos a su propio ritmo. Además, cada contenido se proporciona aprovechando de manera meticulosa todos los recursos que las TIC pueden ofrecer. Mini-juegos diseñados dentro de un contexto ludificado, ayudan a consolidar contenidos curriculares que previamente se han facilitado de manera interactiva.

1.1.2 Organización de *Top Chemist*

La aplicación trabaja los diferentes contenidos del currículum de química de la ESO siempre del mismo modo: ofreciendo una parte teórica, una parte práctica a través de un videojuego y una parte evaluativa a través de un *test* al final de cada bloque teórico o lección. A continuación, se describe brevemente cada parte.

1.1.2.1 *Parte Teórica*

En los bloques teóricos los contenidos son administrados y explicados en detalle a través de una serie de diapositivas donde aparecen modelos y animaciones que ayudan los estudiantes a visualizar conceptos abstractos y tradicionalmente más difíciles de entender. El alumno tiene un control total sobre toda la parte teórica, de forma que puede parar, atrasar, avanzar y repetir tantas veces como quiera cada una de las lecciones. Además, son interactivas, de manera que le permite ampliar imágenes y animaciones para una mayor comprensión. Como más adelante se verá en profundidad, la parte teórica se encuentra dividida en un total de trece bloques teóricos que siguen el currículum de la asignatura.

1.1.2.2 *Parte práctica: Videojuegos*

Cada parte teórica lleva asociada un videojuego en el cual el alumno podrá poner en práctica los conocimientos adquiridos y prepararse para la prueba final de cada bloque.

1.1.2.3 *Evaluación: Tests*

Top Chemist también ofrece una evaluación para cada uno de los apartados teóricos que trata; se trata de un *test* que se encuentra al final de cada apartado teórico ofrecido, siempre inmerso en un entorno gamificado.

En definitiva, el LDG *Top Chemist* no es una *app* gamificada móvil ni un videojuego, sino más que esto, puesto que aúna las dos y ofrece todavía más características. Pero al igual que un videojuego, cada alumno tiene un personaje en la historia, y evoluciona con él a lo largo de ésta.

1.1.3 *Apps educativas y Videojuegos educativos vs Top Chemist*

Antes de empezar con los antecedentes de esta investigación, es importante decir que no se ha encontrado ningún *software* semejante a *Top Chemist* en el mercado. Después de una minuciosa búsqueda, son notables las diferencias encontradas entre las *apps* y videojuegos educativos actuales y el LDG *Top Chemist*.

Las diferencias fundamentales radican en lo que ofrece cada *software*. Así, las *apps* y videojuegos educativos (1) se centran en contenidos muy concretos de la materia de química, (2) se especializan en determinadas dinámicas de gamificación, (3) únicamente proveen de videojuegos y *apps* mayoritariamente de tipo evaluativos, (4) en su mayoría en 2D y (5) generalmente ofrecen experiencias descontextualizadas (como por ejemplo *Erase the Periodic Table*, que copia el estilo del famoso juego del *Tetris*). *Top Chemist*, sin embargo, ofrece mucho más que un videojuego: con él se ha pretendido crear un libro digital (1) basado y que sigue el currículum de la materia de química de 3º y 4º ESO, (2) contextualizado para aumentar la sensación de inmersión del alumno, (3) ofrece, no solo videojuegos para practicar lo aprendido, sino contenidos teóricos,

(4) ofrece pruebas evaluativas. Además, (5) ofrece un entorno gamificado y (6) utilizando una tecnología 3D moderna y avanzada.

1.1.4 Antecedentes de investigación

Tras una extensiva búsqueda bibliográfica no se ha encontrado ninguna iniciativa de investigación educativa semejante a la llevada a cabo en esta tesis doctoral, puesto que como se ha mencionado anteriormente, no se han encontrado herramientas educativas con las características de *Top Chemist*. Como se ha visto en el apartado anterior, dichas características van más allá de lo que sería un videojuego educativo (*serious game*) o una *app* educativa, puesto que este LDG aporta no únicamente videojuegos sino un entorno gamificado, lecciones teóricas y sesiones de evaluación. Es lógico pues, decir que, al tratarse de una nueva herramienta educativa, no se haya encontrado ningún estudio previo del impacto de este tipo de *softwares* en el aprendizaje.

No obstante, como se verá más adelante, en el ámbito de la educación existen multitud de experiencias en las que se ha utilizado la gamificación de contenidos con éxito. Puesto que el abanico de formas de aplicar la gamificación es tan amplio, y puede ir desde aplicar dinámicas de juego hasta utilizar *apps* educativas, en esta búsqueda de antecedentes se ha decidido agruparlas en dos grandes bloques: las iniciativas de gamificación no tecnológica del aula tradicional, y aquellas iniciativas en las que se utiliza algún tipo de herramientas tecnológica, ya sean *apps*, videojuegos educativos u otros, como el Sistema de Gestión del Aprendizaje conocido como *LMS*(Learning Management System), etc.

Así mismo es importante destacar que, pese a que todas estas iniciativas siguen los mismos principios de gamificación, las nuevas tecnologías (los videojuegos y las *apps* educativas) aportan una serie de características que los juegos tradicionales obviamente no pueden proporcionar, como por ejemplo la visualización de contenidos, animaciones o la interactividad.

Antes de adentrarnos en la revisión de estudios previos sobre el impacto que cada tipo de gamificación ha tenido sobre la motivación y el aprendizaje de los estudiantes, realizaremos una breve descripción de estos dos tipos de iniciativas antes mencionadas.

El primer tipo de iniciativa en la que recordemos, no se usan herramientas tecnológicas, es la más clásica y barata, puesto que no requiere de ningún tipo de inversión as tecnológica en el aula. Esta consiste en la gamificación directa del aula aplicando principios y dinámicas del juego a la manera tradicional de enseñar los contenidos. Estas técnicas de ludificación de los contenidos del aula tradicional, cuyo objetivo es aumentar la motivación intrínseca del individuo, pueden ir desde crear historias o cuentos alrededor de una temática de estudio hasta premiar al usuario por su nivel de ejecución en el juego, repartir premios por objetivos cumplidos, montar ligas, tableros de clasificación o incluir juegos de mesa o de otra clase, en la metodología tradicional de enseñanza-aprendizaje (Kapp, 2012). Ésta es la manera más clásica y la que muchas veces sin darnos cuenta, ha sido utilizada entre el profesorado. Un ejemplo clásico es el del juego del ahorcado, que en muchas ocasiones ha servido para aprender palabras complejas o en otros idiomas, con unos resultados muy satisfactorios y con los alumnos divertidos y altamente motivados para aprender.

Como veremos en los siguientes apartados, son muchas las experiencias encontradas en las que se han aplicado este tipo de técnicas en el aula.

El segundo tipo de iniciativas responde a aquellas en las que se incluyen herramientas tecnológicas con el fin de gamificar el aula. Este tipo de *softwares* va desde las típicas *apps* educativas descargables a través de la *app* stores, hasta videojuegos o *serious games* (videojuegos educativos creados para aprender objetivos concretos).

Por poner un ejemplo tenemos los videojuegos de simulación (*serious games*), en los que se aprenden contenidos muy específicos poniendo al jugador en una situación virtual lo más cercana a la realidad que se puede encontrar. Es el caso de los simuladores de vuelo, donde el jugador debe aprender a pilotar una aeronave, como pasa en el simulador de vuelo *3D Flight Simulator* y tantos otros que se pueden encontrar en el mercado, o los simuladores de emergencias médicas, como los juegos para aprender los tipos de sangre que se pueden usar en cada tipo de paciente según su grupo sanguíneo, como por ejemplo el videojuego *The blood typing game*¹.

¹<https://educationalgames.nobelprize.org/educational/medicine/bloodtypinggame/gamev2/index.html>

La búsqueda de antecedentes pues, se ha centrado en encontrar experiencias de aula en las que se ha hecho uso de la gamificación, ya sea de una manera tradicional o utilizando herramientas TIC con fines educativos. Las vemos a continuación.

1.1.4.1 *Iniciativas de gamificación del aula tradicional*

Cuando se habla de gamificación de contenidos, la manera más inmediata y extendida de hacerlo es introducir criterios y principios de los juegos en el aula. Existen multitud de dinámicas posibles, desde organizar competiciones y repartir premios en función de logros hasta premiar a alumnos con insignias y otras técnicas que ayudan a que los estudiantes encuentren la motivación necesaria para seguir aprendiendo. En este ámbito encontramos numerosos estudios sobre el impacto de este tipo de dinámicas en el aprendizaje.

Como se ha dicho anteriormente, este ámbito de implantación de dinámicas de gamificación está muy extendido y son muchas las experiencias encontradas. A continuación, se citan algunas experiencias de especial relevancia que se han llevado a cabo en el territorio español y en los E.E. U.U.

Cabe apuntar que, de forma general, las experiencias encontradas se centran curiosamente en las etapas de educación primaria y en las etapas universitarias.

Como ejemplos de gamificación de éxito en la etapa de primaria en Catalunya, encontramos distintas iniciativas:

El primer ejemplo es una experiencia de gamificación conocida como *La antigua Grecia: El viaje a Empúrias*, galardonada con el tercer premio en el *Mobile Learning Awards 2018* dentro del marco del *Mobile World Congress*. Los alumnos de cuarto, quinto y sexto de primaria de la Escuela La Vila de Palamós inician la experiencia siendo esclavos y se les desafía a llegar a ser un super atleta después de acumular puntos con cada reto que se les plantea. Esta experiencia, que incorporó elementos gamificadores como avatares, insignias y otras *apps* como *Kaboot* entre otras, fue desarrollada por las maestras de primaria Roser Espelt i Mercè Vilà.

Siguiendo con los antecedentes de experiencias de gamificación llevadas al aula encontramos otra participante en el *Mobile Learning Awards 2018*, *Siguiendo los pasos de... Cervantes*. Implementada

por la Escuela Sant Gervasi de Mollet del Vallés, en ella se les encomienda a los alumnos de sexto de primaria la realización de una obra de teatro sobre la edad moderna. Los estudiantes que empiezan como grumetes, tendrán que superar misiones hasta poder llegar a capitán. A través de todo el periplo, podrán conseguir puntos de experiencia e insignias. La experiencia incluye otros elementos como la creación de un cuaderno de bitácora en forma de blog y una actividad de *geocaching* que les servirá para, finalmente encontrar el tesoro enterrado.

Los ejemplos de gamificación en la etapa universitaria y que siguen la línea de la gamificación clásica, son más comunes. A continuación, se exponen algunos de los más relevantes:

La primera experiencia interesante es la llevada a cabo por el profesor asistente de Universidad de Indiana en Bloomington y autor de *The Multiplayer Classroom: Designing Coursework as a Game*, Sheldon (2012), que gamificó su asignatura en el 2010. Este autor mantiene que fue todo un éxito, y sostiene que la media de la nota aumentó una letra entera en comparación a los resultados del año anterior. Cabe recordar que el sistema de evaluación anglosajón es distinto al español y va por letras, siendo la máxima calificación una “A” y la mínima una “F” (Sheldon, 2012).

Otra experiencia digna de mención es la llevada a cabo por Clifford Lampe, profesor asistente de la Escuela de la Información en la Universidad de Michigan, que gamificó una de sus clases, *UMSI 110- Introducción a los estudios de información*, con 200 alumnos. El profesor implementó el concepto de las tareas con nivel gradual, y competición, concluyendo que la gamificación ayudó a que los estudiantes retuviesen mejor la información asociada a la materia impartida (Lampe, 2012).

Otra experiencia de gamificación del aula es la llevada a cabo por el Dr. Carman Neustaedter, profesor asistente de la Escuela de Arte y Tecnología interactiva en la Universidad Simon Fraser. En la asignatura que imparte, *LAT 431- Speculative Design*, utiliza principios de gamificación con 70 alumnos.

El doctor Carman utilizó un elemento que según él aumenta la motivación del alumnado a través de la competición sana (Stott y Neustaedter, 2013). Cada clase tenía una clasificación por puntos que, en función de los méritos del alumno, otorgan al estudiante un determinado rango. Por ejemplo “Artista becario” o “Gran maestro el diseño especulativo” (Stott y Neustaedter, 2013).

Según el profesor Carman, esta tabla de clasificación aumenta la motivación del alumnado porque los méritos dependen no sólo de lo que ya se haya conseguido, sino también de lo que todavía pueden lograr si se esfuerzan todavía más. Como ejemplo proporciona el típico caso del estudiante que obtiene un Notable y que, por sentirse relativamente satisfecho con su nota, deja de esforzarse para poder mejorarla. Según este autor, al introducir la clasificación por puntos, el estudiante siempre puede encontrar la motivación de querer superar al que va inmediatamente delante de él, ya que sólo está a 50 XP (puntos) de él, y puede estar más motivado para hacer un esfuerzo extra en la siguiente tarea.

Carman argumenta que el sistema de clasificación de notas (Excelente, Notable, Bien, o A, B, C...) implica cierta sensación de final, mientras que el uso de puntos y un tablero de clasificación por rangos según los méritos, implica mostrarle al alumno que todavía tiene margen para ir subiendo en la mesa (Stott y Neustaedter, 2013).

Otra característica importante es que muestra su estatus en comparación a los otros miembros de la clase, de forma que, según el autor, pone en marcha la chispa de la competición sana (Stott y Neustaedter, 2013).

En cuanto a la importancia de la narrativa del juego, el Dr. Carman Neustaedter también da mucha importancia al protagonismo del estudiante. Según el autor, el hecho de que los estudiantes, a medida que van adquiriendo méritos, vayan aumentando de rango (un total de 18 hasta llegar a “Gran Maestro del Diseño Especulativo”), hace que los alumnos tengan la sensación de que todas las habilidades y los conceptos que han aprendido a lo largo de los cursos les servirán de una manera práctica en un futuro próximo (Stott y Neustaedter, 2013).

Otra experiencia en gamificación que merece la pena citar es la llevada a cabo por la Universidad de Extremadura dentro del marco del Grado de Educación Infantil en la asignatura de TIC Aplicadas a la Educación. En esta asignatura se implementaron dinámicas de gamificación a través de elementos *PBL* [59] -*Points* (puntos), *Badges* (insignias) y *Leaderboards* (clasificaciones), (Zichermann y Cunningham, 2011; Marczewski, 2013 y Werbach y Hunter, 2014), con el objetivo de analizar el impacto motivacional y de rendimiento en alumnos y alumnas afines a la temática en conjunto con las estrategias motivacionales que esos elementos inspiran (Revuelta *et al.*, 2017).

Los elementos incluidos fueron puntos adicionales a las pruebas de evaluación, las recompensas o *Badges*, es decir, una serie de logros o medallas otorgadas a alumnos/as por realizar determinadas actividades, por la excelencia, por ser cooperativos, por ser colaborativos, etc.; y todo ello recogido en tablas de puntuaciones acumulativas entre los alumnos (Revuelta *et al.*, 2017).

En cuanto a los resultados de esta experimentación, Revuelta *et al.* (2017) mantienen que la motivación fue muy superior en el grupo con la asignatura gamificada, con altas puntuaciones en los cuestionarios de motivación para esta asignatura que desde el punto de vista cuantitativo ofrecía diferencias significativas con pruebas paramétricas (t de student), no ofreciendo diferencias ni en el género ni en la procedencia de estudios de los alumnos (bachillerato, formación profesional), lo que garantiza en alto grado que los efectos del proceso de gamificación proceden del propio proceso.

Respecto al impacto sobre el rendimiento, el estudio cuantitativo a través de un contraste de hipótesis paramétrico (t de student) demostró “diferencias significativas para todas las pruebas tanto en el *test* final de la asignatura como en cada una de las pruebas de la evaluación continua y de la participación en el desarrollo de la asignatura”, demostrando claramente que la aplicación de estos elementos de gamificación tienen también un claro impacto sobre el rendimiento de los alumnos, al igual que pasa con la motivación (Revuelta *et al.*, 2017).

Una última experiencia en gamificación que merece la pena citar es la llevada a cabo en el 2012 en dos cursos de Diseño de videojuegos y lógica y animación en la Bond University de Australia (de Byl, 2012).

Las mecánicas de gamificación aplicadas consistieron en varias iniciativas. En primer lugar, el cambio de nombre de las calificaciones para todas las evaluaciones que pasaron a llamarse "puntos de experiencia". En segundo lugar, se introdujo una tabla de clasificación, que se integró con una herramienta de gestión de recursos en línea (*Blackboard*). Finalmente se hizo uso de *JeopardyLabs*. Este *software* online está basado en el famoso juego televisivo norteamericano, *Jeopardy*. Esta plataforma permite crear las plantillas *Jeopardy*, como la que se ve en la figura 1.1. Detrás de cada casilla hay una pregunta formulada por el profesor. Si el alumno responde correctamente, obtiene los puntos en juego.



Figura 1.1. Plataforma online de gamificación basada en el famoso juego televisivo americano *Jeopardy*.

Según de Byl (2012), los estudiantes aseguraron que la gamificación los alentó a implicarse más con los cursos. Afirmaban que se sentían más implicados con el análisis de los comentarios de las actividades para mejorar y conseguir más puntos de experiencia. Otra faceta positiva de la gamificación es que para de Byl (2012), el hecho de que los estudiantes pudieran monitorear constantemente su calificación a medida que avanzaba el curso también se consideró muy importante.

A continuación, se muestra la tabla 1.1. con un resumen de dieciséis experiencias de gamificación en la cual en la mayoría de ellos el nivel de motivación aumentó significativamente después de aplicarla. Esta tabla está extraída del artículo de Alsawaier (2018).

Tabla 1.1. Algunos antecedentes de gamificación de contenidos.

Referencia	Tipo de gamificación utilizada	Resultados	Contenido gamificado	Tamaño muestral	Edad
Barata <i>et al.</i> (2013)	Insignias, puntos, desafíos, tablas de clasificación, niveles	Positivo	Curso de ingeniería informática	77	18-21
Berkling y Thomas (2013)	Tablas de clasificación, niveles y puntos	Negativo	Curso de programación informática	90	20-21

Tabla 1.1. Algunos antecedentes de gamificación de contenidos (Continuación).

Referencia	Tipo de gamificación utilizada	Resultados	Contenido gamificado	Tamaño muestral	Edad
Betts, <i>et al.</i> (2013)	Niveles, elementos a elección propia	Positivo	Herramienta de aprendizaje colaborativo disponible <i>on-line</i> . <i>Curator</i>	33	No disponible
Brewer <i>et al.</i> (2013)	Puntos y recompensas	Positivo	Experimento de laboratorio con niños	14	5-7
de Freitas y de Freitas (2013)	Recompensas, puntos y niveles	Positivo	Clase de programación informática	17	20-23
Gibson <i>et al.</i> (2013)	Insignias	Positivo	Uso general de insignias como herramienta motivacional	No disponible	No disponible
Hanus y Fox (2015)	Tableros de clasificación y insignias	Positivo	Dos cursos de <i>college</i>	80	18-24
Kumar y Khurana (2012)	Insignias, puntos y niveles	Positivo	Lenguaje de programación	207	25-30
O'Byrne <i>et al.</i> (2015)	Insignias	Programa juvenil llamado <i>MOUSE</i>	Estudios de alfabetización	1	12
Leaning (2015)	Tablas de clasificación y puntos. Juegos no digitales (tradicionales)	Efecto mezclado entre positivo y negativo	Estudios medios	125	18-23
Todor y Pitică (2013)	Recompensas, puntos e insignias	Positivo	Plataforma de E-learning para un curso de electrónica	No disponible	No disponible
Thom <i>et al.</i> (2012)	Insignias, puntos y estatus	Negativo (la eliminación de elementos de juego resultó en un significativo declive en la participación)	Servicio de Red Social	3486	18+

Es evidente que, en la mayoría de estudios, el nivel de motivación de los estudiantes se incrementó significativamente después de introducir elementos de gamificación en el aula.

A continuación, seguiremos con más antecedentes, esta vez con experiencias en las que se han utilizado TAC.

1.1.4.2 *Iniciativas de gamificación del aula a través de las TIC.*

La segunda manera de aplicar la gamificación para el aprendizaje de contenidos es a través de la tecnología, ya sean utilizando *apps* educativas gamificadas, plataformas *on-line* tipo Moodle, videojuegos o videojuegos educativos (*Serious Games*).

A continuación, haremos un repaso de los antecedentes sobre investigaciones del impacto que estas cuatro tecnologías distintas pueden tener sobre el aprendizaje.

Una experiencia piloto sobre el uso de plataformas *on-line* educativas en el aula que merece la pena citar es la llevada a cabo por (Bernik *et al.*, 2019). Estos autores investigaron el efecto de la gamificación sobre el aprendizaje en un módulo de dos semanas, *Lighting and Rendering*, que forma parte del curso *on-line* sobre llamado *3D Modeling*. Se diseñaron dos versiones pedagógicamente diferentes del mismo módulo *on-line*, una primera versión no gamificada que ofrecía los contenidos a través del Sistema de Gestión del Aprendizaje (*LMS*) con sus características básicas, ofreciendo contenidos de aprendizaje y foros de discusión. La segunda versión que se ofreció del curso fue gamificada, con características del tipo tabla de clasificación de los mejores estudiantes, insignias (*badges*) y certificados de logros conseguidos, entre otros.

De los cuatro grupos que realizaban la asignatura del curso de *e-learning*, dos de ellos accedieron al módulo gamificación, ejerciendo como grupos experimentales, mientras que los otros dos grupos restantes ejercieron de grupo control.

Pese a que la corta duración y la selección de los sujetos que participaron en dicho experimento previenen a los autores de generalizar los resultados, los obtenidos en la prueba piloto parecen indicar que la gamificación de los cursos *on-line* relacionada con el modelaje 3D puede incrementar la motivación de los alumnos, resultando en mayores rendimientos académicos (Bernik *et al.*, 2019).

Estos mismos autores, en su artículo *Introducing Gamification into e-Learning University Courses* publicado en el 2017, vuelven, a través de otro experimento, a confirmar que aplicar elementos de juegos en dichos cursos *on-line*, es decir, gamificar los cursos, puede tener un efecto positivo en la frecuencia de uso de los materiales didácticos por parte de los alumnos, comparado con cursos con el mismo contenido educativo, pero sin presencia de elementos de videojuegos. En otras palabras, objetivamente hablando pueden incrementar la participación del alumnado en los cursos (Bernik *et al.*, 2019).

Si hablamos del uso de videojuegos en el aula, otra de las importantes iniciativas que desde hace años se han llevado a cabo en el terreno de los videojuegos orientados a la educación es la realizada desde el 1992 por el Grupo F9. Este grupo de investigación está formado por 8 miembros, todos profesionales de la docencia en activo en primaria y secundaria, y asesorado por Begoña Gros Salvat, profesora de la Facultad de Educación de la Universidad de Barcelona y autora de numerosos libros y artículos de investigación entre los que destacan títulos como “El ordenador invisible: hacia la apropiación del ordenador en la enseñanza” (2000), “Videojuegos y aprendizaje” (2007), “Evolución y retos de la educación virtual: construyendo el e-learning del siglo XXI” (2011) y “Pedagogía red: Una educación para tiempos de internet” (2016) .

Son muchas las experiencias que a lo largo de los años han llevado a término el Grupo F9, y muchos los artículos publicados avalando la utilidad de los videojuegos para trabajar numerosos aspectos curriculares a nivel de contenidos, procedimientos y valores (Gros, 2000).

El Grupo F9 mantiene que su dilatada experiencia los ha llevado a incorporar la utilización de los juegos de ordenador como un elemento más que se puede aprovechar pedagógicamente en la escuela. Este grupo de investigadores mantiene que se han dado cuenta de las múltiples posibilidades educativas que ofrecen los juegos y videojuegos, empezando por la motivación que proporcionan, hasta la utilidad para desarrollar procedimientos como la adquisición de habilidades viso-motrices, la toma de decisiones o la resolución de problemas.

Para Gros (2011), “los videojuegos proporcionan un entorno de aprendizaje rico y complejo, pero hay que innovar en las metodologías educativas para poderlos integrar de una forma coherente y adecuada”.

En la página web del grupo F9, *Videojocs a l'aula*² se recogen muchas de las experiencias que este grupo de profesionales de la docencia ha ido realizando desde el 1993 en relación al aprovechamiento didáctico de los juegos de ordenador en el aula de educación primaria y de la ESO. En su apartado *Anàlisis de videjocs* ofrecen 59 propuestas didácticas basadas en videojuegos conocidos para que los distintos centros educativos puedan introducirlos como material educativo. Es importante remarcar que estos no son videojuegos educativos, puesto que no están especializados en una materia concreta. Se trata de juegos de ordenador de los que se aprovechan algunas características para aprender contenidos educativos. A continuación, se exponen dos ejemplos de dichas propuestas didácticas:

El grupo F9 propone una actividad basada en el videojuego *PCFÚTBOL* que titula: “*PC Fútbol: para Matemáticas en ESO*”. Esta propuesta pretende contribuir a desarrollar la organización del espacio, el tratamiento de la información como la búsqueda, obtención, selección y asimilación de datos, el manejo de estadísticas, etc, partiendo de un videojuego. (Grupo F9, 2000).

Otra interesante propuesta didáctica es la que se propone a partir del videojuego *Los Lemmings*, en el que el grupo F9 pretende, a través de la interpretación y resolución de laberintos, trabajar habilidades como el desarrollo de la lateralidad, la planificación de estrategias, la organización de recursos, la capacidad analítica, el desarrollo intuitivo, la pericia, el uso de la memoria visual y retentiva y el trabajo de equipo como clave del éxito. (Grupo F9, 2000).

Cada una de las 59 propuestas se encuentra publicada en la *Revista Comunicació y Pedagogía* desde el año 1999 hasta el 2007.

1.1.4.3 *Antecedentes del uso de Apps educativas en el aula*

Si hablamos de este tipo de herramientas, son muchas las que se pueden encontrar disponibles en las diferentes “*app stores*”, estando una gran cantidad de ellas dedicadas a la materia de química.

² <http://www.xtec.cat/~abernat/catala/presentacio.htm>

En el apartado 1.1.4.5 de esta tesis se realizará un repaso exhaustivo de las *apps* y los videojuegos educativos más importantes que se han encontrado en la búsqueda bibliográfica de esta investigación. No obstante, es importante remarcar que este tipo de herramientas educativas, más que como fuente de aprendizaje regular en el aula, están destinadas a un uso individual como instrumento de repaso de conceptos previamente estudiados. Es decir, lo normal es que el alumno descargue en su dispositivo móvil una *app* o un videojuego, o que acceda a alguna página web gamificada y la utilice para aprender o repasar conceptos. Puesto que su uso suele hacerse fuera del aula, y es individual, ya de entrada, resulta muy complicado analizar el impacto real que estas *apps* pueden tener en el aprendizaje. De hecho, si miramos los antecedentes de estudios previos sobre el impacto que este tipo de aplicaciones tienen sobre la motivación y el aprendizaje, son muy pocos los que se han encontrado.

Por toda la complejidad que comporta montar un experimento de esta índole, se encuentran muy pocas experiencias en las que este tipo de tecnologías educativas gamificadas han sido sometidas a estudio profundo sobre el impacto que pueden tener en el aprendizaje. El estudio de investigación realizado para esta tesis doctoral es uno de ellos.

A continuación, se citan los antecedentes más relevantes de este tipo de iniciativas que se han encontrado.

Una iniciativa de éxito, es la del videojuego *Just press play (JPP)*. Este es un juego real desarrollado por el *Rochester Institute of Technology (RIT)*. En el 2011 fue ofrecido a 750 estudiantes de la Escuela de Medios y Juegos Interactivos del RIT. El objetivo de este juego es aumentar la implicación del estudiante en la vida universitaria en áreas de éxito académico y social.

A través de este juego los estudiantes pueden sacar beneficios en la vida real. El mismo juego es un aparador donde potenciales “empleadores” pueden acceder a evidencias de las aptitudes para el aprendizaje de cada estudiante, así como a sus logros (Brinkman, 2011).

Al mismo tiempo, los estudiantes pueden acceder a su progreso y compararlo con los éxitos de la comunidad de jugadores.

El *JPP* no tiene ninguna relación con las notas y el estudiante tiene acceso al juego a lo largo de toda su carrera y sin ningún tipo de restricción.

Aunque no se trate de un juego para aprender contenidos en sí, el uso de ciertas dinámicas de gamificación lo hace interesante y digno de estudio. El impacto que este videojuego está teniendo en la manera en que los estudiantes de la escuela se involucran en la vida académica y social arroja a la luz múltiples beneficios sobre el uso de este tipo de videojuegos en todo el ámbito educativo. (Brinkman, 2011).

Otra experiencia es la llevada a cabo por Goehle (2013), quien analiza el impacto que un programa de entrega de tareas en línea utilizado principalmente para matemáticas y ciencias llamado *WeBWork* tiene sobre la motivación del alumnado. Este *software* desarrollado por la Universidad de Rochester permite a los estudiantes completar su tarea en la web y recibir comentarios instantáneos sobre la exactitud de sus respuestas.

El experimento, que implicó a 60 alumnos, utilizó las dinámicas de gamificación de niveles y logros, y su resultado demuestra cómo mecánicas de videojuegos pueden ser utilizadas para ayudar a mejorar la motivación e implicación de los alumnos con los deberes de matemáticas (Goehle, 2013).

Otra exitosa iniciativa digna de mención (Eleftheria *et al.*, 2013) usa la gamificación de contenidos, pero esta vez lo hace a través de una plataforma virtual de realidad aumentada. Para promover el aprendizaje, esta propuesta de investigación se centra en la Realidad Aumentada (*AR*) y en la Gamificación para la creación de un libro educativo de *AR*. La asignatura de aprendizaje sugerida es Ciencia dirigida a niños de entre 10 y 12 años.

En el proyecto, los usuarios interactúan con un laboratorio virtual y pueden realizar experimentos y completar desafíos a través del juego para ampliar y probar sus conocimientos. Se utilizan técnicas de *AR* y gamificación con el objetivo de proporcionar una comprensión más completa de la materia, al mismo tiempo que se involucra a los alumnos y se incrementa la diversión durante el proceso de aprendizaje. Se utilizan elementos de gamificación como los puntos, las insignias, los retos y desafíos y los bienes virtuales.

Las conclusiones de dicha experiencia fueron muy positivas. Para los autores de esta investigación se demuestra que el aprendizaje a lo largo de la vida y la educación cultural se pueden apoyar mediante el uso de avances tecnológicos y técnicas que hasta ahora se usaban ampliamente en juegos y aplicaciones inmersivas (Eleftheria *et al.*, 2013).

Otro antecedente que merece especial atención es la experiencia realizada por Kingsley y Grabner-Hagen (2015), con 47 alumnos de 12 años que utilizaron la plataforma online *3D GameLab*. Esta es una plataforma de aprendizaje basada en misiones donde los maestros y los estudiantes juegan, diseñan y comparten misiones e insignias para crear un aprendizaje personalizado. Al ganar puntos de experiencia, recompensas y logros, los jugadores "suben de nivel" a través del plan de estudios, eligiendo misiones que quieren jugar, con la capacidad de alinearse con los Estándares Básicos Comunes. Los maestros literalmente convierten la clase en un juego³. Los autores mantienen que algunos elementos de gamificación como el feedback y la colaboración tienen un efecto positivo en la motivación, aumentan el nivel de implicación de los estudiantes y mejoran su rendimiento (Kingsley y Grabner-Hagen, 2015).

La siguiente experiencia en el ámbito de las plataformas on-line gamificadas a nivel universitario que merece atención, es la llevada a cabo en el 2013 por los investigadores Siobhan O'Donovan, James Gain y Patrick Marais todos del Departamento de *Computer Science* de la Universidad de Ciudad del Cabo (Sudáfrica). Estos autores gamificaron un curso universitario de desarrollo de videojuegos (*Computer Games Development*) a través del portal online del campus universitario llamado *Vula*, con la finalidad de mejorar la asistencia a las clases, mejorar la comprensión de los contenidos y las capacidades de resolución de problemas y mejorar el nivel de implicación general por el curso.

En el experimento participaron 90 estudiantes y sus resultados arrojan a la luz unos resultados muy positivos en cuanto al efecto de la gamificación se refiere. Según dicho estudio la gamificación mejora la motivación del estudiante y su comprensión de la materia. Como contrapartida, los autores reconocen que su implementación requiere un elevado coste, tanto

³ <http://3dgameLab.com/>

monetario como de tiempo, y cualquier pequeño cambio se traduce en una inversión de dinero y tiempo considerable si se pretende implementarla con éxito (O'Donovan *et al.*, 2013).

La siguiente iniciativa en la que se implementa la gamificación en el aula también merece ser mencionada por su notoriedad, amplio recorrido y por poner en práctica durante años la gamificación en todas sus facetas y especialmente las tecnologías gamificadas al servicio de la educación. Se trata de *Quest to Learn*⁴: es una escuela con sede en Nueva York que ha adoptado la gamificación y las estrategias del aprendizaje basado en juegos a lo largo de todo su plan de estudios, desde sexto hasta doceavo grado (*Quest to Learn*, 2008).

Este proyecto que empezó en el 2008 y fue financiado por las fundaciones de MacArthur y Bill y Melinda Gates, surgió como resultado de la colaboración entre diseñadores de juegos del *Institute of Play* (2007) y un grupo de educadores preocupados por la situación de desmotivación general por el aprendizaje. McGonigal (2011) elogió el proceso de aprendizaje en esta escuela única y pionera. Para esta autora “los estudiantes aprenden de una forma diferente: participan en actividades divertidas desde el primer momento del día hasta que terminan sus tareas al final por la noche”.

Para Katie Salen-Tekinbas, co-fundadora de *Quest to Learn*, esta iniciativa fue una respuesta a lo que ellos veían, que los jóvenes se estaban sintiendo cada vez más desmotivados respecto a la escuela (*Quest to Learn*, 2008).

El diseño del plan de estudios es el resultado de la coordinación entre profesores y los diseñadores de juegos y está basado en las necesidades de los estudiantes. Las tareas escolares, muy lejos de impartirse de manera tradicional, están diseñadas para involucrar a los estudiantes a través de diferentes desafíos, haciéndoles participar en misiones que empiezan al comienzo de un día escolar (O'keefe, 2012). Los creadores de *Quest to Learn* comentaron sobre su misión:

"Cada trimestre los estudiantes se enfrentan a una serie de desafíos narrativos cada vez más complejos, en forma de juegos o misiones, donde el aprendizaje, el intercambio de conocimientos, la retroalimentación, y la reflexión surgen como pasos en una función natural del juego" (*Quest to Learn*, 2008).

⁴ Q2L: <https://www.q2l.org/>

Los fundadores de *Quest to Learn* describen la experiencia de aprendizaje en su escuela como "inmersiva" y "basada en la narrativa" (*Quest to Learn*, 2008).

Tras once años de experiencia, esta iniciativa ha resultado exitosa hasta el punto de que en los exámenes estatales ELA (*New York state testing programme*) del 2015, el 54% de sus estudiantes puntuaron *proficient* (excelentes), muy por encima de la media de los estudiantes de la ciudad de Nueva York, que se situaron en el 30.4%.

1.1.4.4 *Experiencias de gamificación en química a través del uso de las TIC*

Cuando hablamos de experiencias de gamificación en el campo de la química, debemos hablar de la iniciativa llevada a cabo por unos autores del departamento de Agrobiotecnología de la Universidad de Liège, Bélgica (Le Maire *et al.*, 2018). En su artículo publicado del 8 de febrero del 2018, *Clash of Chemists: A Gamified Blog To Master the Concept of Limiting Reagent Stoichiometry* relatan la experiencia que supuso el uso de un blog enriquecido con mecánicas de juego como torneos, tablas de clasificación y recompensas, conocido como *Clash of Chemists*, para aprender los conceptos de estequiometría en reacciones con reactivo limitante.

La experiencia se aplicó en estudiantes de primer curso de universidad y las conclusiones se basan en la actividad de uso y la percepción de los estudiantes después del uso del blog. Para Le Maire *et al.* (2018), la acogida de este mini-juego fue positiva. Y mantienen que hubo una diferencia significativa digna de subrayar entre los que jugaron y los que no en cuanto a los resultados del examen final de curso.

Tras esta búsqueda bibliográfica se hace evidente que, de forma general, existe un efecto positivo ejercido por la gamificación sobre el aprendizaje. Investigadores que han llevado a cabo estudios empíricos coinciden en el efecto positivo que ésta tiene sobre la implicación, la motivación y el rendimiento general del alumno (Kingsley y Grabner-Hagen, 2015; Leaning, 2015; Papastergiou, 2009; Seaborn y Fels, 2015; Koivisto y Hamari, 2014). Otros autores hablan de un efecto positivo en cuanto a que los estudiantes muestran una mayor predisposición por los cursos en los que se han introducido mecánicas de los juegos (Attali y Arieli, 2015).

No obstante, aunque como se ha visto, existen muchas experiencias y estudios sobre el impacto que la gamificación ejerce sobre la motivación y el rendimiento académico de los alumnos, la gran mayoría de éstas son experiencias en los que se han aplicado dinámicas de los juegos a la manera de acceder a los contenidos. Pero una cosa es aplicar dinámicas y mecánicas de gamificación para dinamizar el acceso a los contenidos y otra bien distinta es utilizar aplicaciones educativas o videojuegos como herramienta educativa.

Como se ha visto, a este respecto en la búsqueda bibliográfica se han encontrado muy pocos casos en los que el experimento se haya centrado en ensayar el impacto de una *app* educativa o un videojuego educativo. A continuación, se citan algunos de ellos.

1.1.4.5 *Apps educativas y videojuegos educativos del mercado*

Si hablamos de *apps* educativas gamificadas, las tiendas *on-line* están llenas de éstas. Son *apps* generalmente diseñadas para aprender conceptos concretos, por ejemplo, aprender elementos de la tabla periódica (*Chemistry Allie*) o el nombre de los aminoácidos más importantes (*Amino Acid Match Game*). No pasa lo mismo con los videojuegos educativos, donde todavía queda mucho por recorrer en este sentido (Alsawaier, 2018).

Aunque no son muy abundantes, se han encontrado algunos antecedentes del impacto del uso de *apps* educativas en educación. A continuación, veremos algunos ejemplos.

El primero de ellos es el llevado a cabo por Rachels y Rockinson-Szapkiw (2018). Estos autores realizaron un cuasi-experimento con un grupo control para examinar el efecto de una aplicación móvil gamificada en el rendimiento académico de la asignatura de español en estudiantes de tercer y cuarto curso de primaria. Se trata de la conocida *app* Duolingo®, aplicación móvil también disponible en versión web, que utiliza gamificación y tecnología de aprendizaje adaptativo para enseñar idiomas extranjeros.

El estudio fue de 12 semanas de duración, demostró que Duolingo® es una herramienta útil para enseñar español a estudiantes de primaria (Rachels y Rockinson-Szapkiw, 2018).

La siguiente iniciativa en la que se ha ensayado una *app* educativa es la llevada a cabo por Natalia Sánchez Miret en su trabajo fin de Master y dirigida por la doctora Elena Verdú Pérez en la Universidad de la Rioja (UNIR), (Sánchez y Verdú, 2018).

En esta experiencia se utilizan las *apps Class Dojo* y *Kaboot* para gamificar contenidos referentes a la salud dental para los alumnos de 1º ESO.

La experiencia se llevó a cabo en un centro educativo de secundaria. La investigación comparó la gamificación educativa versus un grupo control que siguió metodologías más tradicionales. Los resultados muestran una mayor motivación y un mayor interés sobre la salud oral, así como una mayor adhesión a hábitos orales saludables en el grupo que ha realizado una gamificación educativa con la ayuda de algunas aplicaciones móviles (Sánchez y Verdú, 2018).

Cuando hablamos de videojuegos educativos, existen algunas iniciativas que desde hace unos años se han ido llevando a cabo en el diseño de juegos orientados a la educación, pero también de forma muy atomizada. Este es el caso de las empresas estadounidenses *Triseum*, que ya llevan tres videojuegos para aprender conceptos de cálculo matemático a nivel universitario o ciencias, y la empresa *Inmersed Education*, que ha desarrollado un videojuego para aprender ciencias orientado a estudios de primaria. No obstante, no se ha encontrado bibliografía relacionada con el estudio de su impacto sobre los aprendizajes.

Si nos centramos en la materia de química, después de una búsqueda bibliográfica y de *software* realizada, se puede determinar que los videojuegos con fines educativos en esta área son escasos. Sin embargo, hay dos ejemplos que merecen ser mencionados:

El primero es el videojuego *Carburatom*, un juego para evaluar competencias en química de hidrocarburos que está desarrollado por Wilson Yopasá Camacho y es accesible *on-line*. En el apartado de marco teórico se entrará más a fondo en sus características (Yopasá, 2018).

Según Yopasá (2018), este videojuego está creado para ser utilizado en el aula de química con el propósito de evaluar el desempeño de los estudiantes en la temática de hidrocarburos. *Carburatom*⁵ permite reemplazar una prueba estándar de química, e identifica de manera

⁵ Recurso disponible en: <http://Carburatom.260mb.net/?i=1>.

encubierta el grado de evolución que el estudiante tiene dentro del proceso de aprendizaje en la asignatura de química en la temática de hidrocarburos.

Las pruebas de *Carburatom* se realizaron en la Institución Educativa Distrital Ricaurte de la ciudad de Bogotá Colombia, con 65 estudiantes de grado 11° (16-19 años) y 2 docentes de la asignatura de química.

Según el autor, la información cuantitativa permite determinar la validez de *Carburatom* como herramienta evaluativa en la temática de hidrocarburos, aunque tras la realización de la prueba estadística de Mann-Whitney y la prueba estadística de rangos de Wilcoxon se confirma que no hay diferencias significativas entre los resultados de los grupos experimental y control en la prueba estándar de química (Yopasá, 2018).

Otro ejemplo que merece ser citado es el del videojuego *Alchemist*, creado por los autores Amany Annaggar y Rüdiger Tiemann, ambos profesores de *Chemistry Education* de la Humboldt-Universidad de Berlín, en colaboración con otras entidades como *Blender Software Foundation* (Annaggar y Tiemann, 2019).

Este videojuego, basado en una historia fantástica que proviene del libro *El Alquimista* de Paulo Coelho (1993), es de muy reciente creación (agosto de 2019) y está centrado en el currículo de química alemán, habiéndose desarrollado con la intención de mejorar la competencia de alumnos de noveno grado en la resolución de problemas de química. Los contenidos tratados son ácidos, bases e indicadores. Se trata de un videojuego de tipo evaluativo diseñado para evaluar tareas de los alumnos, lanzar preguntas o ejercicios y realizar simples experimentos en un laboratorio virtual.

Se trata de un videojuego 3D (en tres dimensiones), lo que significa que está desarrollado con herramientas sofisticadas de creación de videojuegos y programado con el lenguaje C#.

Es importante citar esta iniciativa porque de alguna manera es un ejemplo, posterior y paralelo en el tiempo, de lo que sucedió en el 2015 con la creación de *Top Chemist*. Previamente al diseño de *Top Chemist*, también se realizaron una serie de encuestas para conocer la opinión de los alumnos antes de diseñarlo. En el caso de *Alchemist* fueron encuestados 19 alumnos y 7 profesores, a diferencia de las encuestas para *Top Chemist*, que fueron significativamente superiores, con 157 alumnos encuestados.

Ambas coinciden con que se trata de un videojuego moderno programado con el mismo lenguaje y en 3D. Pero al igual que ocurre con otros videojuegos, existe dos grandes diferencias con *Top Chemist*.

La primera es que *Top Chemist*, aparte de videojuegos, también provee de contenidos teóricos y de pruebas de evaluación, por eso la etiqueta de videojuego no acabaría de definirlo, razón por la cual se le denominó Libro Digital Gamificado o LDG.

La segunda gran diferencia respecto a esta iniciativa es que el videojuego *Alchemist* todavía no ha sido experimentado y se prevé que será validado en un futuro cercano (Annaggar y Tiemann, 2019), mientras que *Top Chemist* sí, siendo objeto de esta tesis doctoral.

En base a la literatura revisada sobre videojuegos con fines educativos, se ha encontrado que hay referentes importantes pese a tratarse de una temática relativamente nueva. Para Yopasá (2018), se evidencia bastante interés por parte de la comunidad académica en seguir ahondando en el estudio de este tema. Sin embargo, en materia de desarrollo de juegos digitales educativos, este campo se mantiene bastante inexplorado, lo que promete una gran oportunidad para proponer y crear videojuegos con fines pedagógicos y evaluativos.

Es evidente pues que el tándem videojuego-aprendizaje se encuentra claramente en vías de desarrollo e implantación. A pesar de todos estos antecedentes, muchos autores coinciden en que queda todavía mucha investigación científica que hacer en este terreno (Nah *et al.*, 2014). A este respecto, Alsawaier (2018) mantiene que hasta el momento hay poca investigación realizada sobre el efecto de la gamificación en la motivación y la manera que ésta tiene de involucrar a los alumnos en la materia. Para este autor, la literatura de investigación relacionada con la gamificación es limitada en múltiples niveles y es necesario explorar el efecto a largo plazo que ésta tiene promoviendo y mantenimiento la motivación y la manera de involucrar a los alumnos. Existe una necesidad de investigar los componentes más efectivos de los elementos del juego para crear las condiciones necesarias para el nacimiento de la motivación intrínseca (Alsawaier, 2018).

Queda puesto en evidencia que, respecto a los antecedentes de esta investigación, son muy pocos los estudios científicos encontrados sobre el impacto de videojuegos en el aprendizaje.

Como se ha mencionado anteriormente, como tampoco se ha encontrado en el mercado ningún *software* análogo que se asemeje al desarrollado en esta tesis, y por tratarse de la herramienta de aprendizaje gamificada más compleja existente, no se han encontrado antecedentes a esta tesis doctoral entre la bibliografía, ni ningún estudio de esta índole.

En contribución a este todavía difuminado paisaje de la innovación e investigación educativa, el LGD *Top Chemist* plantea una alternativa real a la manera tradicional de enseñanza-aprendizaje de la materia de química. Se trata de una experimentación longitudinal de cuatro años de duración realizada con 561 participantes. Ésta es una cifra significativamente superior a casi todas las iniciativas vistas en cualquier antecedente, que pretende aportar su grano de arena al conocimiento en el área de la gamificación en educación, profundizando más en el conocimiento del impacto que los juegos y otros factores pueden tener en la motivación y el aprendizaje de la materia de química en la ESO.

1.1.5 Justificación de la investigación

Son tres las razones que motivaron la realización del presente estudio de investigación, y las tres nacen de la misma preocupación intrínseca a la tarea docente: la necesidad que tenemos los docentes de ayudar a nuestros alumnos en su proceso de aprendizaje. Tras una investigación bibliográfica realizada, se confirmó que la problemática que el autor había detectado a lo largo de años como docente de ámbito científico-tecnológico, no era un caso aislado, sino que ya había sido expuesta por muchos autores anteriormente. Este hecho, junto con la decepción producida por los libros digitales, fue el desencadenante para intentar crear una herramienta innovadora que aprovechara todo el potencial que las TIC's podían traer a la educación, así como otras dinámicas educativas y la gamificación (que eran muchos los autores que mantenían que funcionaba a la hora de motivar a los alumnos). Es así como surgió *Top Chemist*.

Dicho esto, esta tesis doctoral gira alrededor de tres ejes o necesidades: la necesidad de la innovación educativa en el aula, la necesidad de experimentar y analizar la efectividad de nuevas herramientas de aprendizaje y una última necesidad personal, que en muchas ocasiones

acompaña a la tarea docente, la necesidad de satisfacer la curiosidad, sin duda el motor de cualquier aprendizaje significativo.

A lo largo de mi trayectoria docente, en las aulas me he encontrado una creciente desafección por las materias científicas, esto me empujó a innovar, y me lanzó a crear el primer libro digital gamificado (LDG) dedicado a la materia de química de la ESO. El siguiente paso fue experimentar con él, traerlo a las aulas y analizar su efectividad como una herramienta educativa diferente a todas las que se habían usado antes. Guiado por la curiosidad y el afán de aportar nuevos conocimientos al paradigma educativo, todo este proceso me llevó, a seguir investigando cómo, este tipo de herramientas educativas, pueden ayudar a nuestros estudiantes de secundaria en su proceso de enseñanza-aprendizaje.

1.1.6 El problema a investigar

Uno de los mayores problemas al que nos enfrentamos diariamente los docentes de asignaturas científicas es el de la desmotivación generalizada hacia el estudio de las materias científico-tecnológicas. En los países denominados del primer mundo existe, desde hace unos años, una creciente y preocupante desafección por las materias científicas, que empieza a finales de la educación primaria y se manifiesta plenamente en el período de estudios secundarios (Schreiner y Sjöberg, 2004). Los alumnos perciben la materia de química como una materia compleja y difícil (Cambón *et al.*, 2005) y la metodología tradicional no se muestra capaz de revertir esta situación, que se traduce en una caída del interés por parte del alumno y, en consecuencia, de su rendimiento. Para muchos autores esta falta de interés se debe a que los métodos tradicionales han dejado de ser válidos para motivar al alumnado y el mundo educativo necesita adaptarse a los nuevos contextos actuales (Cabero, 2007, Salinas, 2012). La metodología y la manera de ofrecer los contenidos se mantienen anclados al pasado, y no se aprovecha todo lo que las TIC y las TAC pueden ofrecer (Imbernón, 2006; Gerónimo y Rocha, 2007). Son muchos los autores que mantienen que se hace necesario motivar el aprendizaje, mediante actividades apropiadas, interesantes y relevantes para los estudiantes y la sociedad (Aikenhead, 2003; Millar y Osborne, 1998; Vázquez *et al.*, 2005), e incluir nuevos métodos de enseñanza que ayuden a motivar a los

estudiantes y a superar las tradicionales barreras que suponen el aprendizaje de las materias científicas (Acevedo, 1996; Martín-Gordillo, 2003; Manassero *et al.*, 2001; Acevedo *et al.*, 2003).

Este escenario promovió la creación del primer LDG, *Top Chemist*, que tuvo la finalidad de revertir esta situación de desafección y falta de interés hacia el estudio de la química. En definitiva, el problema a investigar ha sido comprobar si esta nueva herramienta de aprendizaje es capaz de revertir esta situación de desinterés, logra conectar de nuevo con el alumnado y funciona didácticamente para facilitar el aprendizaje de esta materia y, en última instancia, mejorar los rendimientos académicos de los estudiantes.

1.1.7 Finalidad de la investigación

La finalidad principal del presente estudio ha sido la de conocer el impacto que el Libro Digital Gamificado *Top Chemist* ha tenido en el rendimiento académico de la materia de química en la ESO, así como comprobar si dicho software les servido para aprender más fácilmente los contenidos de dicha materia. Asimismo, también lo ha sido la de analizar el uso que el alumnado le ha dado al LDG, así como conocer la influencia de diversos factores (tipo de centro, género del alumno, tipo de uso del LDG en el centro, rendimiento académico global del alumnado y uso del LDG por parte del alumno) en el aprendizaje de la asignatura.

2. Objetivos, preguntas de investigación e hipótesis

2.1 Objetivos y preguntas de investigación

Los factores que se pretenden estudiar son la competitividad, el género, el tipo de uso realizado del LDG, tipo de escuela, el curso, los tiempos dedicados a los distintos apartados, teoría, juegos y el tiempo total dedicado al LDG, el tiempo efectivo dedicado al LDG, el aprovechamiento y el uso del LDG y finalmente el rendimiento académico global del alumno. Todos ellos nos han llevado a plantear una serie de objetivos principales de esta investigación. Quince han sido finalmente los objetivos estudiados, que se citan a continuación, acompañados de las preguntas que nos planteamos resolver.

2.1.1 Objetivo 1

Conocer la opinión de los estudiantes, respecto al proceso de enseñanza aprendizaje de la asignatura de Física y Química en la ESO y su disposición a usar nuevas herramientas TIC y TAC.

Las preguntas de investigación que se derivan de este objetivo son:

1. ¿Qué opinan los estudiantes sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias en general y en particular de la asignatura de física y química en la ESO?

2.1.2 Objetivo 2

Conocer el grado de dificultad que suponen para los alumnos los distintos bloques teóricos tratados en el LDG.

Las preguntas de investigación que se derivan de este objetivo son:

1. ¿Existen diferencias en el grado de dificultad de los distintos bloques teóricos que ofrece el LDG?

2. ¿Coinciden el grado de dificultad de los bloques teóricos hallado en la práctica con las opiniones iniciales de los alumnos?
3. ¿Existen diferencias en el grado de dificultad de los bloques teóricos que ofrece el LDG según el curso de la ESO en que se utilice?

2.1.3 Objetivo 3

Conocer el nivel de mejora que los alumnos han experimentado, dentro del LDG, en cada bloque teórico.

Las preguntas de investigación que se derivan de este objetivo son:

1. ¿Existen diferencias entre las puntuaciones obtenidas en cada bloque teórico la primera vez que jugaron y las puntuaciones obtenidas en los *tests* finales?

2.1.4 Objetivo 4

Conocer si existen diferencias en el Rendimiento académico de química por escuelas

La pregunta de investigación que se deriva de este objetivo es:

1. ¿Existen diferencias en el Rendimiento académico de química por escuelas?

2.1.5 Objetivo 5

Conocer cómo influye la competitividad en el aprendizaje.

Las preguntas de investigación que se derivan de este objetivo son:

1. ¿Está la competitividad asociada al rendimiento académico global del alumno?
2. ¿Hay diferencias de competitividad en función del rendimiento académico global de los alumnos?

3. ¿Hay diferencias de género en la opinión sobre la eficacia que tiene la competitividad en el aprendizaje?
4. ¿Está la competitividad asociada al género?
5. ¿Hay diferencias en cuánto se ha aprovechado el LDG según cuál sea la creencia de que la competitividad influye en el aprendizaje?
6. ¿Hay diferencias en cuánto se ha aprovechado el LDG según cual sea la competitividad declarada por el alumnado?
7. ¿Hay diferencias en la creencia de que la competitividad influye en el aprendizaje según el tipo de uso hecho del LDG?
8. ¿Existe asociación entre la creencia de que competir influye en el aprendizaje y el rendimiento académico de Química?
9. ¿Son los alumnos con un mayor rendimiento académico los que más firmemente creen que competir influye en el aprendizaje?
10. ¿Son más competitivos los alumnos académicamente más brillantes?
11. ¿Hay diferencias en la creencia de que competir influye en el aprendizaje según el rendimiento académico de Química para cada tipo de uso del LDG?
12. ¿Hay diferencias en la competitividad del alumnado según el rendimiento académico de Química para cada tipo de uso del LDG?
13. ¿Existen diferencias en la creencia de los alumnos de que la competitividad mejora el aprendizaje entre los alumnos de los centros españoles con respecto a los de los Estados Unidos?
14. ¿Existen diferencias en la competitividad entre los alumnos de los centros españoles y los centros estadounidenses?

2.1.6 Objetivo 6

Conocer de qué manera aprovechan los contenidos que ofrece el LDG el alumnado de distinto rendimiento académico global.

Las preguntas de investigación que se derivan de este objetivo son:

1. ¿Está el rendimiento académico global asociado a un mayor aprovechamiento del LDG?
2. ¿Está asociado el rendimiento académico global con el uso del LDG?
3. ¿Son los alumnos con mayores rendimientos académicos los que hacen mayor uso del LDG?
4. ¿Son los alumnos con mayores rendimientos académicos, los que llegan más lejos en los bloques teóricos del LDG?
5. ¿Son los alumnos con mayores rendimientos académicos los que dedican más tiempo a la teoría que suministra el LDG?
6. ¿Son los alumnos con mayores rendimientos académicos los que dedican más tiempo a los juegos del LDG?
7. ¿Existe alguna asociación entre el rendimiento académico global del alumno y el tiempo efectivo dedicado al LDG?

2.1.7 Objetivo 7

Conocer cómo influye el género en la utilización del LDG y la relación de éste con el rendimiento académico global y el curso académico.

Las preguntas de investigación que se derivan de este objetivo son:

1. ¿Están el género masculino y el femenino distribuidos de forma equiprobable en 3º y 4º de ESO?
2. ¿Existe alguna asociación entre el género del alumno y su rendimiento académico global?
3. ¿Existen diferencias en el tiempo total dedicado al LDG entre chicos y chicas?

4. ¿Existen diferencias en el tiempo total dedicado a la teoría del LDG entre chicos y chicas?
5. ¿Existen diferencias en el tiempo total dedicado a los juegos entre chicos y chicas?
6. ¿Existen diferencias en el uso del LDG entre chicos y chicas?

2.1.8 Objetivo 8

Conocer si existe alguna asociación entre el tipo de escuela (pública, concertada o privada) y el tipo de uso que se ha hecho del LDG.

Las preguntas de investigación que se derivan de este objetivo son:

1. ¿Existe alguna asociación entre tipo de escuela y el tipo de uso realizado del LDG?

2.1.9 Objetivo 9

Conocer cómo ha influido el tipo de uso en la utilización global que se ha hecho del LDG.

Las preguntas de investigación que se derivan de este objetivo son:

1. ¿Condiciona el tipo de uso que se realiza del LDG las puntuaciones obtenidas la primera vez que se inician a sus juegos?
2. ¿Condiciona el tipo de uso que se realiza del LDG las puntuaciones obtenidas en los *tests* del LDG?
3. ¿Condiciona el tipo de uso que se realiza del LDG el tiempo total dedicado al mismo?
4. ¿Condiciona el tipo de uso que se realiza del LDG el tiempo total dedicado a la teoría del LDG?
5. ¿Condiciona el tipo de uso que se realiza del LDG el tiempo total dedicado a los juegos del LDG?

2.1.10 Objetivo 10

Conocer cómo ha influido el factor Curso en la utilización global que se ha hecho del LDG.

Las preguntas de investigación que se derivan de este objetivo son:

1. ¿Existen diferencias en el tiempo total dedicado al LDG entre cursos de la ESO?
2. ¿Existen diferencias en el tiempo total dedicado a la teoría del LDG entre cursos?
3. ¿Existen diferencias en el tiempo total dedicado a los juegos del LDG entre cursos?
4. ¿Existe diferencias en el rendimiento académico de química por cursos?

2.1.11 Objetivo 11

Conocer la relación entre tiempo efectivo dedicado al LDG y otras variables de utilización del LDG, así como su influencia en el rendimiento académico de química.

Las preguntas de investigación que se derivan de este objetivo son:

1. ¿Existe alguna asociación entre el tiempo efectivo dedicado al LDG y el género?
2. ¿Existen diferencias en el tiempo efectivo dedicado al LDG entre los alumnos en función del tiempo total dedicado al LDG?
3. ¿Existe alguna asociación entre el tiempo efectivo dedicado al LDG y el rendimiento académico de Química?
4. ¿Existe alguna asociación entre el tiempo efectivo dedicado al LDG y el aprovechamiento que realizan los alumnos del mismo?
5. ¿Existen diferencias en el tiempo efectivo dedicado al LDG en función de su rendimiento académico global?

2.1.12 Objetivo 12

Conocer cómo influye el aprovechamiento del LDG en el rendimiento académico de química.

La pregunta de investigación que se deriva de este objetivo es:

1. ¿Existe alguna asociación entre el aprovechamiento que se hace del LDG y el rendimiento académico de Química del alumnado?

2.1.13 Objetivo 13

Conocer qué influencia ha tenido el tiempo en general dedicado al LDG sobre el Rendimiento académico de Química.

Las preguntas de investigación que se derivan de este objetivo son:

1. ¿Condiciona el tiempo total dedicado al LDG el rendimiento académico de química?
2. ¿Existen diferencias significativas en el rendimiento académico de química entre los alumnos que le dedican más o menos tiempo total al LDG?
3. ¿Existe alguna asociación entre el tiempo total dedicado a la teoría del LDG y el rendimiento académico de química?
4. ¿Existen diferencias significativas en el rendimiento académico de química entre los alumnos que le dedican más o menos Tiempo a la teoría?
5. ¿Existe alguna asociación entre el tiempo total dedicado a los juegos del LDG y el rendimiento académico de química?
6. ¿Existen diferencias significativas en el rendimiento académico de química entre los alumnos que le dedican más o menos tiempo a los juegos?

2.1.14 Objetivo 14

Conocer los factores que han influido en el uso del LDG, así como el impacto que esta variable ha tenido en el rendimiento académico de Química.

Las preguntas de investigación que se derivan de este objetivo son:

1. ¿Existe alguna asociación entre el uso del LDG y el tiempo efectivo dedicado al mismo?
2. ¿Es el rendimiento académico global del alumno un condicionante del uso del LDG según el tipo de uso realizado?
3. ¿Existe alguna asociación entre el uso del LDG y el curso de la ESO?
4. ¿Condiciona el Uso del LDG el rendimiento académico de Química?
5. ¿Cómo influye el uso del LDG en el rendimiento académico de Química en los alumnos de distintos rendimientos académicos globales?
6. ¿Cuál es el impacto global del uso del LDG en el rendimiento académico de Química?

2.1.15 Objetivo 15

Conocer la opinión que los alumnos tienen del LDG después de haberlo utilizado y saber de qué modo lo han utilizado.

La pregunta de investigación que se deriva de este objetivo es:

1. ¿Cuál es la valoración general que se hace del LDG y de qué manera se ha aprovechado?

3. Marco teórico

3.1 La educación en la sociedad del conocimiento

Nos encontramos en bien entrado el siglo XXI y a su vez inmersos en lo que algunos estudiosos ya consideran la última revolución de la humanidad, la Revolución de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (Castells, 2010). El autor utiliza el término **Era de la información** para definir este nuevo orden donde el conocimiento requiere de expansión y circulación.

Torrent (2006), por su parte, habla de la mundialización como una nueva dinámica de transformación que tiene sus raíces en los procesos de digitalización, en la ampliación temporal y espacial de los mercados y en la retroalimentación, que tiene como base los cambios socio familiares, culturales y del mundo del trabajo.

El mundo está experimentando una profunda y frenética transformación, que está llevando a la pasada sociedad industrial, que marcó el siglo XX, hacia una nueva Sociedad de la Información, del siglo XXI. Esta Sociedad de la Información está evolucionando a un ritmo trepidante, en el que la convergencia acelerada entre las telecomunicaciones, la radiodifusión y la informática, en definitiva, las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC), está generando nuevos productos y servicios, así como nuevas formas de gestionar las organizaciones (Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2001).

En la actualidad la mayor parte de las sociedades avanzadas se encuentran inmersas en este proceso de transición de una economía basada en la industria hacia otra basada en la importancia de la posesión de información y conocimiento. Lo que es obvio es que uno de los factores más importantes y responsables de esta situación es la aparición de las tecnologías de la información y la comunicación, TIC's, que, sin lugar a duda, están jugando un papel vehiculador indispensable.

La incursión de las TIC nos está abriendo un amplísimo abanico de posibilidades que ya empiezan a tener un impacto en la sociedad actual y en muchos aspectos de nuestras vidas, que incluyen la difusión de conocimientos, el acceso a la información, el comportamiento social, en

las formas que nuestra sociedad accede al ocio y al entretenimiento, impacto en las prácticas económicas y empresariales, en la salud y cómo no, en la educación, pasando a conocerse por TAC, tecnologías del aprendizaje y el conocimiento, revolucionando la manera en que se accede a la información en el ámbito educativo.

La nueva sociedad del conocimiento sitúa el I+D+I (Investigación, Desarrollo e Innovación) como garante del éxito de una sociedad moderna, en el que la ciencia y la tecnología tienen que estar al servicio de la sociedad y son parte imprescindible para alcanzar la tan anhelada sociedad del bienestar.

De esta manera, la investigación (creación del conocimiento o información) así como su proceso de transmisión (educación-aprendizaje), son el centro alrededor del cual orbita la sociedad del conocimiento.

Es por ello por lo que algunas metodologías en los últimos tiempos están empezando a implementarse y a transformar la educación y la formación. Metodologías como el ABP (Aprendizaje Basado en Proyectos y/o en Problemas), la formación virtual en todas sus modalidades o el aprendizaje basado en el juego, también conocido como ludificación o más comúnmente como gamificación (término que emplearemos a lo largo de esta tesis doctoral), son sólo algunos ejemplos. Todas estas nuevas corrientes metodológicas son el inicio de lo en un futuro no muy lejano nos espera en el ámbito educativo.

En otras palabras, sin duda nos encontramos en medio de una gran revolución, y para muchos tal vez la mayor revolución que la humanidad haya experimentado.

3.1.1 La emergencia de los bienes intangibles: el conocimiento

Nos encontramos en pleno tránsito hacia una sociedad que está empezando a basar su economía en un tipo de factores de producción distintos a los habituales, y donde los bienes intangibles como el conocimiento cobran cada vez más protagonismo.

Desde la revolución agrícola los principales factores de producción han ido cambiando a lo largo del tiempo. Primero fue la tierra y la mano de obra. La revolución industrial aportó un cambio significativo en estos factores, de manera que el capital pasó a ser un factor indispensable en el

proceso productivo en detrimento de la tierra, que fue perdiendo importancia (Chaminade, 2001). Pero la revolución tecnológica llevada a término por la sociedad del conocimiento nos trae a la completa redefinición de los factores de producción, de manera que los bienes intangibles como el conocimiento se convierte en el factor productivo fundamental y pierden peso el capital y la mano de obra. De hecho, actualmente existen las herramientas necesarias para que una buena idea encuentre la financiación para que desarrollando un buen negocio. Iniciativas como el *crowdfunding* están resolviendo a la perfección lo que antes hubiese sido imposible de alcanzar por falta de capital inicial. El creciente protagonismo del conocimiento como un nuevo *input* es debido a que se trata de un bien intangible que puede ser producido, como cualquier otro factor de producción además de ser utilizado en la creación de otros bienes. Para Mora Ayora (2005), la aparición y el desarrollo de las TIC ha contribuido a una mayor facilidad en el uso y la creación de este conocimiento.

Los factores protagonistas de lo que hoy en día conocemos como *Sociedad del Conocimiento* son muchos y muy variados y actúan como motores de las transformaciones que han provocado la sustitución de un modelo de sociedad por otro (López y Leal, 2002).

Como ejemplo tenemos el papel que está jugando sobre la actividad económica la información y el conocimiento, y cómo los procesos de aprendizaje y de formación deben reflejar el contexto socioeconómico si quieren adaptarse y servir a su propósito.

En nuestra sociedad actual aprender significa incorporar múltiples valores, conocimientos o prácticas propias de un determinado momento histórico y que garantizarán su utilidad a la sociedad. Es por eso por lo que el aprendizaje debe ir íntimamente ligado al actual tipo de sociedad, y es el garante de la sociedad del conocimiento.

3.1.2 La percepción de la ciencia y la educación científica

Son muchos los estudios que ponen de manifiesto “la ambivalente actitud que la ciudadanía muestra, en general, hacia las ciencias. Por una parte, causa admiración e interés mientras que por la otra despierta miedo y hostilidad” (COSCE, 2011).

Las sociedades avanzadas reconocen que las ciencias son el pilar de la sociedad del conocimiento y las que impulsan el avance tecnológico y el estado del bienestar (Sjøberg y Schreiner, 2010).

Se puede pues afirmar que, en la actitud de la sociedad española respecto a la ciencia, actitud que no difiere significativamente respecto a la del resto de países europeos (Fundación BBVA desde su Departamento de estudios sociales y opinión pública, 2012b), existe un amplio consenso en torno al papel que juega como motor del progreso, un papel muy positivo en la mejora de la salud y en la reducción de la supersticiones y temores del pasado.

Por otra parte, el Eurobarómetro del 2005 nos señala que los europeos dan prioridad a la objetividad científica a la hora de tomar decisiones y la mayoría prefiere un análisis de riesgos-beneficios (53%) hecho por especialistas, por encima de aspectos morales o éticos (33%) (Comisión Europea, 2005a).

Este estudio también pone de manifiesto que la sociedad europea tiene altas expectativas respecto a la ciencia y la tecnología y sobre la visión global de la ciencia, indicando que la sociedad opina que la ciencia aporta más aspectos positivos que consecuencias perjudiciales (Comisión Europea, 2005a).

La COSCE (Confederación de Sociedades Científicas de España) en su informe ENCIENDE (2011), afirma que “la Ciencia es sinónimo de cultura y que culturalmente los países se miden, no solo por sus artistas, músicos, literatos o escritores sino también por el nivel de sus científicos, como por ejemplo el número de premios Nobel que albergan”

Para Guinovart (2011), la ciencia es fundamental para alcanzar una sociedad democrática plena, ya que el conocimiento permite que la sociedad, en un sistema democrático, no sea manipulada.

En el 2009, la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT, 2009) realizó un estudio sobre la percepción social de la ciencia. En este estudio se demostró que, en una escala del 1 al 5, la población española muestra un interés de 2,9. Paradójicamente, otras disciplinas como los deportes, la cultura, la medicina o la salud obtuvieron una puntuación del 3,6, muy por encima de la valoración de las ciencias. Según la FECYT (2010), entre los jóvenes, desde el 2002 ha habido una bajada importante de la percepción de que las ciencias son una profesión atractiva, a pesar de que, paradójicamente, la profesión del científico es, después de la de médico, la mejor valorada.

La Fundación BBVA desde su Departamento de estudios sociales y opinión pública, 2012a; 2012b, a través de *El estudio internacional de cultura científica de la Fundación BBVA* analiza las actitudes hacia la ciencia y su comprensión en diez países europeos y en los Estados Unidos. Los resultados mostraron que los 11 países demuestran un nivel bajo de proximidad a las ciencias y un nivel de comprensión medio. España se situó en ambos casos en un nivel bajo. Cabe remarcar que, según este estudio, en nuestro país la edad y la educación de los individuos son factores diferenciadores en cuanto a conocimiento y vínculo con las ciencias, siendo los grupos más jóvenes los que acortan diferencias respecto a los países europeos. Este hecho se relaciona con el retraso en cuanto a la tasa global de escolarización respecto a Europa, que nuestro país todavía padece (Viladot, 2015).

3.1.3 La educación científica en Europa

La Comisión Europea (2007) afirma que existe un declive en el interés de los jóvenes por los estudios científicos y que la causa de este puede encontrarse en gran parte, por la manera como se enseñan las ciencias en las escuelas. Según un informe de la OCDE (2006a) la educación científica está lejos de atraer a los estudiantes hacia las ciencias, y en muchos países, la tendencia está empeorando ya que entre el año 1993 y el 2003 ha disminuido entre un 4% y un 6% el número de estudiantes de grado universitario de ciencias. También en España la tendencia va en declive, y si en el 2002 más de un 30% de los estudiantes universitarios cursaban carreras *STEM* como matemáticas, ingenierías e informática, esta cifra baja a un poco más del 26% el año 2012. Según el estudio *Education at a Glance* (OCDE, 2017) este 26% se mantiene igual en el año 2017 (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la Fundación Conocimiento y Desarrollo (CYD)).

Desde hace años existe, entre los estudios, una preocupación sobre un hecho fundamental que obliga a plantear la cuestión del interés y actitud hacia las ciencias por nuestros estudiantes, y es que la actitud hacia la ciencia y su aprendizaje se hace más y más negativa con los años de escolaridad (James y Smith, 1985; Yager y Penick, 1986), hasta el punto de que comienza a producirse una carencia de candidatos para algunas ramas de la ciencia (Solomon, 1991).

Siguiendo con dicha inquietud respecto al declive de las vocaciones científicas y sus respectivas perspectivas económicas, según la Confederación de Sociedades Científicas de España y Osborne y Dillon (2008), en nuestro país y en el resto de países denominados desarrollados, los estudios demuestran que la ciencia escolar no suele mostrar la ciencia real y tampoco ayuda a cambiar su percepción.

La Comisión Europea (2007) ya hace trece años que va más allá y demuestra su preocupación por el impacto económico y el futuro desarrollo tecnológico que en un futuro inmediato puede suponer la falta de científicos e ingenieros, considerando que según un estudio de la Universidad Camilo José Cela que analiza por qué sucede esto a partir de datos del informe PISA (OCDE, 2019), a finales del 2020 y con el nivel de crecimiento actual, el ritmo de creación de empleos STEM duplicará al de los empleos no *STEM* (18% frente a 9%).

Un dato a su vez preocupante es que tan solo el 15% de los europeos está satisfecho con la calidad de las clases de ciencia en la escuela (Comisión Europea, 2005a).

Esto hace pensar que realmente existe una conexión entre la forma que se enseña la ciencia y la actitud desarrollada respecto a ella. Pero esta falta de interés hacia el estudio de las ciencias no es común en todas las edades. En la escuela primaria los niños conservan esta curiosidad natural tan característica, pero esta se desvanece cuando entran en contacto con la forma tradicional de enseñanza de la educación secundaria. (Sjöberg y Schreiner, 2010). Según Osborne y Dillon, (2008), el momento en que los estudiantes muestran interés por seguir estudios de ciencia, o por la ciencia en general, se produce alrededor de los 14 años. Es por ello por lo que según la Comisión Europea (2007), Chetwynd (2006) y Osborne y Dillon (2008), este hecho debería tener una gran importancia a la hora de crear el currículum escolar, ya que es sabido que las experiencias de los niños con las ciencias antes de esta edad, determina todavía más el interés que hacia estas disciplinas acabarán desarrollando.

Son diversos los estudios que mantienen que, con el inicio de la adolescencia, en torno a los 12 años, coincidiendo con la etapa de transición de la educación primaria a la secundaria, la curiosidad e interés naturales de que demuestran los niños hacia la ciencia comienzan a transformarse en desinterés, aburrimiento y experiencias de fracaso escolar (Murphy y Beggs, 2003).

La investigación sobre el rendimiento y actitud de los alumnos hacia las ciencias es extensa y pone de manifiesto que en la niñez se muestran actitudes generalmente favorables hacia las ciencias, mostrando una gran curiosidad hacia éstas, pero estas actitudes positivas van decreciendo en la adolescencia y progresivamente con la edad, convirtiéndose en desinterés e incluso en actitud y disposición negativa hacia su aprendizaje, especialmente para las chicas (Gibson y Chase, 2002; Pell y Jarvis, 2001; Piburn y Baker, 1993; Ramsden, 1998; Simpson y Oliver, 1990).

Algunos autores van más allá y mantienen que esta erosión de las actitudes hacia las materias científico-técnicas podrían incluso empezar al final de la educación primaria (Pell y Jarvis, 2001; Murphy y Beggs, 2003).

Vázquez y Manassero (2008), atribuyen esta depresión actitudinal a la imagen negativa por autoritaria, aburrida, difícil, irrelevante para la vida diaria, que la ciencia escolar se va ganando en la mente de los estudiantes.

Este desinterés por las ciencias que va aumentando progresivamente en la educación secundaria, se ceba especialmente en la asignatura de Física y Química (Osborne *et al.*, 1998; Parkinson *et al.*, 1998; Ramsden, 1998; Simpson y Oliver, 1990; Weinburgh, 1995).

Para Hoffmann (1985), la materia de física y química es la peor parada y mantiene que el interés de los estudiantes respecto a ella decrece progresivamente a medida que su edad aumenta, siendo en el sexo femenino, su descenso más acusado. Para este autor la razón es que esta actitud correlaciona directamente con la creciente aceptación de su rol femenino de género.

Para muchos autores, las ciencias se encuentran entre las materias escolares más difíciles y que menos gustan en los países anglosajones (Hendley *et al.*, 1995; Hendley *et al.*, 1996).

Entre los jóvenes adolescentes existe un interés manifiesto hacia todo lo que rodea la ciencia y la tecnología en términos generales, pero paradójicamente con la ciencia escolar no pasa lo mismo, sobre todo con las chicas (Schreiner y Sjøberg, 2004; Osborne y Dillon 2008). En este sentido, existe una falta de percepción de la importancia de la ciencia escolar en la sociedad actual (Comisión Europea, 2005a).

De las causas atribuidas a la situación actual son también muchos los autores que mantienen opiniones diversas. Por ejemplo, Osborne y Dillon (2008) atribuyen este declive del interés por las ciencias al mismo currículum escolar europeo, al que achacan ha sido determinado por científicos para preparar a futuros graduados en ciencias. Estos mismos autores mantienen que este tipo de formación no es la que necesitan la mayoría de los estudiantes, y que el currículum representa una miscelánea de hechos no relacionados entre ellos (Osborne y Dillon 2008).

Schreiner y Sjøberg (2007) afirman que no se trata de que los estudiantes muestren una falta de interés o respeto por las ciencias y la tecnología, sino que los valores a los que se asocian en la escuela no son comparables a los valores de la juventud contemporánea. Para Lemke (2006), los estudiantes adolescentes son idealistas y altruistas en sus perspectivas sociales más básicas y la escuela se encuentra alejada de las cuestiones de su vida cotidiana y no tiene en cuenta sus intereses. Siguiendo en esta línea, Viladot (2015) mantiene que esta falta de interés puede ser debida a las particularidades que el estudio de asignaturas científicas requiere, como la exigencia, la dedicación, la disciplina y una gratificación diferida.

Por todo esto, es necesario un análisis profundo de las causas de la depresión actitudinal, que constituye un tema de importancia capital para afrontar la pérdida de vocaciones científicas, y que constituye un tema muy preocupante en muchos países, y en especial en la Unión Europea (Consejo de Europa, 2003; Gago, 2004).

Según Lemke (2006) y Osborne y Dillon (2008), la pedagogía utilizada se hace aburrida para muchos estudiantes, ya que, a diferencia de otras disciplinas, no fomenta la creatividad, los valores morales, el desarrollo histórico ni el impacto social; al tiempo, omite la diversidad, haciendo que todos los estudiantes estudien lo mismo, de igual forma y al mismo ritmo. Según estos autores, la pedagogía científica en los centros escolares da una imagen deshumanizada de la ciencia al no preocuparse de la dimensión afectiva o emocional.

Son muchos los autores que reclaman cambios de metodologías y mantienen encendidas discusiones sobre cómo deben enseñarse las ciencias en la educación secundaria obligatoria. Autores como Lemke (2006) o Marbà-Tallada y Márquez (2010) abogan por metodologías basadas en la indagación, *Inquiry-Based Science Education* (IBSE) o el conocido método del aprendizaje basado en problemas o proyectos (ABP). En relación a este tema, Viladot (2015)

mantiene que, a pesar de que en Europa existen algunas iniciativas que contribuyen a cambiar las formas como se enseñan las ciencias, todavía son a pequeña escala y no tienen el soporte suficiente para su diseminación e integración en los currículums escolares.

Otro ejemplo más lo pone el Departamento de Educación de la Generalitat de Catalunya con su programa *STEAMcat*. Esta iniciativa está dirigida a motivar y potenciar el interés por estudio de las asignaturas STEM en los Centros de Educación Secundaria. Su marco pedagógico gira alrededor de la “necesidad de incrementar el número de graduados en los estudios STEM y de trabajadores cualificados de este sector de las ciencias”.

Todo ello nos está indicando que, pese a que, a nivel institucional europeo, existe un objetivo a corto plazo de fomentar las vocaciones científicas entre nuestros estudiantes de secundaria, queda de manifiesto que todavía estamos lejos de mejorar el porcentaje de vocaciones científicas entre nuestros estudiantes.

3.2 El aprendizaje de la química en la ESO

3.2.1 Didáctica de la química

La materia de química ha sido tradicionalmente una de las asignaturas “hueso” de la educación secundaria, una asignatura compleja que siempre ha resultado difícil de enseñar y aprender. Generalmente, el estudiante necesita realizar un esfuerzo intelectual considerable que implica distintos aspectos. Inicialmente requiere el acceso a la información, ya sea a través del docente o adquirida de forma directa por observación de fenómenos y hechos. Una vez se tiene esta información, viene el paso más complejo, asimilarla. Esto implica interpretar, comparar y contrastarla con los conocimientos propios.

Respecto a la alfabetización científica escolar, Hodson (1992) distingue tres elementos básicos:

1. Adquisición de conocimientos científicos, entendiendo por tal un aprendizaje centrado en el cuerpo de conocimientos conceptuales actualmente aceptado por la comunidad científica.

2. Comprensión de la naturaleza de la ciencia, sus métodos y sus complejas interacciones con la sociedad.
3. Aprender a hacer ciencia, es decir, familiarizarse con la actividad de planteamiento y tratamiento científico de problemas.

A estos tres aspectos clave en la alfabetización científica en nuestros centros escolares algunos autores como Gil-Pérez y Carrascosa-Alís (1994) añaden dos componentes más que a su entender son cruciales:

1. Aproximación a la tecnología pre-científica, es decir, al desarrollo tecnológico previo a la llamada revolución científica, caracterizado por el tratamiento de problemas concretos de aplicación inmediata.
2. Desarrollo de un interés crítico por la actividad científica, sus productos y su papel en nuestras sociedades.

El aprendizaje, para que sea significativo, se debe conectar todo este nuevo conocimiento con lo que ya se conoce. En la materia de química, este proceso se dificulta puesto que requiere vincular lo macro (el mundo físico como lo conocemos), con lo micro (elementos invisibles a la vista, átomos y moléculas).

A este esfuerzo imaginativo se le añade el aprendizaje de un nuevo lenguaje y de un sistema de representaciones simbólicas como fórmulas, estructuras... completamente nuevo, que dificulta todavía más el aprendizaje. La química “remite a un mundo muy diferente del que nos rodea, en el que no se reconoce ni tan siquiera el laboratorio” (Merino *et al.*, 2014).

3.2.2 Dificultades conceptuales que presenta el aprendizaje de la química

Son muchos los autores que mantienen que las dificultades en el aprendizaje de los conceptos químicos se deben al elevado número de concepciones alternativas que los estudiantes tienen y que han adquirido a lo largo de su vida, lo que dificulta todavía más el aprendizaje de esta materia tan nueva para ellos (Gómez-Crespo, 1996; Gilbert *et al.*, 2003; Martín-Díaz *et al.*, 2000). Este

conocimiento cotidiano da lugar a concepciones alternativas fuertemente arraigadas que, en algunos casos, sobreviven a largos años de instrucción científica (Pozo y Gómez-Crespo, 1998). Frente a este conocimiento cotidiano, que todos tenemos, el conocimiento científico es una construcción social, compleja y laboriosa, contraria a la mayor parte de las suposiciones y creencias que los seres humanos tenemos sobre el mundo en que vivimos (Gómez-Crespo, 2008).

Para Caamaño y Oñorbe (2004) las dificultades en el aprendizaje de la química y las concepciones alternativas de los estudiantes pueden atribuirse a tres causas. A continuación, las veremos con más profundidad:

1. Dificultades intrínsecas y terminológicas de la química. Una de las dificultades más comunes que encuentran los estudiantes a la hora de aprender la materia de química proviene del desafío cognitivo que supone conectar el entramado de múltiples conceptos que la representa como disciplina, así como las ambigüedades terminológicas y la multitud de códigos de representación simbólicos que existe.

Caamaño y Oñorbe (2004) hablan de la existencia de tres niveles de descripción de la materia, uno observable (macroscópico), otro atómico-molecular (microscópico) y el que califican como representacional, que incluyen los símbolos, fórmulas y ecuaciones. Estos autores todavía distinguen dos niveles más. Un nivel intermedio que relacionaría el macroscópico con el microscópico, y que denominan multiatómico, multimolecular o multiiónico y el nivel subatómico que comprendería el estudio de las partículas subatómicas del átomo. Para Caamaño y Oñorbe (2004), la dificultad radica en que los estudiantes deben moverse entre estos niveles mediante el uso de un lenguaje que no siempre diferencia de forma explícita el nivel en que se encuentran.

2. Otra de las dificultades importantes proviene del carácter evolutivo continuo que tiene el conocimiento científico, y que se traduce en el uso de modelos y teorías cada vez más complejas para definir un mismo fenómeno. Esta situación de constante reestructuración teórica (Gómez-Crespo, 2008) requiere de los estudiantes un sucesivo proceso de integración y diferenciación conceptual a lo largo del aprendizaje, como es el caso de la teoría atómico-molecular, la teoría cinético-molecular de los gases, la teoría iónica y un largo etcétera.

3. La terminología empleada en la materia de química es otra de las grandes dificultades añadidas a su proceso de aprendizaje. En este sentido Caamaño y Oñorbe (2004) nos habla de distintas problemáticas que son una complicación más para el aprendizaje de esta materia. Este autor nos habla de (1) la ambigüedad del lenguaje respecto a los niveles descriptivos, (2) la ausencia de términos apropiados para un nivel estructural determinado, (3) términos cuyo significado varía en función del contexto teórico en el que se enmarcan, (4) fórmulas químicas con significados múltiple o nombres distintos a los de la vida cotidiana, (5) limitaciones en códigos representativos de los diagramas y modelos estructurales y (6) los problemas de representación en los diagramas y modelos estructurales. Todo esto conlleva dificultades de interpretación para los estudiantes, y una barrera más que superar cuando se pretende aprender esta materia.

3.2.2.1 *Dificultades de aprendizaje de los conceptos químicos relativas al pensamiento y forma de razonamiento de los estudiantes*

En este caso hablaremos de los procesos de construcción del conocimiento científico en el aula. Pozo y Gómez-Crespo (1998) proponen que este se basa en tres pilares fundamentales y conectados entre sí. Para que exista una construcción del conocimiento científico debe haber, una reestructuración teórica de los conceptos aprendidos, una explicitación progresiva y una integración jerárquica de estos conceptos.

Cuando se habla de reestructuración teórica nos estamos refiriendo a reorganización de la estructura conceptual. Para Thagard (1992), Vosniadou y Brewer (1994) y Pozo (1996), esto se concibe como un sistema complejo compuesto de varios subprocesos distintos. Esto ya implica una dificultad y un esfuerzo considerable para que el alumno pueda superarlas, quien en muchas ocasiones debe romper esquemas previos aprendidos desde edades tempranas. Gómez-Crespo (2008) habla del concepto de ciencia intuitiva, y dice que desde edades muy tempranas construimos representaciones del mundo físico. Desde muy pequeños somos científicos intuitivos sin necesidad de estudiar ciencia podemos predecir con bastante precisión el comportamiento de los objetos y tenemos ideas muy arraigadas sobre funcionamiento y comportamiento de los organismos vivos. Pozo y Gómez-Crespo (2002b) mantienen que no

somos conscientes de que manejamos dicha ciencia intuitiva que nos genera unos conocimientos altamente precisos que nos ayudan a predecir hechos con una elevada precisión y que, curiosamente, incluso negaríamos tenerlos. Algunas investigaciones mantienen que dicho comportamiento complejo y eficaz se ha detectado incluso en los bebés (Carey y Spelke, 1994; Gopnik *et al.*, 1999).

Cuando el alumno se enfrenta a la materia de química en la educación secundaria, en muchas ocasiones debe romper muchos esquemas, reestructurar sus teorías y concepciones previas. Para Gómez-Crespo (2008), aprender química implica superar las creencias realistas tan intensas y llegar a asumir una concepción constructivista, caracterizada por una interpretación de la realidad, a partir de modelos, de tal forma que ayudan a interpretar la naturaleza de la materia y sus propiedades. Este factor es evidentemente una de las dificultades a las que se enfrentan los estudiantes de esta materia en la secundaria.

Para que este proceso de reestructuración conceptual se lleve a término con éxito, según Gómez-Crespo (2008) se requiere de una explicitación progresiva de las teorías implícitas del alumno.

Karmiloff-Smith (1994) hablan de redescrición representacional para referirse al proceso de explicitación necesaria para promover el cambio conceptual antes referido. Este proceso consiste en que el alumno saque a la luz sus teorías implícitas; en otras palabras, que haga explícitas dichas concepciones previas con el fin de cambiarlas.

Este proceso implica una reflexión y toma de conciencia por parte del alumno de sus conocimientos, además del paso desde el lenguaje cotidiano hacia los lenguajes de la ciencia (Lemke, 1993; Mortimer y Machado, 1997), que permiten explicar o redefinir esos conocimientos (Gómez-Crespo, 2008). Este proceso de explicitación implicará un uso creciente de códigos formalizados a través de los cuales los alumnos relatarán y describirán los procesos, expondrán modelos y se argumentará sobre los mismos (Ogborn *et al.*, 1996)

Por último, Gómez-Crespo (2008) nos habla de que el aprendizaje de la ciencia necesita una efectiva integración jerárquica entre los modelos intuitivos y los modelos científicos, que permita discriminar metacognitivamente entre diferentes niveles representacionales. Es decir, más que acumular conocimientos o substituir unos por otros, este autor remarca la importancia de promover una reflexión o redescrición de unos saberes en otros. En este sentido, con el LDG

Top Chemist, se ha tratado de proporcionar una dimensión extra y diferente a las ya manidas mecánicas usadas en el aprendizaje tradicional, con la intención de promover la reflexión en los alumnos, a través de proporcionar los contenidos de una manera distinta a la tradicional, con la intención de despertar la curiosidad y la reflexión entre el alumnado.

3.2.2.2 *Dificultades de aprendizaje de conceptos químicos atribuibles al proceso de instrucción*

Respecto al proceso de enseñanza, juega un papel crucial en cómo los alumnos van a comprender la materia de química. En este sentido es claro que los requisitos conceptuales de los alumnos previos a la elaboración de nuevos conceptos es también un aspecto importante en la investigación de determinados conceptos (Azcona *et al.* 2004).

Autores como Schnotz *et al.* (1999), mantienen que la enseñanza tradicional y las estrategias de enseñanza diseñadas para modificar en lo esencial esas concepciones, han demostrado ser poco eficaces para cambiar estas concepciones previas.

Algunos autores mantienen que es necesario replantearse los objetivos, los contenidos y las estrategias didácticas de la química en la ESO y en el bachillerato (Caamaño, 2001; Caamaño e Izquierdo 2003; Costa *et al.* 2003).

En este escenario aparecen las TIC y las TAC, que tienen un alto potencial educativo, pero, para ser eficaces, exigen fundamentalmente, nuevas formas de trabajar y de concebir la enseñanza, tanto para el profesorado como para el alumnado (Gómez-Crespo, 2008).

En este sentido promocionar la introducción de las TIC en las aulas de química es una estrategia didáctica importante de cara a superar las dificultades de esta materia (Caamaño y Oñorbe, 2004).

Éstas pueden, a la vez, ser el motor de algunos cambios necesarios en los métodos de enseñanza-aprendizaje dentro del aula (Collins, 1989). En este sentido este autor ya lo avanzaba respecto a las potencialidades de las TIC que sin duda mejorarían el proceso de instrucción:

- Instrucción más individualizada y personalizada.

- Pasar de la clase magistral (exposición oral del profesor) al entrenamiento y la instrucción.
- Cambio de trabajar con los mejores alumnos a trabajar con los menos aventajados
- Cambio hacia estudiantes más comprometidos con las tareas.
- Cambio de una evaluación basada en exámenes a una evaluación basada en productos, en el progreso y en el esfuerzo del alumnado.
- Cambio de la primicia del pensamiento verbal a la integración del pensamiento visual y verbal.

Es evidente que Collins (1989) ya avanzó el futuro camino que está siguiendo la educación, y sin duda la gamificación, los videojuegos educativos y el LDG encajan perfectamente con los cambios metodológicos necesarios de enseñanza que este autor ya avanzó hace más de treinta años.

En definitiva, estamos hablando de una materia densa en la que su aprendizaje requiere un esfuerzo analítico y memorístico importante. A esto hay que añadir que cada vez más alumnos manifiestan su aversión por las asignaturas que exigen un aprendizaje trabajoso, con conceptos cuya comprensión requiere esfuerzo mental, lo que desemboca en una situación donde el aprendizaje de las ciencias en secundaria está sufriendo un lento pero constante deterioro (Cambón *et al.*, 2005).

3.2.3 La motivación en el aprendizaje de la materia de química

Para aprender es imprescindible "poder" hacerlo, lo cual hace referencia a las capacidades, los conocimientos, las estrategias, y las destrezas necesarias, pero, además, es necesario "querer" hacerlo, tener la disposición, la intención y la motivación suficientes (Núñez y González-Pumariiega, 1996). Si hablamos pues de los factores que afectan al rendimiento académico, debemos tener en cuenta tanto los aspectos cognitivos como los motivacionales. Para Cabanach *et al.* (1996), "el aprendizaje se caracteriza como un proceso de adquisición de conocimientos y motivacional a la vez". Es evidente que no es únicamente una tarea de metodología a la hora de

proporcionar los contenidos, sino de mejorar la motivación de los alumnos. Al fin y al cabo, uno de los principales problemas de la docencia.

La investigación ha demostrado que aprender Química no es fácil y que enseñarla tampoco lo es (Furió Más, 2006). Es evidente que los docentes constatamos una falta general de interés de los alumnos hacia las disciplinas científicas como la Física y la Química, hecho que, como es sabido, constituye una seria preocupación para el profesorado.

A continuación, veremos las dos visiones respecto a la educación científica en los centros educativos, la visión del alumnado y la del profesorado.

3.2.3.1 *La visión de los alumnos sobre la educación científica en los centros educativos*

El estudio ROSE (*The Relevance on Science Education*), fue realizado por Sjøberg y Schreiner el año 2010 para analizar la actitud de los adolescentes hacia las ciencias. Con él se pretendió recoger información desde el punto de vista emocional y actitudinal de entre estudiantes de 15 años de cuarenta países de todo el Mundo, con la intención de conocer la manera en que los estudiantes se relacionan con la ciencia y la tecnología, así como las perspectivas y expectativas que tienen frente a ellas.

Schreiner y Sjøberg (2010) recogen los resultados más significativos de este estudio en relación con la educación científica recibida en los centros escolares:

Los jóvenes de los países desarrollados no están de acuerdo en que la educación recibida en la escuela les haya abierto los ojos a nuevas y excitantes profesiones, especialmente entre las chicas.

Los países ricos muestran menor confianza que los pocos desarrollados en que la educación científica recibida en la escuela mejorará sus oportunidades profesionales.

Exactamente igual ocurre con la afirmación de que la ciencia escolar les ha mostrado la importancia de la ciencia en el desarrollo de las sociedades actuales.

A los adolescentes en general, no les gustaría tener las máximas asignaturas de ciencias posibles en sus centros educativos, en especial a las chicas.

Son muchos los adolescentes los que ven las ciencias en la escuela como nada atractivas, difíciles y aburridas. Algunos la ven como una cosa opresiva, interesada y prepotente al mismo tiempo, manteniendo que les llegan artículos y documentales que no entienden. Esta visión es compartida por otros autores como Lemke (2006) y Osborne y Dillon (2008).

Siguiendo en esta línea, otros autores como Sanahuja *et al.* (2006) mantienen que desde los centros educativos se podría motivar a los alumnos para que les gustasen más las ciencias.

Aprovechando la convocatoria por parte del Ayuntamiento de Barcelona de la 11ª. Audiencia Pública a chicos y chicas de Barcelona, que tuvo lugar en la ciudad en mayo del 2006, Marbà-Tallada y Márquez realizaron un estudio con 1064 alumnos de 26 escuelas, de 6º de primaria a 4º de la ESO. Algunos de los resultados del estudio se citan a continuación (Marbà-Tallada y Márquez, 2010):

La mayoría de los alumnos están de acuerdo en que aprender ciencias es importante, y que gracias a ello son más conscientes del respeto hacia la naturaleza y del importante papel que las ciencias tienen para la vida. Paradójicamente, a la pregunta de si prefieren tener el máximo horas de clases de ciencias, las respuestas son mayoritariamente contrarias.

Lo mismo ocurre con la vocación científica. Pocos estudiantes demuestran interés a ser científico.

Al final de la ESO, los alumnos piensan que las ciencias escolares son más difíciles, menos interesantes y con menos relación con su vida cotidiana.

Este punto coincide con otros estudios (Comisión Europea, 2007; Osborne y Dillon, 2008) que también mantienen que la actitud que los alumnos muestran hacia las clases de ciencias es más favorable en 6º de Primaria, y va disminuyendo a medida que los cursos avanzan, hasta que llegan a la edad de 14-15 años, que correspondería a 3º ESO donde hay un cierto repunte en el interés.

Estudios como los de Gavidia (2008) demuestran que el interés de los alumnos hacia las ciencias es alto al principio de curso, y va bajando a medida que el curso avanza.

Los estudios de Biología tienen, a pesar de esto, mejor acogida que los de Física y Química, que quedan peor parados entre los estudiantes de Secundaria.

Pero no todos los estudios van en la misma dirección, y algunos matizan estas apreciaciones, especialmente en referencia a la pérdida de interés por la ciencia a partir de cierta edad. Un estudio longitudinal de cinco años de duración ha hecho un seguimiento de algunos alumnos ingleses desde sus 10 a sus 14 años, con la intención de detectar los cambios que se podían producir respecto a la percepción y actitud de los estudiantes en el tránsito de la educación primaria hacia la secundaria. Este estudio, a diferencia de los citados anteriormente, demuestra que los estudiantes disfrutaban de las ciencias y tienen una visión positiva de los científicos, aunque sigue manteniendo que esto no se traduce en la voluntad de ser científico (DeWitt *et al.*, 2014).

Para Simarro (2015), otros factores como el entorno familiar, las concepciones propias y la falta de orientación profesional en los centros educativos pueden tener una influencia tanto o más grande que la forma de ejercer la educación científica.

3.2.3.2 *Actitud del profesorado frente a la desmotivación del alumnado por las ciencias*

Para Pedró (2008), a nivel global, los docentes en Cataluña no están demasiado satisfechos con la actividad docente en el aula: únicamente el 45,2 % manifiesta estar satisfecho o muy satisfecho. Los ítems más valorados por los docentes son, con un 70%, la dinámica habitual de trabajo en el aula y cerca de un 60% valoran el contenido curricular, mientras que están menos satisfechos con la heterogeneidad de los alumnos y con la participación de las familias. Para este autor, los profesores muestran una gran dificultad en vincular su trabajo docente a los resultados de los alumnos. Es decir, atribuyen los bajos resultados académicos de sus alumnos a causas diferentes a cómo se enseñan las ciencias en el aula.

Según un estudio de Gavidia (2008), el profesorado expresa que los alumnos no alcanzan el nivel de aprendizaje deseado y muestran falta de motivación, falta de interés por los temas tratados en el aula y falta de esfuerzo por aprender. Según este autor, el profesorado atribuye estos hechos a factores externos como el desinterés por parte de algunos alumnos, la influencia de los medios audiovisuales y tecnológicos externos o el nivel socioeconómico familiar.

La mayor parte del profesorado centra su trabajo en la transmisión de conocimientos aditivos con metodologías memorísticas y no utiliza otros recursos ni tiene en cuenta los intereses de los alumnos, centrándose más en enseñar contenidos que en el aprendizaje de los alumnos (Gavidia, 2008). En referencia a la nueva metodología centrada en la adquisición de competencias (Departamento de Educación. Generalitat de Catalunya, 2009a; 2009b), para algunos autores “es obvio que ha habido una brecha formativa muy grande a la hora de implantar los nuevos currículums” (Viladot, 2015).

Para Íñiguez y Puigcerver (2013), el modelo constructivista de enseñanza-aprendizaje que los estudios demuestran que mejora el aprendizaje más que el tradicional, ha conseguido arraigar entre la docencia, mostrando un evidente déficit de transferencia desde la investigación didáctica al mundo escolar.

Por otra parte, estudios como los de Segarra *et al.* (2008) demuestran que el planteamiento de muchos libros de texto con una práctica ausencia de contextualización y de un planteamiento CTSA (Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente) hace que los alumnos vean la tecnología como una pura aplicación de la ciencia.

Para Mateos Montero (2008), en la educación secundaria existen resistencias a romper con la división disciplinar, muchas veces motivos de luchas de poder dentro de los centros educativos, y este hecho impide una manera de ejercer la didáctica más cercana a la realidad actual, y que realmente muestre cómo se producen los conocimientos y su vinculación directa con la sociedad.

Estamos en un mundo en continuo cambio y evolución, dónde todo pasa muy deprisa y donde el conocimiento y la información se incrementan de forma exponencial, especialmente el relacionado al ámbito científico. Algunos autores ya la han bautizado como la sociedad del desconocimiento (Innerarity, 2010), ya que impide a la gente poder estar al tanto de todos estos conocimientos. Sea como sea, se trata de una sociedad que obliga a que la educación y el aprendizaje sean continuos y a lo largo de nuestra vida (Bauman, 2008).

Ulrich Beck habla de la sociedad del riesgo, por ser compleja, interdependiente e incierta (Beck, 1998), mientras que Bauman (2003) acuña el término de modernidad líquida. Otro término que trata de definir el mundo después de la guerra fría y que se popularizó en los años 90, es el del

entorno *VUCA* (*Volatile, Uncertainty, Complexity and Ambiguity*) este acrónimo creado por el US Army que nos habla de un mundo volátil, incierto, complejo y ambiguo.

Por otra parte, si bien la información es accesible de forma universal, el saber sólo puede ser transmitido por la interacción personal (Innerarity, 2011).

“Debemos aprender a movernos en un entorno que ya no es de relaciones claras entre causa y efecto, sino borroso y caótico”, donde “los conocimientos de las ciencias cada vez tienen menos relación con nuestro mundo diario y las explicaciones científicas resultan incomprensibles al sentido común” (Innerarity, 2011), de ahí la importancia del profesor o guía en el aprendizaje, ya que según Savater (1998), uno de los problemas de nuestro tiempo es el suponer que estar informado es sinónimo de ser racional. Para Savater la información no genera razón, es útil para el que ya tiene una razón desarrollada, ya que el conocimiento se produce a partir de una reflexión sobre la información, para jerarquizarla, ordenarla, maximizarla, etc.

3.2.4 Implicaciones didácticas y replanteamientos metodológicos

Ante este escenario, Yopasá (2018) reclaman que la utilización de herramientas visuales en la enseñanza de la química, el uso de imágenes, modelos concretos, fotos, gráficos, diagramas, programas de ordenador y otras herramientas de visualización, pueden mejorar la capacidad de representación del estudiante y ayudar a comprender los fenómenos químicos, ya que pueden ilustrar ideas que las palabras no pueden describir.

La enseñanza de la química no es pues una tarea fácil, y ningún método resulta infalible. Todos los recursos son buenos si se consigue el objetivo de propiciar un escenario facilitador de los procesos de aprendizaje. Parece evidente pues que los recursos tradicionales han dejado de funcionar a la hora de motivar a los estudiantes del siglo XXI y demuestran una serie de carencias a la hora de facilitar el aprendizaje de una materia tan compleja.

Castillo *et al.* (2013) mantienen que usar materiales atractivos y diversificados estimula a los estudiantes a ir cambiando el soporte didáctico en el que se hacen los trabajos y que ello promueve la motivación a aprender.

Para muchos autores se hace necesario generar curiosidad y motivar el aprendizaje, mediante actividades apropiadas y un currículum que sean, a la vez, interesantes y relevantes para los estudiantes y la sociedad (Aikenhead, 2003; Millar y Osborne, 1998; Vázquez *et al.*, 2005).

Acevedo (1996) y Martín-Gordillo (2003) ya hablaban de la necesidad de intervenir en los contenidos y de tomar otras decisiones sobre nuevos métodos de enseñanza y nuevas maneras de evaluar a los estudiantes (Manassero *et al.*, 2001; Acevedo *et al.*, 2003).

La ciencia escolar debe tener en cuenta las experiencias y los intereses personales de los estudiantes (Bybee, 1993). Para Acevedo (2004), además de esto, la ciencia en los centros educativos debe tener en cuenta la contextualización social y tecnológica de los propios contenidos científicos. Siguiendo las recomendaciones internacionales sobre educación científica, de esta manera se favorece que pueda afrontarse mejor y de manera más ajustada a las necesidades sociales el reto de una alfabetización científica para todo el alumnado (Acevedo *et al.*, 2003).

Según el especialista en didáctica de las ciencias Peter Fensham (2004), el principal problema al que los centros educativos se enfrentan respecto a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, son las inapropiadas y negativas actitudes de los estudiantes hacia la ciencia y la falta de interés hacia ellas.

Vázquez y Manassero (2008) mantienen que existe una gran paradoja respecto al declive en la actitud que los alumnos muestran hacia el estudio de las materias científico-tecnológica, y que debería llevarnos a una profunda reflexión, y es que cuanto más estudian ciencia los alumnos, más drásticamente disminuyen su interés por ellas. En la misma línea, Fensham (2004) mantiene que este desinterés hacia la ciencia escolar es el problema más dramático de la educación científica. El autor afirma que es la investigación didáctica la que debe afrontar este problema. Es pues evidente que urge cambiar la ciencia en la escuela, al menos, para evitar el declive actitudinal hacia CyT y que los alumnos se alejen de la ciencia por aborrecimiento Vázquez y Manassero (2008).

Y fue este desolador escenario el que promovió la creación del LDG *Top Chemist*, con la finalidad de contribuir a satisfacer esta necesidad tan importante que tenemos los docentes de asignaturas científicas.

3.3 Constructivismo en la sociedad de la información y la comunicación.

Es innegable el interés que para los expertos y profesionales de la educación ha despertado el adecuar todo este abanico de posibilidades que despliegan las TIC y las TAC a la manera de trabajar de la corriente constructivista.

El constructivismo es una corriente de pensamiento que tiene sus raíces en la filosofía, psicología, sociología y educación. El verbo construir significa ‘arreglar’ o ‘dar estructura’, y es justo este significado el que rige el principio básico de esta corriente de pensamiento, es decir, el aprendizaje humano se construye; en otras palabras, los conocimientos se elaboran a partir de enseñanzas anteriores. Para facilitar que sea posible, el aprendiz no debe permanecer pasivo como un mero espectador recibiendo unidireccionalmente información del maestro, sino que por el contrario su participación debe ser más activa en distintas actividades propuestas, orientadas y diseñadas para alcanzar los diversos objetivos didácticos. De esta manera se le proporciona al alumno la capacidad de controlar su propio aprendizaje para marcar su propio ritmo y permitirle que construya sus propios significados a medida que va aprendiendo.

Las personas no entienden, ni utilizan de manera inmediata la información que se les proporciona. En cambio, el individuo siente la necesidad de «construir» su propio conocimiento. El conocimiento se construye a través de la experiencia. La experiencia conduce a la creación de esquemas. Los esquemas son modelos mentales que almacenamos en nuestras mentes. Estos esquemas van cambiando, agrandándose y volviéndose más sofisticados a través de dos procesos complementarios: la asimilación y el alojamiento (Piaget, 1955).

Recordemos que esta corriente, que engloba investigaciones, modelos, teorías, enfoques y diseños increíblemente diversos, concede más importancia a la construcción activa de una visión del mundo y de sí mismo por parte del alumno que a la acumulación de información o procedimientos. Es una teoría que “propone que el ambiente de aprendizaje debe sostener múltiples perspectivas o interpretaciones de realidad, construcción de conocimiento, actividades basadas en experiencias ricas en contexto” (Jonassen, 1991). Y se centra en la construcción del propio conocimiento, no en su reproducción.

El constructivismo pretende (Driver y Oldham, 1986) lo siguiente:

- Que se tengan en cuenta las ideas previas de los alumnos, ya que lo que existe previamente en el cerebro del que aprende tiene importancia en el proceso enseñanza-aprendizaje.
- Que se conozca que la enseñanza implica la construcción activa del significado por parte del que aprende. Por tanto, los alumnos son responsables de su propio aprendizaje.
- Que se contemple el aprendizaje como la reorganización y desarrollo de las concepciones de los estudiantes; es decir, que se adopte una óptica de cambio conceptual del aprendizaje. Por ello se afirma que “encontrar sentido supone establecer soluciones”.

Las implicaciones derivadas del constructivismo pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Las personas tienen objetivos.
- El conocimiento es construido por las personas a través de la interacción social y mediante experiencias con el medio físico.
- El conocimiento y las estructuras constituidas por las creencias personales ejercen una influencia sobre los significados que la persona construye en una situación determinada.
- La construcción de significados es un proceso activo.
- Entender no es lo mismo que creer.
- El aprendizaje de ideas científicas implica un cambio conceptual.

Un componente importante del constructivismo es que la educación se enfoca en tareas auténticas, es decir que tienen una relevancia y utilidad en el mundo real (Hernández-Requena 2008).

Las TIC y las TAC proporcionan a los estudiantes la oportunidad de ampliar su experiencia en el aula, poniendo a su disposición actividades creativas e innovadoras de carácter colaborativo que les permiten afianzar lo aprendido al tiempo que se divierten.

Estas tecnologías están transformando el aula tradicional en un nuevo espacio. Estos nuevos aspectos que enriquecen el aula dan como resultado que el propio alumno sea capaz de construir

su conocimiento y que el educador cambie su papel de mero transmisor de conocimiento a guía, mentor y facilitador. De esta manera, las TIC pueden otorgar al profesor mayor libertad para explorar el ambiente tecnológico y más tiempo para dedicarlo, estando presente, a la resolución de dudas o de problemas cuando surjan. El *feedback*, ya sea correctivo o confirmatorio, entendiéndose este último como aquel dedicado a confirmar al alumno que sigue por buen camino aquella tarea que esté realizando en el momento, resulta ser de vital importancia en cualquier tipo de aprendizaje. Esta clase de *feedback* ayuda a los estudiantes a proseguir (cuando es correcto) en la misma línea de razonamiento en la que se han encaminado.

Para Fox (1991) el *feedback* desempeña un papel central en el discurso tutorial. El hecho de confirmar la corrección o no de cada paso que ejecuta el estudiante le permite al tutor proporcionarle una red de seguridad, ya que la falta de *feedback* es percibida por el estudiante como una señal de que ha cometido algún error (Fox, 1991). En este caso, según Merrill *et al.* (1995), la confirmación de las respuestas correctas permitiría a los estudiantes resolver el problema, pues les posibilita determinar más fácilmente qué acción es la responsable del éxito o bien en qué conocimientos fallan.

Como bien es conocido, la teoría constructivista se enfoca en la propia construcción del conocimiento a través de actividades basadas en experiencias contextualizadas. Las nuevas herramientas educativas y concretamente el LDG que se ha creado expresamente para la elaboración de este estudio doctoral ha pretendido, justamente, contextualizar al máximo los conocimientos a los cuales los alumnos van a acceder. Las potencialidades y ventajas que la informática y la creación de videojuegos nos ofrecen a este respecto son amplísimas y comprenden, desde la posibilidad de crear animaciones que ayuden a visualizar cualquier tipo de contenido de complejidad y abstracción variables, hasta la creación de simuladores virtuales que reproduzcan de manera fidedigna cualquier situación real, pasando por la aplicación de principios de gamificación para aumentar la motivación y el interés de los alumnos por el aprendizaje.

Es evidente que el constructivismo ofrece un nuevo paradigma para esta nueva era de la información, ya que todas estas tecnologías ofrecen a los estudiantes y educadores una gran paleta de ventajas:

- Acceso instantáneo a un gran volumen de información ilimitada.
- Al estudiante le permite controlar, a demanda, la dirección e intensidad de su aprendizaje.
- A los educadores les puede aportar herramientas motivadoras que les permitan llegar a cada uno de sus estudiantes de manera más personal, individualizada y adaptada a sus necesidades. Así mismo las TIC's permiten aportar una experiencia de aprendizaje excepcional para cada individuo que les ayude a seguir construyendo su propio conocimiento.

La aparición en escena de las nuevas tecnologías ha cambiado el esquema tradicional del aula para enriquecerlo. Esta nueva manera de aprender brinda a los estudiantes una experiencia para la construcción de su conocimiento jamás vista anteriormente y ofrecen una nueva herramienta constructivista que interviene de manera nueva y refrescante en el proceso del aprendizaje significativo de nuestros estudiantes.

Como se ha citado anteriormente, uno de los principios básicos para garantizar que el proceso de alojamiento y asimilación de información de la información sea efectivo es el del aprendizaje como un proceso activo (Piaget, 1978). La experiencia directa, el error y la búsqueda de soluciones son procesos imprescindibles que favorecen el aprendizaje y ayudan al estudiante a ir construyendo el andamiaje de su propio conocimiento. Pero en este caso la manera en que la información se presenta al estudiante es de vital importancia. Para Piaget debe evitarse presentar la información de manera aislada, solitaria o arbitraria, sino que debe ser introducida como una forma de solución a un problema; en otras palabras, que funcione como una herramienta para solucionar algún problema concreto, y no exponerla de manera arbitraria y descontextualizada.

3.3.1 El modelo constructivista con las TIC en el modelo de aprendizaje.

El constructivismo ve el aprendizaje como un proceso de construcción activa de nuevas ideas o conceptos a partir de conocimientos presentes y pasados. En palabras de Ormrod (2003), “el aprendizaje se forma construyendo nuestros propios conocimientos desde nuestras propias experiencias”.

En los últimos años son numerosos los autores que han investigado sobre el papel que las TIC pueden desempeñar en el aprendizaje constructivista, poniendo de manifiesto que estas proporcionan las herramientas para que los estudiantes accedan a la información de manera libre y creativa. (Hernández-Requena, 2008).

Las TIC poseen características que las hacen ideales para desarrollar una metodología de aprendizaje constructivista. Sus cualidades la convierten en herramientas poderosas a utilizar en el proceso de aprendizaje de los estudiantes: inmaterialidad, interactividad, elevados parámetros de calidad de imagen y sonido, instantaneidad, digitalización, interconexión, diversidad e innovación (ATTES, 2003).

Respecto a sus características, Hernández-Requena (2008) destaca que los sonidos y las imágenes son herramientas que fomentan la creatividad de los estudiantes, estimulando su aprendizaje al crear riqueza en el contexto impartido. Para esta autora, la manera de recibir la información es de especial relevancia, y las nuevas tecnologías la proporcionan en las mejores condiciones técnicas posibles y generalmente instantáneamente.

Papert (1993) mantiene que la tecnología debe ir más allá de modificar y mejorar la forma como enseñan los educadores, así como el contenido de lo que enseñan. Para este autor los sistemas informáticos, adecuadamente configurados, son mucho más poderosos que los materiales de enseñanza tradicionales siendo las TIC más accesibles y significativos para los estudiantes.

Desde el constructivismo social auspiciado por los planteamientos de Vygotsky (1985), se invita que los alumnos se sientan motivados a participar e interactuar en el proceso de aprendizaje. Son numerosos los estudios demuestran las abundantes ventajas de aumentar la implicación y la participación de los alumnos en el aula (Chao y Chen, 2009; Sharples *et al.*, 2005).

Las discusiones generadas por la participación ayudan a mejorar la capacidad de los estudiantes para poner a prueba sus ideas, sus habilidades colaborativas y de resolución de problemas, así como a construir una comprensión más profunda de lo que están aprendiendo. Para Thinley *et al.* (2014) adoptar tecnologías móviles en el proceso enseñanza-aprendizaje ayuda a explotar los enfoques pedagógicos socioconstructivistas del aprendizaje.

Thinley *et al.* (2014) mantienen que, para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje de manera efectiva, necesitamos integrar las capacidades tecnológicas disponibles de una manera que

mejore el proceso de enseñanza y aprendizaje en lugar de simplemente reemplazar la forma tradicional de enseñanza y aprendizaje.

Para Roschelle *et al.*, (2000) el aprendizaje es más efectivo cuando están presentes cuatro características fundamentales: compromiso activo, participación en grupo, interacción frecuente y retroalimentación y conexiones con el contexto del mundo real.

Estas características son propias del aprendizaje constructivista y sin duda las nuevas tecnologías del aprendizaje y particularmente las *apps* gamificadas y los videojuegos educativos las promueven en especial.

A continuación, haremos un breve repaso de estas y veremos cómo están íntimamente conectadas a las TIC, y en particular a las *apps* y videojuegos educativos.

3.3.1.1 *Las TIC y el compromiso activo*

Son muchas las investigaciones que demuestran que cuando los estudiantes se sitúan en un rol pasivo, es decir de mero receptor de información, habitualmente son menos capaces de aplicar lo que han aprendido en situaciones ajenas al aula. Por el contrario, el aprendizaje resulta más efectivo si el alumno ha participado activamente en la construcción de éste (Bonwell y Eison, 1991; Johnson *et al.*, 1991). En este sentido Becker (1997), afirma que los estudiantes aprenden mejor y están más comprometidos con el aprendizaje cuando se son activos en el aula. Asimismo, Aguilar (2011) afirma que todo aprendizaje genuino es activo y no pasivo, puesto que éste involucra el uso de la mente y no solo la memoria. Ausubel (1968) por su parte contrapone el aprendizaje memorístico, en el que el docente es un mero transmisor de conceptos que el alumno debe retener con la misma estructura, al aprendizaje significativo, en el cual existe una intervención activa del alumno para relacionar conceptos nuevos con los que ya tenía.

En esta situación, para Zabalza (2002), el papel del profesorado pasa de ser transmisor de información a facilitador, así como el del alumnado, quien como aprendiz debe tornarse activo, autónomo, reflexivo, cooperativo y responsable en buscar, descubrir y construir su conocimiento.

Cuando los estudiantes muestran un compromiso activo en el aula, logran una comprensión más profunda de los conceptos de la asignatura. Trabajan con los conceptos a los niveles cognitivos más elevados (Salemi, 2002). Para autores como MacGregor *et al.* (2000), el aprendizaje activo promueve una actitud positiva ante el aprendizaje y en consecuencia una mayor motivación hacia la materia.

Para González (2000), el aprendizaje activo implica que el estudiante debe estar expuesto continuamente, bien sea por voluntad propia o porque la estrategia utilizada por el profesor así lo exige, a situaciones que le demanden operaciones intelectuales de orden superior: análisis, síntesis, interpretación, inferencia y evaluación.

Sierra (2013) mantienen que las metodologías docentes tradicionales, basadas en el protagonismo absoluto de los profesores, se han mostrado ineficaces para atajar el elevado fracaso escolar, y ven la necesidad de sustituir dichas metodologías, orientadas únicamente a la acumulación de conocimientos científico-técnicos y a la puesta en práctica de éstos, por otras capaces de alcanzar los objetivos señalados. Las nuevas tecnologías de la educación y en particular las aplicaciones y los videojuegos educativos pueden generar la motivación necesaria para que el alumno se involucre en un aprendizaje activo, reflexivo y analítico.

3.3.1.2 *Las TIC y la participación en grupos*

Vygotsky (1985) nos habla de la importancia del componente social en el aprendizaje. El contexto social es altamente importante en los procesos de aprendizaje y como animales sociales que somos, compartir éxitos, fracasos, problemas y soluciones con amigos y compañeros ha resultado ser un motivador del aprendizaje de primer nivel.

La identidad se consolida a través de a participación en la comunidad en la que se puede involucrarse, compartir ideas y sentirse parte. En este sentido Todorov (1995) mantenía que la esencia de la educación es la socialización, la mediación y la comunicación: “estamos hechos a modo de retazos de los otros”.

Sin duda las TIC aportan dicha componente de socialización a través de muchos tipos de plataformas educativas, a través de las cuales se puede generar interacción entre los participantes.

Consideramos, a partir de la experiencia en la implementación de *Top Chemist* que los videojuegos educativos, aunque a primera vista algunas de sus características sean de tipo conductista (ensayo-error) o tengan características que *a priori* no sean propias del aprendizaje constructivista, como por ejemplo la competitividad, elementos como organigramas o los avatares, desarrollan una función de sociabilización de primera magnitud, que une y hace interactuar de una manera sorprendente al grupo.

3.3.1.3 *Las TIC, la interacción y el feedback*

En el aprendizaje tradicional la interacción y *feedback* quedan relegados a un segundo plano. La corrección de un examen o una actividad puede, en ocasiones, tardar semanas. En este sentido las herramientas tecnológicas ofrecen una interactividad y una retroalimentación inmediatas.

En este sentido los juegos educativos son herramientas de aprendizaje constructivista de primer nivel. El alumno es activo en el proceso de aprendizaje y además responsable del mismo. Y además tiene que ser consciente de lo que aprende, de lo que se debe aprender y de lo que aún no ha aprendido. (Sierra, 2013).

A esto hay que añadir que este tipo de herramientas permiten al alumno conectarse con el profesor, con otro alumno o con los contenidos, en cualquier momento y en cualquier lugar, siempre que se disponga de un dispositivo móvil y de acceso a internet, ofreciendo a los estudiantes la posibilidad de una interacción y feedback frecuentes.

Especialmente importante es el recurso que como docentes nos ofrecen las TIC, y especialmente el LDG *Top Chemist*, a saber, la posibilidad de tener un seguimiento personalizado de nuestros alumnos como antes no se había conseguido.

3.3.1.4 *Las TIC y la conexión con el mundo real*

Uno de los grandes inconvenientes del aprendizaje tradicional es que, en la mayoría de ocasiones, el estudiante no llega a relacionar los contenidos teóricos impartidos con la realidad. En este sentido, las nuevas herramientas tecnológicas tienen mucho que aportar. Sin ir más lejos,

tenemos el ejemplo de los *Serious Games*, por ejemplo, los famosos videojuegos de simulación en los que se reproducen fidedignamente situaciones de la vida real en las cuales debes aplicar los conocimientos aprendidos, claramente la metodología constructivista en su máximo exponente. En este sentido se trata de un trabajo de desarrollo competencial de gran nivel, y es exactamente lo que se ha pretendido desarrollar con el LDG *Top Chemist*, una herramienta innovadora que, como se verá en el apartado 3.7 del presente capítulo de esta tesis doctoral (*Top Chemist* y las competencias básicas), sea capaz de desarrollar una gran parte de las competencias curriculares programadas en la Educación Secundaria Obligatoria.

En resumen, las nuevas tecnologías aportan una serie de recursos al aula tradicional que potencian claramente el aprendizaje constructivista. Como se ha podido ver, sus aplicaciones en el ámbito educativo son enormes, tanto a nivel motivacional como aportando un nuevo modelo de materiales muy diferente al proceso de enseñanza tradicional. Por tanto, ayudan a crear una experiencia diferente en los procesos de enseñanza, vinculándose con la manera de aprender de los jóvenes. Al fin y al cabo, consiguiendo aportar los contenidos y las metodologías adecuadas para crear las experiencias necesarias para la construcción de su propio conocimiento.

3.3.2 El aprendizaje en el nuevo contexto tecnológico

Sociedad de conocimiento y sociedad de aprendizaje son sinónimos; es más, no puede haber una sin la otra. En este contexto, el papel que adquieren los procesos de aprendizaje y los sistemas educativos y formativos es vital y una de las principales características que definen la sociedad del conocimiento. Esta no se limita a un momento puntual en la vida de una persona, sino que está ligado de manera indisoluble a la comprensión de la educación y la formación en un contexto más amplio, donde el aprendizaje a lo largo de la vida se hace necesario. “El individuo debe ser capaz de manipular conocimiento, actualizarlo y seleccionarlo de manera apropiada para un contexto específico, así como ser capaz de aprender permanentemente, entender lo que aprende y todo de forma que pueda adaptarlo a nuevas situaciones que se transforman rápidamente” (Martínez Mut, 2005).

Otra característica principal de la sociedad del aprendizaje es que éste abandona el marco formativo formal para difundirse en espacios no formales o informales. Como afirman López y Leal (2002), “Se aprende constantemente y en cualquier circunstancia”.

La formación se convierte así en un tema esencial en prácticamente la totalidad de los ámbitos socio-económicos y políticos. El libro Blanco sobre la Educación y la Formación (CCE, 1995) ya hace más de 25 años, insistía en la necesidad de utilizar adecuadamente la educación y la formación para aprovechar todas las oportunidades que ofrecen los cambios introducidos por las Tecnologías de la Información y la Comunicación, consideradas como los principales vectores de identificación, pertenencia y promoción social.

Si echamos una mirada al pasado, en la sociedad industrial se partía de la premisa de que la persona no cambiaría de profesión a lo largo de su vida y se apostaba por procesos de aprendizaje y formación más estáticos y pasivos en los que los aprendizajes se concebían como hitos puntuales en la vida, situaciones que tendían a concentrarse en las etapas iniciales de la formación y en periodos iniciales de fases preparatorias previas al ingreso a la vida laboral activa.

Contrariamente, la sociedad actual, la del conocimiento, gracias a todos los avances tecnológicos, especialmente las TIC, activa, estimula y transforma constantemente los procesos de aprendizaje de los que bebe directamente por ser instrumentos de futuro y garantía para el cambio. El futuro de las nuevas tecnologías es tan importante que, según un estudio realizado por la universidad de Oxford, en 15 años alrededor de 700 profesiones serán reemplazadas por máquinas (Frey y Osborne, 2013).

Según un estudio de Adecco, los perfiles cualificados ligados a la tecnología y al ámbito digital serán, junto a los especialistas en *marketing*, los que más relevancia alcanzarán en los próximos 5 y 10 años. Así mismo la Unión Europea prevé que hasta el 2020 se crearán 900.000 nuevos puestos de trabajo tecnológico, muchos de los cuales serán nuevas tareas y profesiones que todavía no conocemos adecuadamente o están por venir.

Actualmente, los sistemas formativos dominantes todavía continúan concediendo más importancia a los resultados que a los procesos de aprendizaje en sí. El conflicto se resume en la siguiente frase: “se está formando a personas para una sociedad que ha dejado de existir” (López y Leal, 2002).

Las instituciones formativas no se están adaptando al ritmo que la sociedad demanda, y este desfase genera frustración y desmotivación a los que esperan que la formación les ayude a entrar en el mundo laboral con garantías de éxito. Es un hecho contrastado que, en la sociedad del conocimiento, el bienestar socioeconómico de un país está influido por el nivel y la calidad de los conocimientos de sus miembros y consecuentemente ciudadanos activos responsable del desarrollo de una nueva economía. Es por ello por lo que la formación y el aprendizaje es, en cualquier sociedad moderna, una apuesta de futuro que requiere una educación y formación continúa a lo largo de la vida de los miembros de la sociedad, y que garantice la continuación de un modelo de éxito de aprendizaje en concordancia a los tiempos que corren.

Queda por tanto en evidencia que, en la sociedad del conocimiento, la educación y la formación necesitan adquirir todavía un mayor protagonismo, por ser base y motor de toda sociedad moderna, donde la tecnología debe jugar un papel fundamental como fuente y vehículo para alcanzar el mejor de los estados de bienestar.

3.3.3 Las TIC y la educación

En la historia de la humanidad la tecnología siempre ha ejercido una gran influencia en todo lo relacionado con la educación. Sin ir más lejos, el descubrimiento del pergamino como soporte de escritura revolucionó la manera de almacenar los conocimientos para pasarlos de manera más eficaz a las generaciones venideras. De la misma manera podríamos hablar de la invención de la imprenta, que permitió la creación masiva de libros más accesibles y baratos. Este invento tecnológico también supuso, como muchos otros, un paso de gigante en la democratización del conocimiento y nos llevó de cabeza hacia la Revolución Industrial del siglo XIX.

En la actualidad está sucediendo algo similar: los esquemas están cambiando, la repercusión que las tecnologías están causando en la manera que tenemos de acceder a la información y en consecuencia aprender, es claramente significativa.

Las TIC poseen características que las convierten en herramientas poderosas a utilizar en el proceso de aprendizaje de los estudiantes: inmaterialidad, interactividad, elevados parámetros de calidad de imagen y sonido, instantaneidad, digitalización, interconexión, diversidad e

innovación (ATTES, 2003). Para Carneiro *et al.* (2009), “las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) son la palanca principal de transformaciones sin precedentes en el mundo contemporáneo”. Para estos autores, ninguna otra tecnología ha originado tan grandes mutaciones en la sociedad, en la cultura y en la economía. Y mantienen que, gracias a las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, la humanidad ha cambiado los modos de comunicar, de entretener, de trabajar, de negociar, de gobernar y de socializar, sobre la base de la difusión y uso de las TIC a escala global. En esta línea Pérez (2002) habla del “punto de inflexión” donde se encuentra actualmente la humanidad, gracias a una transformación tecnológica sin precedentes. Transformación que afecta a todos los estamentos de nuestra sociedad, pero de manera muy especial a los métodos de producción y desarrollo económico. Para Carneiro *et al.* (2009), instituciones como la escuela, las universidades, los gobiernos y las propias empresas “se encuentran sujetas a la presión de los desafíos inaplazables de ajuste estructural y de reforma profunda” y mantienen que, “si el conocimiento es el motor de las nuevas economías, su combustible es el aprendizaje. Por eso, el aprendizaje a lo largo de la vida surge como el mayor reto formativo presentado a las personas y a las organizaciones en el nuevo siglo”.

A este respecto se encuentran ejemplos en la historia reciente, en los que se demuestran cómo la apuesta en la formación del capital humano de un país ha sido capaz de generar diferencias entre economías y naciones. Un estudio científico elaborado en la Universidad de Harvard en el 2003 analizó los efectos de la educación sobre la población activa americana entre 1915 y 1999. El resultado estimó que, como consecuencia directa de la apuesta de Estados Unidos en capital humano, esto provocó una contribución anual del orden del 22% para los aumentos en productividad del factor trabajo y un incremento líquido de 0,35 puntos porcentuales por año para el crecimiento del PIB (Goldin y Katz, 2003).

Especialmente relevante fue el periodo comprendido entre el 1910 y el 1940, en el que se generalizó la educación secundaria obligatoria, cuyo peso fue, según este estudio, crucial para la expansión económica americana que tuvo lugar en la segunda mitad del siglo xx y puso los fundamentos de su ventaja estratégica sobre las demás economías del mundo (DeLong et al, 2003).

Es, por tanto, más que evidente la importancia y el impacto que la educación y la formación continúa de los ciudadanos, tiene sobre los procesos socioeconómicos de cualquier país. En esta, la actual era del conocimiento, caracterizada por la continua mutación a un ritmo cada vez más acelerado, organizaciones hechas de personas, deben aprender y gestionar el conocimiento de manera continua y eficaz, con el objetivo de crear valor añadido, para otras personas, consumidores, alumnos o ciudadanos.

Todos los analistas sociales y económicos mantienen que la era del conocimiento representa una gran oportunidad para la escuela (Carneiro *et al.*, 2009).

Carneiro (2000) mantiene que como sociedad nos encontramos en pleno proceso evolutivo hasta llegar a lo que él denomina la Sociedad educativa. Tal proceso evolutivo está sostenido por tres ejes que se representan en la figura 3.1.:

- El eje horizontal representa los cambios de paradigma: En el pasado teníamos el modelo industrial, en el presente vivimos la globalización, y como utopía, el autor plantea un nuevo período de Renacimiento/nuevo humanismo.
- El eje vertical derecho representa las fuerzas motoras de la sociedad: en el pasado predominaba el mandato tecno-burocrático-corporativo, la tendencia actual es la dominancia del mercado como fuerza motora de la sociedad. Carneiro (2000) propone una visión utópica en beneficio de la sociedad civil, situando a las comunidades capacitadas y actuantes como fuerzas motoras de la sociedad.
- El eje vertical izquierdo representa los modos de prestación o formas de distribución: en este eje, el autor sitúa los sistemas uniformes y rutinarios del pasado, la distribución segmentada que representa la tendencia actual del mercado y una visión utópico-futurista que tiene por finalidad alcanzar niveles crecientes de personalización y de “customización” de la educación.

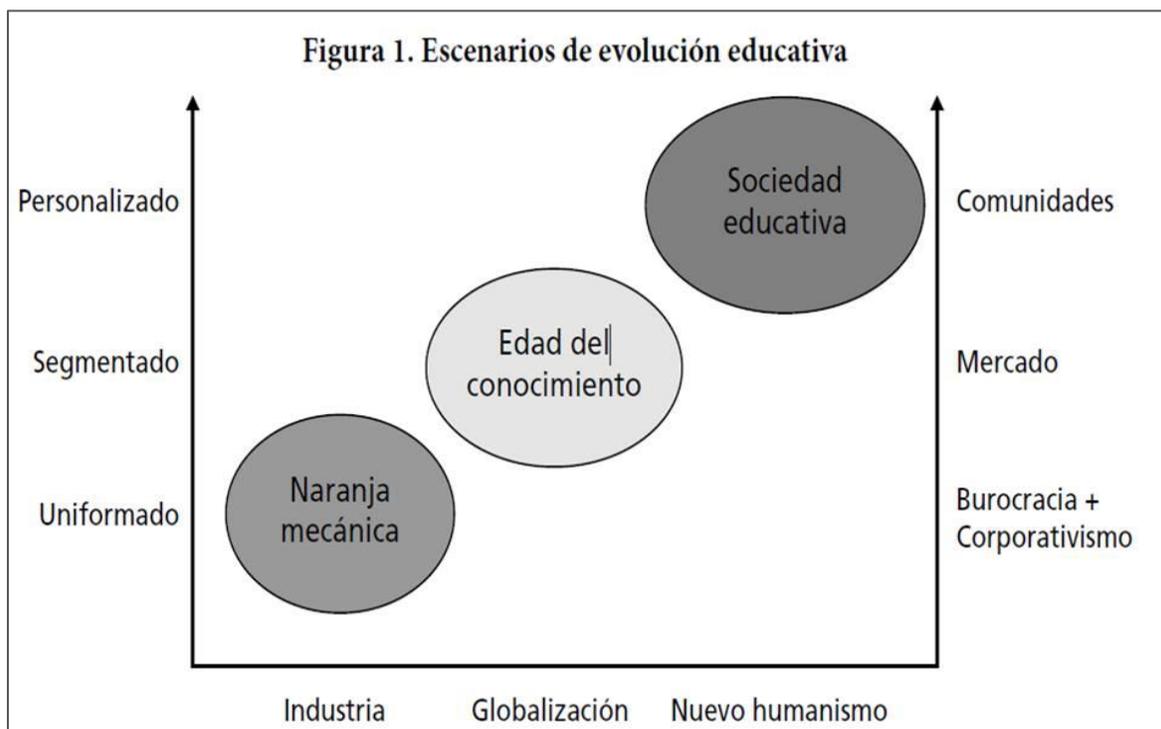


Figura 3.1. Proceso evolutivo hasta llegar a la Sociedad Educativa según Caneiro (2000).

Para Carneiro *et al.* (2002), la naranja mecánica simboliza el modelo educativo industrial, basado en el paradigma de enseñar para “crear” productores en grandes “máquinas educativas”. Para este autor, este paradigma educativo fue legado, a principios del siglo XX, por el célebre psicólogo americano E. Thorndike. Para Carneiro, la teoría asociacionista de Thorndike ha determinado el modelo escolar de los últimos cien años, y ha resistido las embestidas tecnológicas a lo largo del último siglo.

No obstante, este cambio de paradigma ha empezado a provocar transformaciones en la metodología de la enseñanza. La formación virtual ha empezado a jugar un papel muy importante en este cambio de paradigma, en el cual las TIC con todas sus variantes de aprendizaje (*Learning*) han ido implantándose en los escenarios educativos. Ejemplos como los *serious games*, los videojuegos educativos o el Libro Digital Gamificado *Top Chemist*, son sin duda ejemplos transformadores de las antiguas prácticas educativas.

3.3.4 La formación virtual: Clasificación y características del *E-learning*, *B-learning*, *T-Learning* y la *M-learning*

En los últimos años las tecnologías de la información y la comunicación han ido implantándose progresivamente hasta arraigar con fuerza a los centros educativos. Estas tecnologías han hecho posible la implantación de los subsecuentes tipos de aprendizaje.

Antes de definir en qué consiste el *M-Learning*, es necesario empezar conociendo en qué han consistido los tipos de aprendizaje previos.

El *E-learning*, según Cabero (2006) y Valentín (2003), significa aprender en red. La aparición de internet es el punto de partida de esta metodología. Se trata de un tipo de metodología innovadora que utiliza internet como vehículo de aprendizaje.

Según Lara y Duart (2005), “1990 es el momento clave y embrionario en el diseño de los modelos tecnológicos y pedagógicos para la educación basada en tecnologías a través de internet”.

La evolución de este tipo de metodología dio a otras metodologías como la del *B-Learning*, que se define como “formación combinada o mixta (*blended learning*)” (Santillán, 2006).

Esta es la ampliamente empleada modalidad semi-presencial de estudios que incluyen la formación no presencial de los cursos *on-line* (*E-learning*) y la formación presencial. El *T-Learning* es el aprendizaje a través de la televisión (Salmerón *et al.*, 2010).

El *M-Learning*, o aprendizaje móvil (Herrera y Fennema, 2011) es una metodología de aprendizaje a través de dispositivos móviles como el teléfono móvil (*Smartphone*), *PDA*, *tablet*, *PocketPC*, *iPod* o cualquier dispositivo de mano que tenga alguna forma de conectividad inalámbrica.

Según Pisant *et al.* (2010) el *M-Learning* difiere del *E-learning* y del *B-Learning* en que es capaz de borrar tanto las barreras temporales como las espaciales, ofreciendo al usuario la oportunidad de estar conectado en cualquier lugar y momento gracias a las tecnologías que ofrecen todas las modalidades de dispositivos móviles, ya sean *tablets*, *smartphones* u ordenadores portátiles.

Según Pisant *et al.* (2010), el *M-Learning* aparece en los Estados Unidos a la década de los 90, cuando empiezan a aparecer las primeras tecnologías móviles. La corriente entra a Europa en el

2001. A partir de aquel momento y con la aparición de nuevas TIC, este tipo de aprendizaje fue evolucionando y extendiéndose hasta la actualidad, demostrando el gran potencial de futuro como herramienta educativa.

Es por eso que el *M-Learning* puede considerarse un recurso metodológico innovador pero que requiere una infraestructura por parte de las instituciones educativas que muchas veces es insuficiente.

Según diferentes autores como Carbonell (2002), Escudero (1988), Imbernón (1996) y Rivas (2000), la innovación educativa se puede entender como el conjunto de ideas, actitudes, procesos de cambio y estrategias de investigación, más o menos sistematizados y efectuados de manera colectiva, orientados a generar conocimiento desde la información propia de la organización, la finalidad del cual es mejorar la práctica educativa, buscando la calidad y propiciar la disposición en la investigación, el descubrimiento, la reflexión y la crítica.

El *Mobile Learning* o *M-Learning* procede del *E-learning* y por tanto, no solo reúne las mismas ventajas sino que incorpora nuevos beneficios en el proceso de aprendizaje. Entre los principales hay la capacidad de ofrecer un aprendizaje personalizado en cualquier momento y lugar, las posibilidades para realizar aprendizajes adaptados al nivel de cada alumno y por último la diversión que representa para los alumnos trabajar con unas tecnologías tan atractivas y tan de moda como éstas.

El adelanto de todas estas tecnologías está generando grandes expectativas al sistema educativo, el cual divisa un mar de posibilidades a través del desarrollo de las aplicaciones móviles. Es por eso por lo que últimamente se están empezando a realizar interesantes iniciativas empresariales en el campo de las *apps* educativas, así como gran cantidad de proyectos de investigación por parte de gobiernos e instituciones educativas.

3.3.5 Beneficios y riesgos de las TIC como recurso psicopedagógico

A primera vista se puedan deducir beneficios o riesgos de la introducción de las TIC en el aula. Los efectos de la combinación entre tecnología y educación han sido estudiados desde hace

aproximadamente tres décadas (Upitis, 1995), y existen multitud de estudios experimentales de relevancia y revisiones teóricas que nos pueden aportar información al respecto.

De forma general son diversos los estudios que indican que el uso de la tecnología educativa tiene efectos positivos en los alumnos, por ejemplo, en el desarrollo de los procesos cognitivos. En este sentido el Institute for Learning Sciences (1994) ya mantenía que existía un aumento en la atención y concentración de los alumnos. Por otra parte, Hepp (1999) ya destacaba la necesidad de incorporar herramientas educativas modernas y pertenecientes al contexto histórico actual, como apoyo para la adquisición de las competencias educativas necesarias, para garantizar que los alumnos puedan enfrentarse adecuadamente al futuro.

A continuación, se enumeran los beneficios y riesgos que las TIC pueden representar en un contexto educativo.

3.3.5.1 *Beneficios*

Son muchos los autores que han destacado los beneficios que comportan estas tecnologías móviles en el aula como uso pedagógico. Algunos de ellos los citaremos a continuación. Herrera y Fennema (2011) destacan: (a) portabilidad, (b) conectividad en cualquier momento y lugar, (c) acceso flexible y oportuno a los recursos de aprendizaje, (d) inmediatez de la comunicación, (e) participación y compromiso de los alumnos, (f) experiencias de aprendizaje activas, (g) aumento de la alfabetización informática, (h) mejora de las competencias de comunicación y creación de comunidades, (y) potencia de la creación de la identidad, (j) aprendizaje colaborativo, (k) mayor uso de las tutorías.

Además de los beneficios mencionados anteriormente se han llevado a cabo iniciativas como la de EducaMovil, en México o Perú. Se trata de una iniciativa para incorporar el aprendizaje a través de teléfonos móviles a centros con pocos recursos. Además, el proyecto también se ha ido llevando a cabo en otros países como Chile (Zurita y Nussbaum, 2004; Zurita *et al.*, 2005) o en los Estados Unidos (Druin *et al.*, 2002).

Los resultados demuestran otros beneficios asociados al uso de las tecnologías móviles a la educación (Gerónimo y Rocha, 2007) como son: (a) el bajo coste, (b) la movilidad, (c) las responsabilidades individuales y (d) la oportunidad de trabajo colaborativo.

Así mismo Gerónimo y Rocha (2007) afirman que “El uso de la tecnología en la enseñanza genera situaciones o conceptos nuevos para que los niños manifiesten sus actitudes y sus sentimientos, además refuerzan el aprendizaje colaborativo motivando el descubrimiento de un nuevo conocimiento del que se quiere aprender”. Para Kulik (1994), hay un incremento notable en la motivación de los estudiantes por aprender, gracias al uso de la tecnología.

Ya en el ámbito universitario, otros autores como Álvarez Sánchez y Edwards (2006) concluyen que el uso del teléfono móvil en los procesos de enseñanza-aprendizaje presenta una serie de ventajas pedagógicas y habla de: (a) Es una herramienta de la que disponen prácticamente todos los estudiantes y brinda enormes posibilidades de interacción en los ambientes de aprendizaje, (b) facilita la comunicación profesor-alumno en el ambiente universitario, (c) es flexible, de medida pequeña, fácil de utilizar y su coste puede ser bastante bajo, (d) es un instrumento eficaz para la gestión eficiente del tiempo y para la gestión de espacios y recursos, limitados y compartidos, (e) mejora la participación de los estudiantes y la implantación de metodologías activas dentro de los campus.

Otros estudios más recientes llevados a cabo por González y López (2012), señalan los beneficios que pueden aportar el trabajo en el aula con el que ofrecen estas tecnologías, como la inclusión en el aula o el trabajo cooperativo, así como de “mejorar las relaciones interpersonales entre el alumnado, la capacidad de liderazgo y la gestión grupal” (Herrera *et al.*, 2008).

Además de estos beneficios, han sido otros muchos autores, entre los que podemos citar a Ardito y Lanzilotti (2008) o Gallardo *et al.* (2006), los que señalan que el uso de tecnologías de *M-Learning* al aula contribuye significativamente a adquirir y consolidar los contenidos técnicos de varias especialidades y áreas.

La conectividad de los *smartphones* u otros sistemas de *M-Learning* añade todavía más beneficios a los antes mencionados, así Cabero (2007) menciona algunas ventajas más como por ejemplo: (a) Pone a disposición del alumno un amplio volumen de información, (b) facilita la actualización de la información y de los contenidos y la hace más flexible, (c) permite la deslocalización de los

conocimiento, (d) facilita la autonomía del estudiante, (e) propicia una información “*just in time and just for me*”, (f) ofrece distintas herramientas de comunicación sincrónica y asincrónica, (g) favorece una formación multimedia, (h) permite la interactividad en diferentes ámbitos, (y) proporciona el uso de los materiales, los objetos de aprendizaje, en diferentes cursos, (j) las actividades realizadas por los estudiantes quedan registradas a los servidores y (k) ahorra costes en desplazamientos.

Del mismo modo Escalera (2010) señala otros beneficios en paralelo de la *M-Learning* como recurso educativo, destacando: (a) los dispositivos móviles son cada vez más accesibles, más potentes y con mayor conectividad, factor que potencia el aprendizaje en cualquier lugar y momento, (b) existe una creciente tendencia en la popularización de estos aparatos, sobre todo los móviles y *tablets*, (c) tecnologías como el *BlueTooth* aumentan la conectividad entre aparatos sin necesidad de conexión a la red, (d) actualmente existen gran cantidad de lugares de acceso libre a la red.

Además de todas estas ventajas hay que recordar que prácticamente la gran mayoría de dispositivos que se están vendiendo actualmente, venden con un pack de conectividad *Wireless* 4G y 5G a precios muy accesibles, factor que comporta que la inmensa mayoría de estos dispositivos tengan acceso a internet sin limitaciones de tiempos ni lugar.

3.3.5.2 Riesgos

Son algunos autores los que reseñan los prejuicios que puede comportar el uso de teléfonos móviles, *tablets* u ordenadores portátiles al aula. Entre ellos, Cabero (2006) habla de los inconvenientes que puede comportar el acceso a internet y habla de: (a) requiere más inversión de tiempo por parte del docente, (b) requiere unas competencias tecnológicas mínimas por parte de docentes y del alumnos, (c) requiere que el estudiante tenga habilidades para el aprendizaje autónomo, (d) puede disminuir la calidad de la formación si no se da una razón adecuada docente-alumno, (e) requiere más trabajo de lo convencional, (f) supone la baja calidad de muchos cursos y contenidos actuales.

Además de los riesgos derivados de la utilización de dispositivos de aprendizaje móvil citados anteriormente, Escalera (2010) describe unos más: (a) los teléfonos móviles tienen menor comodidad para trabajar en relación con un *PC*, (b) los dispositivos móviles están en constante evolución y, por lo tanto, quedan obsoletos rápidamente.

Otros autores, como Berríos y Buxarrais (2005), señalan los peligros de dependencia y adicción que pueden crear los teléfonos móviles entre los escolares, hasta poder desembocar en: (a) absentismo escolar, (b) carencia de respeto de los horarios escolares, (c) adicción a chats y desatender la relación con los compañeros, etc.

Otros autores como Naval *et al.* (2003) señalan que los jóvenes reconocen su adicción al móvil y son conscientes de que hacen un uso desmesurado del mismo, reconociendo su dependencia.

Por otro lado, aparece entre muchas instituciones educativas la versión virtual del *bullying*, el *cyberbullying* (Avilés, 2009), añadiendo un riesgo más al uso de este tipo de tecnologías en la educación. Estos tipos de problemáticas requieren una mayor atención por parte del docente y su control repercute en tiempo que no se le está dedicando a la asignatura.

Si hablamos de los videojuegos, es conocido el efecto de inmersión que estos llegan a producir en el jugador. Este efecto, lejos de ser considerado como una oportunidad para atraer la atención de nuestros alumnos, es frecuentemente interpretado como alienante o adictivo. Es por ello por lo que los videojuegos son, aunque cada vez menos, vistos como un elemento de puro entretenimiento, para ser utilizados en situaciones de recreo. Esta situación se ha traducido en la consideración de los videojuegos como elementos perturbadores que, lejos de favorecer, son un estorbo para el aprendizaje, y no como un material capaz de aumentar la atención y el procesamiento activo de los contenidos educativos por parte del jugador (Lepper y Malone, 1987).

En este sentido, el desafío a la que se enfrenta la industria de los videojuegos educativos consiste en modificar la percepción del videojuego para que sea valorado como un recurso que aprovecha los efectos de atención, concentración y entretenimiento que provoca, sin descuidar los aspectos instruccionales. Para Baltra (1990), si se lograra combinar elementos instruccionales con el interés intrínseco que tienen los niños y estudiantes por los videojuegos, tendríamos a nuestra disposición una gran herramienta de aprendizaje y motivación dentro del aula.

3.3.6 Potencialidades de estos recursos

Aunque ha habido opiniones negativas respecto a la idoneidad del juego y su utilidad en el ámbito educativo, manteniendo que los juegos no proponen un contexto de seriedad en el aprendizaje o que producen divergencias en la atención de los estudiantes, algunos autores otorgan una importancia fundamental al juego como vehiculador de los procesos de aprendizaje y consideran que no existe nada más serio que el juego. Éstos mantienen que no existe otra actividad humana que esté tan estructurada y que tenga tantas reglas, contenidos, procedimientos, objetivos, límites de tiempo e incentivos como un juego (García-Ruíz y Orozco, 2008).

Después de analizar los beneficios y los riesgos del uso de las tecnologías de *M-learning* en el aula, algunos autores proponen una serie de potencialidades que dentro del ámbito educativo puede lograr este recurso. Hay que decir que, a pesar de que algunos autores proponen potencialidades de estos recursos como recurso educativo, no existen todavía estudios concluyentes al respecto. Así Coll (2004) defiende el uso del teléfono móvil o tabletas en el aula, asegurando que aporta las siguientes potencialidades: (a) formalismo, (b) interactividad, (c) dinamismo, (d) multimedia, (e) hipermedia y (f) conectividad.

Así mismo Woodill (2011) añade que el uso de herramientas de M-learning como el teléfono móvil mejora: (a) la retención, (b) la eficiencia, (c) el ahorro de costes, (d) el ahorro de tiempo, (e) el aumento de la colaboración y de las comunidades, (f) la actualización constante de la información, (g) la personalización y (h) la integralidad.

Otros autores como Klopfer *et al.*, (2002), proponen el uso de los teléfonos a las aulas por su: (a) portabilidad, (b) interactividad social, (c) sensibilidad al contexto, (d) conectividad y (e) individualidad.

Gómez y Monge (2013) plantean otras posibles potencialidades que salen de la utilización educativa de esta herramienta como: (a) facilita aprendizajes significativos y relevantes por el hecho que el alumnado aprende conocimientos concretos dirigidos por el docente y sobre él mismo; por lo tanto, el recurso es una herramienta importante de socialización, muy extendida en el contexto actual. Así, es posible señalar que:

a) A los jóvenes se les intruye para aprender a manejarla

(b) Promueve la motivación, puesto que el alumno trabaja con una herramienta de ocio y tiempo libre y puede ser que se sientan con más energía para utilizarla y por tanto adquieran varios aprendizajes con más implicación y ganas

(c) Responde a la demanda de los alumnos y de la sociedad. En la actualidad el teléfono móvil juega un papel relevante a la vida de las personas y, en concreto, en la de los jóvenes. Por lo tanto, iniciarse en el dominio de éste, hace que la educación se planifique considerando a la sociedad, además de proveer a ésta con el que necesita y solicita

(d) Minimiza los riesgos. Los jóvenes conocen el manejo del teléfono móvil y las posibles amenazas que se pueden encontrar como el ciberacoso, la apropiación indebida de imágenes etc.

(e) Une temas como la diversión y el ocio con el aprendizaje y el conocimiento si se consigue conjugarlo adecuadamente, hecho que puede conseguir cambiar la imagen que tienen de los estudios y hacer que estén más motivados para continuar su formación.

Para Sánchez *et al.* (2009), las TIC pueden jugar un papel muy importante en las grandes líneas en las que nuestros sistemas educativos se enmarcarán en este nuevo siglo. Para este autor, estas líneas se centrarán en la innovación, la globalización, la ruptura de fronteras culturales y lingüísticas, la movilidad virtual de los estudiantes, la emigración y la formación continua.

3.3.7 De las TIC a los *softwares* educativos especializados

Como venimos diciendo, nos encontramos en la era de las nuevas tecnologías, en la que los recursos didácticos a través de las tecnologías son la alternativa más evidente que hay para desarrollar los procesos de aprendizaje. Montoya (2009) sugiere que estos recursos didácticos han propiciado una nueva forma de aprender, generando libertad en la manipulación de los dispositivos, mientras que los docentes buscan evitarlos. Para Brown (2006), en las nuevas formas de acceder a la información se hace uso de dispositivos móviles para comunicarse, navegar y acceder al conocimiento. Para Ramos *et al.* (2010), los estudiantes modernos están en constante comunicación, se están moviendo física o virtualmente, es común verlos utilizando dispositivos móviles, generando pues lo que se conoce como el nuevo aprendizaje móvil.

Si nos referimos a la importancia del ordenador en la vida de los humanos, se puede afirmar que esta herramienta se ha convertido en casi un apéndice o extremidad más del hombre moderno. El ordenador es tan importante para el hombre, tiene la capacidad de amplificar el potencial humano mediante poderosas herramientas de expresión, creación y comunicación (Panqueva *et al.*, 2001). Para Reig y Vilches (2013), un ordenador con conexión a internet se ha consolidado como un hábito cotidiano para la gran mayoría creciente de la población.

Si hablamos de educación, todas las tecnologías que se han adoptado con fines de enseñanza y aprendizaje simplemente han digitalizado lo que estaba disponible antes en lugar de ofrecer pedagogías más únicas, dinámicas y atractivas (Rudd, 2011).

Esta afirmación refleja perfectamente la realidad del momento. Hace unos años nos encontrábamos en plena revolución de las nuevas tecnologías y eran muchos los autores que ya preveían todo el potencial que las TIC podían ofrecer. No obstante, aún eran muy pocas las iniciativas educativas para crear herramientas que aprovecharan todo el potencial que las TIC y las herramientas de *M-learning* podían ofrecer.

Pero son muchos los autores que han advertido la importancia de aplicar este tipo de tecnologías a la educación. El diseño de este tipo de herramientas educativas debe ser cuidadoso, de manera que se conviertan en elementos cuya estrategia permita el avance, la motivación y el conocimiento, entre otros. En este sentido Peñalvo y Safont (2013), advierten del uso de una tecnología en un contexto educativo y mantienen que, si éste se hace de espaldas a criterios pedagógicos o el diseño instruccional de la acción formativa no integra bien esa tecnología, el aprendizaje puede verse comprometido.

Por su parte, Teixes (2014) propone que para que una aplicación se convierta en gamificación, deben considerarse una serie de técnicas para captar, retener y hacer evolucionar el jugador o usuario.

Litchfield *et al.* (2007) informan que la mayoría de los proyectos de *M-Learning* se han centrado en mejorar la interactividad en el aula o en el aprendizaje ubicuo, es decir, aumentar el acceso de los estudiantes a materiales de aprendizaje en cualquier momento y en cualquier lugar. En otras palabras, mantienen que los dispositivos móviles se han utilizado para replicar las técnicas

tradicionales de enseñanza y aprendizaje, en vez de utilizarlos para algo más que la entrega y recuperación de información en la educación.

Por su parte, autores como Zeng y Luyegu (2012) informan que la combinación de tecnología inalámbrica y computación móvil ha dado lugar a transformaciones intensificadas en el mundo educativo. Sin embargo, en 2010 algunos de los investigadores todavía predecían que la tecnología de comunicación móvil e inalámbrica podría desempeñar un papel importante en la revolución de la educación (Laurillard, 2002).

Esta revolución a la que Laurillard (2002) hace referencia es aquella en la que se pone toda la tecnología actual al servicio del aprendizaje. En este sentido la realidad virtual, las *apps* y los videojuegos educativos presentan un potencial como antes no se ha visto. Para Sánchez *et al.* (2009), la introducción de sistemas derivados de la realidad virtual permite albergar la esperanza de que la participación activa en los mismos provoque alta motivación y favorezca el acceso a las redes de información. Para este autor, los estudiantes aprenden cuando participan activamente en el proceso de aprendizaje. Por lo tanto, se necesitan aplicaciones educativas que puedan capitalizar los beneficios de las pedagogías de aprendizaje efectivas.

Siguiendo en esta línea de ofrecer contenidos educativos a través de programas de ordenador, Hubbard (1991) mantiene que la tecnología educativa puede ser, no solo un medio atractivo de presentación del material institucional, sino a la vez un importante mediador de los procesos cognitivos y sociales de los alumnos.

Es evidente que en este sentido las herramientas educativas han dado un paso más con este tipo de *apps* y videojuegos. En esta línea Levis (1998:32) afirma que “la estructura hipertextual que caracteriza a los programas multimedia permite al estudiante pasar fácilmente de un texto a visualizar procesos abstractos e ir de un esquema a una secuencia de imágenes sensibles que puede recorrer, interactuando libremente con ellas. Puede, si lo desea, volver sobre sus pasos y detenerse sobre un detalle que no le había llamado la atención, y así tantas veces como lo crea necesario”.

Rosas *et al.* (2000) mantienen que diversas investigaciones destacan un impacto positivo del software en el aprendizaje de los niños, destacando el efecto positivo en la concentración y la motivación de los alumnos en las clases. Para estos autores, para garantizar la eficacia en la

consecución de los objetivos educativos y que los juegos sean suficientemente atractivos para los niños, es importante prestar atención tanto a aspectos de diseño como a la manera en que éstos implementan los contenidos educativos.

La principal baza para defender estos recursos como instrumentos pedagógicos, es el enorme atractivo que los ordenadores tienen entre niños y jóvenes; no así las tremendas resistencias y reticencias de generaciones que no han convivido con la época *Nintendo*, ni la familiarización con el uso y dominio de las tecnologías que han irrumpido durante las últimas décadas en nuestros hogares (Sánchez *et al.*, 2009). Es evidente pues que a lo largo de los últimos años las herramientas educativas han comenzado a especializarse en nuevas metodologías de enseñanza-aprendizaje, y sin duda el aprendizaje basado en juegos y la gamificación de contenidos está siendo uno de los pilares de este cambio.

3.4 El concepto de GBL y gamificación en educación

3.4.1 El poder del juego

El juego es uno de los aspectos más importantes de la vida del niño y por ende de todas las personas. Es evidente que éste aporta un componente de motivación tanto a niños como a adultos. El juego no solo forma parte de la vida cotidiana de las personas, sino que es a la vez un elemento inherente a la naturaleza humana (Frasca, 2007).

El juego está inmerso en casi todas las actividades que conducen las personas en los procesos de construcción de conocimiento (Valda y Arteaga, 2015).

Son muchos los autores que atribuyen una gran importancia al juego en el desarrollo social y psicológico de los individuos, en especial si éstos son niños, y su papel como vehículo en los procesos de aprendizaje y socialización (Bruner *et al.*, 1976; Vygotski, 1979; Rogoff, 1993).

El juego crea el ambiente y las condiciones adecuadas para que el niño genere sus propios espacios y oportunidades que le permitan desarrollar su imaginación y sus capacidades de simbolización, fomentando así las habilidades de pensamiento abstracto, la comprensión y el reconocimiento de reglas implícitas que rigen el juego y la realidad (Vygotski, 1979). Según este

autor, el poder del juego es tal que hace de promueve el desarrollo general del niño, le permite ensayar reglas, investigar sus capacidades y limitaciones, y extrapolar todo este aprendizaje a situaciones reales.

Para Huizinga (2000), el juego es una actividad libre que se mantiene conscientemente fuera de la vida corriente por carecer de seriedad, pero al mismo tiempo absorbe intensa y profundamente a quien lo juega. Esta es una definición sin duda muy acertada de lo que el juego es e implica. Otros autores como Caillois (2001) ven el juego como una actividad libre y por consiguiente voluntaria que se rige por las reglas de la fantasía y la define como incierta a la vez que improductiva.

Para autores como Meneses y Monge (2001), la importancia del juego radica en sus normas y en la forma como se presenta en las personas, que, según el autor, obedece a intereses personales o impulsos expresivos. Para Meneses y Monge, el juego propicia el desarrollo integral del individuo.

A través de los juegos los niños ensayan nuevas actividades y les permiten un espacio para reflexionar o ensayar nuevas ideas sin sentirse presionados por el miedo a equivocarse. Para Bruner *et al.*, 1976 el juego evade la presión que con frecuencia acompaña a los ambientes formales de aprendizaje.

Autores como Long (1984) y Greenfield y Subrahmanyam (1994) sostienen que, según muestran algunos estudios, el juego, y especialmente los videojuegos, aumentan la motivación, el desarrollo cognitivo, la agilidad mental, la creatividad y las relaciones sociales.

Rogoff (1993) mantiene que, si se pretende legitimar el rol del juego en el campo de la tecnología educativa, los diseñadores instruccionales deben crear aplicaciones que proporcionen al niño oportunidades de juego que le permitan construir el andamiaje de su propio procesamiento cognitivo y ayudarle a lograr un nivel superior de funcionamiento mental. Para este autor, los juegos deben crear las condiciones de motivación y experiencias de aprendizaje necesarias para que los niños puedan construir sus propios conocimientos a partir de los ya existentes.

Es evidente que los juegos ofrecen una inmensa gama de posibilidades educativas, y especialmente si se trata de juegos de ordenador, comúnmente conocidos como videojuegos. Para Rieber (1996), es pues de especial importancia que los diseñadores instruccionales presten

atención a todas las potenciales que los juegos pueden aportar en educación para así legitimar su rol en el terreno de la tecnología educativa.

Para Rodríguez-Salces (2012), uno de los objetivos de la educación debe ser acercarse al máximo a la realidad social, y hoy en día los videojuegos son una parte importante de esta sociedad, con lo cual, en opinión de este autor, es necesario para el sistema educativo diseñar el mejor método para aprovecharse de ello.

3.4.2 *Serious Games: GBL* y gamificación en educación

Los Serious games o juegos serios es un término muy amplio utilizado para definir juegos destinados a educación, industria, capacitación y estimulación (Connolly *et al.*, 2012). Es pues evidente que los juegos educativos están incluidos dentro de esta categorización.

La bibliografía consultada nos revela que en la actualidad no existe un consenso claro entre educadores y diseñadores de videojuegos sobre la diferencia entre *GBL* (aprendizaje basado en juegos) y gamificación (Nah *et al.*, 2013).

La gamificación no es convertir el aprendizaje en un juego de ordenador, sino que se entiende como gamificación la utilización de elementos atractivos de los juegos en entornos que no son lúdicos, con la intención de que fomentar la participación y la motivación del alumnado. Se trata de agregar elementos del diseño de juegos con la pretensión de aumentar la motivación intrínseca del estudiante a través de distintas mecánicas como barras de progreso, sistemas de recompensa, logros, etc. Es, no obstante, muy importante que todas estas dinámicas y progresos que el estudiante va alcanzando, tengan una significación en el progreso de la asignatura.

Por otro lado, tenemos que en el aprendizaje basado en juegos o *Game Based Learning* (GBL), a diferencia de la gamificación, se inventan o se utilizan juegos o videojuegos ya inventados, para aprender contenidos concretos. La finalidad es aprender contenidos a través de una actividad divertida como es un juego o un videojuego. En el caso del *GBL* podríamos decir que existirían tres variantes. Una primera manera sería utilizar juegos o videojuegos que ya han sido creados con fines lúdicos, para aprender ciertos contenidos; un ejemplo de esta modalidad sería la de utilizar el juego del Risk para aprender geografía. Una segunda forma podría ser cuando se

modifica un juego ya existente para adaptarlo a los contenidos que queremos que se aprendan. Por ejemplo, se puede modificar el juego del trivial y adaptar sus preguntas para aprender historia. Una tercera modalidad sería la de inventar un juego o videojuego para aprender ciertos contenidos concretos. En el caso de química, por ejemplo, existen multitud de *apps* gamificadas o videojuegos para aprender formulación u otro tipo de contenidos como *GoReact* o *Alchemist*. Para Kapp (2013) existe una diferencia clara entre gamificación y *GBL*. Según este autor, en el aprendizaje basado en juegos, la estrategia de instrucción se cambia para acomodar los elementos del juego, mientras que en un aula gamificada el profesor presenta una misión y un desafío a los alumnos, y éstos deberán emprenderlo, con lo que dicha experiencia los llevará al aprendizaje.

Entre los distintos investigadores tampoco se ponen de acuerdo sobre la definición de gamificación. Para algunos autores la gamificación se define como el uso o aplicación de elementos, mecánicas, características, diseño y estructura del juego en entornos o contextos ajenos al juego (Whitton y Moseley, 2010; Sheldon, 2012; Zichermann, 2010; Kapp, 2013; Attali y Arieli, 2015; Bruder, 2015; Dale, 2014; Davis, 2014; Koivisto y Hamari, 2014; González, *et al.*, 2016; Hanus y Fox, 2015; Issacs, 2015; Powers *et al.*, 2013; Keeler, 2015; Seaborn y Fels, 2015, Leaning, 2015).

Para Zichermann y Cunningham (2011), la gamificación implica la aplicación de procesos de pensamiento y mecánicas de juegos para aumentar la participación de los usuarios y ayudar a la resolución de problemas. Simões *et al.* (2013) se centran en el aspecto social de la gamificación y su potencial para hacer que los jugadores colaboren. Estos autores mantienen que la gamificación es la utilización de mecánicas y dinámicas del juego aplicadas a situaciones de no juego. Para Deterding *et al.* (2011), la gamificación puede ser definida como la aplicación de elementos característicos de los juegos a contextos que no están relacionados con los juegos.

Para Kapp, gamificar consiste en aplicar mecánicas, estéticas y estrategias asociadas comúnmente a los juegos, con la finalidad de promover, motivar y resolver problemas.

Como se puede apreciar, el contexto de las definiciones de gamificación es muy amplio. En este sentido, Farber (2013) se centra más en las habilidades de pensamiento crítico que generalmente se usan en los juegos y que se pueden activar en contextos no lúdicos.

Citando a Marín y Hierro (2013), en palabras textuales: “La gamificación es una técnica, un método y una estrategia a la vez. Parte del conocimiento de los elementos que hacen atractivos a los juegos e identifica, dentro de una actividad, tarea o mensaje determinado, en un entorno de no juego, aquellos aspectos susceptibles de ser convertidos en juego o dinámicas lúdicas. Todo ello para conseguir una vinculación especial con los usuarios, incentivar un cambio de comportamiento o transmitir un mensaje o contenido. Es decir, crear una experiencia significativa y motivadora”.

Otras definiciones enfatizan la potencialidad de la gamificación en pedagogía. A este respecto Kingsley y Grabner-Hagen (2015) enfatizan que la gamificación debería entenderse como una combinación de “área de contenido instrucción, alfabetización y habilidades de aprendizaje del siglo XXI en un entorno de aprendizaje muy atractivo ”. Para Sandí y Ramírez (2013), la gamificación puede observarse como una herramienta que potencie las mecánicas y dinámicas del juego para alentar o motivar el aprendizaje. Para Werbach y Hunter (2012), la gamificación es la adhesión de elementos y técnicas propias del desarrollo de los juegos a contextos que no están ideados para ser lúdicos.

Folmar (2015) remarca la importancia de la gamificación en el aprendizaje y la define como el uso de la lógica y las dinámicas del juego utilizadas para fines no lúdicos. Otros autores, como Zichermann (2010), mantienen que la razón principal por los ocasionales fracasos que la gamificación ha tenido en distintos contextos es debida a la ausencia de la lógica de juego en algunas iniciativas de gamificación educativa que se han llevado a cabo.

Para Ibar (2014), las definiciones de gamificación descansan sobre tres pilares fundamentales. Según este autor, son los siguientes:

- Elementos del juego: entiéndase como aquellos elementos comunes a todos los juegos, como estrategias, puntuaciones, avatares, etc.)
- Técnicas de desarrollo: entiéndase como el diseño ingenieril que reside detrás de los juegos
- Contextos: serían los espacios no lúdicos en donde se puede desarrollar estrategias de gamificación

Hamari *et al.* (2014) mantienen que la gamificación se enfoca en las posibilidades de motivación y en especial en el cambio de comportamiento del alumno. Oliva (2017) mantiene que la implementación de la gamificación tiene como objetivo primordial el incentivar ciertos comportamientos en los usuarios a través del uso de distintos elementos del juego, como recompensas, que pueden ser bienes virtuales o reales, insignias, ‘poderes’ y beneficios.

Nah *et al.* (2013) mantienen que, si una actividad se transforma en un juego de ordenador a través de la utilización de elementos del diseño de juegos como recompensas o logros, se puede inducir un cambio deseable en el comportamiento de los alumnos respecto a la materia. Para Jiménez y García (2015), aplicar la gamificación en clase es una estrategia que incentiva el uso de técnicas de juego como estrategia de enseñanza, aumenta la motivación e implicación del alumnado, relacionando de manera directa o indirecta los conocimientos adquiridos en la escuela con su entorno social.

Para Folmar (2015), la gamificación nos empuja a repensar las prácticas educativas, y no se limita únicamente a añadir elementos del juego, sino que se debe considerar cómo funciona la gamificación. Para este autor, la gamificación no es únicamente hacer un juego que imparte una lección, es aplicar la lógica de los juegos a la manera en la que se imparten las lecciones y continuar desarrollándolo basándose en el *feedback* de los jugadores. Oliva (2017), citando a Pelling, mantiene que es importante eliminar los criterios aburridos y puramente metodológicos de la enseñanza, y sostiene que solo así se podrá construir metodologías simplistas que conduzcan a aprendizajes de gran valor.

A diferencia de los métodos de instrucción tradicionales, en los que los estudiantes obtienen sus calificaciones en función del resultado de unas tareas, en la gamificación el esfuerzo por la realización de dichas tareas es recompensado a través de distintos elementos del juego, por ejemplo, con insignias, puntos, etc., incluso cuando el objetivo de la tarea no se ha completado. Este punto es de vital importancia para diferenciar la gamificación, en la que se recompensa el esfuerzo del jugador, no al ganador. En otras palabras, el entorno gamificado está creado para alentar a los estudiantes a participar en los procesos de aprendizaje, y este esfuerzo se evalúa en consecuencia, independientemente de si el esfuerzo realizado tuvo éxito o no. El objetivo de la gamificación es motivar a los alumnos a ejercer el esfuerzo necesario para abordar los distintos

desafíos que el aprendizaje supone. Para Rodríguez (2006), el juego otorga importancia a la motivación, que, para este autor, es la que impulsa el aprendizaje en los estudiantes.

En este sentido, un estudio sobre la finalización de las tareas en casa realizado por Brewer *et al.* (2013) con niños de cinco a siete años, ha demostrado que el uso de la gamificación incrementó el porcentaje de finalización de las tareas de 73% al 97%.

Para Cortizo *et al.* (2011), con la realización actividades basadas en juegos en la formación de estudiantes se puede impulsar cambios de hábito tanto en los estudiantes como en los profesores.

Es evidente que, desde este punto de vista, la gamificación en el aula viene para romper estructuras antiguas. Aunque es bien conocido el dicho de, “se aprende jugando”, sí es nuevo comenzar a introducir la gamificación con el objetivo de aprovechar la satisfacción que éste provoca en el individuo. Los retos y todos los elementos que forman el juego pueden involucrar a los alumnos en un espacio de diversión en los cuales se puede aprender a través del uso de la motivación, la concentración y el esfuerzo que dicho juego es capaz de promover en los estudiantes.

3.4.3 Los videojuegos educativos

En cualquier videojuego educativo se hace evidente que una de las características más importante, si no la más importante, que debe tener, es que sea atractivo para los alumnos (Hubbard, 1991). En la misma línea Hernández *et al.* (2014), condicionaban la efectividad del ordenador como herramienta educativa a la capacidad de éste para atraer al estudiante, y aparte añadían dos puntos más. Los videojuegos debían ser herramientas que proporcionasen un *feedback* adecuado y que corrigiesen los errores sin hacer demasiado énfasis en estos.

Hubbard (1991) mantiene que son los aspectos del juego los que precisamente atraen a los niños. Si profundizamos un poco más en dichos aspectos del juego, Malone y Lepper (1987) ya hablaban de que un videojuego debía tener un personaje principal, o un protagonista a través del cual los estudiantes pueden identificarse, que no les provoque rechazo y que, en palabras del autor, facilite la consecución de los objetivos planteados por el juego. Otra de las características

importantes que deben ofrecer los videojuegos, a ojos de Klawe (1998) es que el juego debe plantear un desafío y proporcionar un *feedback* frecuente, aunque no se realicen avances significativos. Otro componente que para muchos autores es importante es que el videojuego debe promover la curiosidad y la imaginación, aportando una componente de fantasía. Esto provoca que los juegos sean herramientas intrínsecamente motivadoras (Baltra, 1990; Malone y Lepper (1987).

Siguiendo la misma línea de que diseño de videojuegos debe garantizar que el juego debe crear mundos interesantes, Baques (en Stewart y Kowaltzke, 1997) mantiene que dichos mundos virtuales deben permitir al jugador sumergirse en la dinámica del juego y ayudarle a alcanzar las tareas y metas que éste propone.

El objetivo pues de este tipo de videojuegos educativos debe ser el de lograr que el jugador se involucre y se concentre en las reglas y dinámicas del juego, para cumplir con éxito los objetivos que este les propone. En palabras de Hubbard (1991), la finalidad es lograr un efecto de inmersión donde el propósito central no es aprender, sino jugar. Este efecto permitiría aprovechar la concentración del jugador en este tipo de actividades para introducir contenidos educativos, donde el jugador estaría en el modo de concentración óptimo y en un ambiente atractivo para aprender.

Es pues evidente que los videojuegos educativos pueden transformarse en poderosas herramientas de aprendizaje, ya que su estructura es sí puede actuar como un Caballo de Troya que albergue, de forma más o menos evidente, los contenidos educativos que se desean transmitir. De esta manera los contenidos podrían ser aprendidos de una manera no tan cruda, sin conocer las reglas subyacentes de estos videojuegos y en los cuales la actividad principal no es aprender sino jugar.

Algunos expertos se cuestionan la gran incógnita que supone introducir contenidos educativos acordes a los objetivos del currículum escolar, en mundos virtuales que tienen sus propios objetivos lúdicos (Rosas *et al.*, 2000). No obstante, para estos autores, la clave del éxito en el diseño de videojuegos educativos que alberguen contenidos educativos se encuentra en la contextualización que se realiza dentro de la dinámica del juego. A través de ella, los jugadores deben encontrar sentido a la actividad instruccional que están realizando, siendo esto

fundamental para mantener una continuidad en la dinámica del juego. Cuando se refieren a contextualización, estos autores hablan del ambiente en el cual las tareas son introducidas, y mantienen que se deben diseñar mundos virtuales en los que los medios que sirven para jugar sean los mismos que permitan completar la tarea pedagógica. En otras palabras, que las acciones que permitan desenvolverse en el videojuego deben a su vez servir para alcanzar el objetivo educativo, haciendo que el aprendizaje deje de ser una tarea ardua ni una obligación, para transformarse en un proceso motivador, lúdico y divertido.

3.4.4 La dimensión socioeducativa de los videojuegos

Los videojuegos representan en la actualidad una de las entradas más directas de los niños a la cultura informática y a la cultura de la simulación (Gros, 2000); por esta razón ahora ya nadie discute que los juegos representan una potente herramienta educativa con un potencial todavía para explorar y explotar.

Historiadores del juego como Huizinga (2000) subrayan que el juego es una característica de la especie humana que se ha ido manifestando en multitud de actividades lúdicas en las más variadas culturas. Es más, el juego no es solo una actividad universal, sino que se ha encontrado el mismo juego en diferentes culturas. En la gran mayoría de éstas, la iniciación y preparación de los niños a la vida adulta se ha hecho a través del juego.

No es hasta finales del siglo XIX cuando los pensadores y educadores de la época intuyen todas las capacidades educativas que posteriormente han sido demostradas por numerosas investigaciones. Con la llegada en el siglo XIX del movimiento pedagógico progresista conocido con el nombre de la Nueva Escuela, la acción del juego dejó de asociarse a la diversión o el entretenimiento para adquirir protagonismo como metodología válida de aprendizaje. Pero el valor de los juegos como herramienta educativa alcanza un amplio abanico de competencias. No es solo una herramienta que ayuda a motivar el alumnado al aprendizaje, sino que a través de los juegos se pueden desarrollar otras competencias básicas a la educación, así como ayudar a lograr contenidos específicos de un determinado currículum. El desarrollo de estrategias y habilidades para resolver diferentes problemas o situaciones se encuentra entre sus aportaciones.

Con la aparición y el desarrollo de la informática y las tecnologías de la información y la comunicación apareció un nuevo tipo de juegos: los videojuegos jugados a través de las videoconsolas. En poco tiempo éstas empezaron a volverse uno de los juguetes más populares y vendidos del mercado.

Posteriormente, con la incorporación de los *PC's* (Ordenadores personales) a todos los hogares, estos tipos de juegos se fueron ampliando tanto en variedad como en cantidad y calidad. Actualmente encontramos una amplia gama de juegos en el mercado, desde videojuegos de estrategia, pasando por juegos educativos, de simulación, de rol, de aventuras, etc.

Debe señalarse que, a pesar de la dudosa fama que se crearon en torno a los videojuegos, sobre todo en sus inicios, debido a las opiniones que los consideraban violentos, adictivos o que empujaban al usuario hacia el individualismo o el aislamiento, en la actualidad se están reconsiderando las opiniones iniciales y los videojuegos gozan, cada vez más, de un excelente recibimiento y reputación. Ya son plenamente utilizados en actividades profesionales de gran relevancia como pueden ser los simuladores de vuelo, o los llamados *Training serious games* enfocados a preparar el usuario para llevar y mejorar negocios o los centrados en el ámbito militar, entre muchos otros.

Los videojuegos presentan unas características propias que los hacen únicos y adecuados para su uso en el terreno del aprendizaje. Éstos integran varias notaciones simbólicas como sonidos, música, animaciones en tres dimensiones, video, fotografía o imágenes, así como dinamismo o interactividad (Gros, 2000) que tiene repercusiones muy favorables en el usuario.

Según Spector y Loria (2014), se destaca que los beneficios del uso de los videojuegos son evidentes, siempre que se haga un uso moderado, y los resume en los siguientes puntos:

- Los usuarios de juegos de acción en primera persona toman decisiones precisas un 25% más rápido que los no jugadores y ayudan a mejorar la capacidad visual en relación con la percepción de contrastes o detalles.
- Los juegos de conducción mejoran la memoria, la concentración y la capacidad de realizar varias tareas a la vez, en adultos de mayor edad.

- Algunos videojuegos especializados como lo *Dance Dance Revolution* y otros de *Wii* de Nintendo animan uno obligan a realizar actividad física.
- En medicina mejoran la habilidad del cirujano a la hora de practicar cirugía laparoscópica.
- En el caso de personas con dislexia, algunos videojuegos mejoran su capacidad de lectura.
- Los juegos de realidad virtual pueden ayudar a los pacientes a olvidar temporalmente su condición, dolores, así como a superar determinadas fobias.
- Ayudan a pacientes con dolencias graves como cánceres a tener una visión más positiva y mejorar su estado de ánimo.
- Mejoran la estabilidad emocional a nivel general de los niños siempre que se haga un uso moderado. Los juegos educativos nos ayudan a aprender contenidos específicos, tanto a nivel de currículum educativo como nivel profesional.
- Pueden contribuir a inculcar valores y principios por el hecho que a la realidad virtual se establecen emociones que nos hacen tomar decisiones.

Mejoran la capacidad motora de los niños de preescolar puesto que ayudan a impulsar aspectos como la coordinación ojo-mano, por ejemplo.

Además de estos beneficios, se derivan otros que ayudan a trabajar otras competencias imprescindibles de adquirir en las primeras etapas del sistema educativo.

Actualmente la mayor parte de los videojuegos añade una condición de dinamismo que reta continuamente las capacidades de adaptación del usuario, incrementando paso a paso la dificultad. Por otro lado, está la vertiente interactiva, factor determinante en casi todos los videojuegos actuales y que ensancha de manera determinante las posibilidades de cualquier videojuego.

Contrariamente a la reputación que adquirieron a sus inicios, como antes se ha mencionado, muchos juegos aportan beneficios en multitud de ámbitos como el educacional, físico y psicológico. Los que, por ejemplo, hacen uso de acciones repetitivas como pueda ser nadar,

mover las alas de un pájaro o acertar a objetos en movimiento, entrenan el cerebro y los músculos para realizar mejor las mismas acciones a las actividades de la vida real.

Así mismo los videojuegos conocidos como *brain training videogames* (de entrenamiento mental), que se han popularizado últimamente y orientados a gente de la tercera edad y de vida intelectual sedentaria, tienen los mismos efectos que leer un libro o conducir una bicicleta, ya que cuando el cerebro está aprendiendo, se están formando miles de conexiones neuronales nuevas. El hecho de añadir un premio a la consecución de los objetivos motiva al jugador o al usuario a continuar mejorando sus habilidades.

Así mismo, en la actualidad los videojuegos pueden tener diferentes modalidades de uso. Así tenemos el tipo de videojuego unilateral, con un único usuario; son juegos individuales que se juegan contra la máquina o contra otro oponente, ya sea a través de la red o no, y el múltiplo, juegos grupales, que puede ser en un lugar concreto o a través de la red, conocido como *MUD (Multiple User Domains)*, juegos colgados en internet que permiten el acceso a muchos jugadores al mismo tiempo en los que a veces tienes que negociar con otros participantes, para establecer normas o incluso construir los mundos virtuales.

Según la AEVI (Asociación Española de Videojuegos), el mercado de videojuegos en Europa supuso en el 2014 un 22% de los ingresos totales del sector del videojuego a nivel mundial. Un año más, los cinco países europeos que más ingresos aportan al sector son Alemania, España, Francia, Italia y Reino Unido.

En cuanto a la evolución respecto al 2013, las cifras de mercado son superiores a las del año pasado. El valor de mercado en el Reino Unido ha aumentado un 13%, el de Francia un 3%, el de España un 6,8% y el de Alemania un 6%.

A nivel global, en el 2014 el mercado internacional de los videojuegos superó los 81.000 millones de dólares (71.600 millones de euros), cuando se preveía llegar a esta cifra en 2016. Así mismo se espera cerrar el 2015 con un valor superior a los 91.000 millones de dólares (80.500 millones de euros). Estas cifras están generadas por el constante crecimiento de la comunidad de jugadores, que en 2014 fue de 1.700 millones de personas, y que llegará a los 1.900 millones al cierre del 2015.

El segmento que mayor volumen de negocio ha generado durante el 2014 ha sido lo de los juegos para ordenador, con un 40% del total. Los juegos para consolas suponen un 33% del volumen de negocio a nivel mundial, representando el 29% el sector de videojuegos para consolas de sobremesa y un 4% el mercado de videojuegos para consolas portátiles.

El mercado de videojuegos y *tablets* continúa creciendo y supone en 2014 un 27% del mercado de videojuegos a nivel global (un 19% los juegos para smartphone y un 8% los juegos para *tablets*).

3.4.5 El videojuego y desarrollo intelectual

Desde el punto de vista intelectual, la complejidad de la mayor parte de los juegos de ordenador actuales permite desarrollar no solo aspectos motrices sino sobre todo procedimentales como las habilidades para la resolución de problemas, toma de decisiones, investigación de información, organización y un largo etc.

Asímismo la vertiente afectiva también se ve trabajada, no solo con la motivación que representa para el usuario sino también los aspectos que representa para la autoestima del alumno.

Cuando se habla de juegos educativos, el abanico de posibilidades se dispara. La finalidad de estos juegos ya no es la de entretener simplemente, sino la de ayudar al usuario a adquirir unos conocimientos concretos a través de juegos o de actividades interactivas que los divierten y además suponen para ellos un reto para continuar desarrollando habilidades y competencias.

Estos juegos están exclusivamente diseñados para que el usuario aprenda, y su tiempo no sea tiempo “perdido” mientras se divierte. Además, son juegos pensados para ser utilizados tanto en los centros escolares como casa.

Los videojuegos ayudan a desglosar tareas complejas utilizando pequeños pasos que ayudan a realizar una mejor comprensión de los problemas puesto que son visuales y 100% interactivos. Esta característica, junto a la gran gama de efectos visuales y colores, hace que la atención del usuario sea mayor, y por tanto, también la concentración.

Además, pueden ser absolutamente individualizados, de forma que el estudiante puede ir aprendiendo a su ritmo y sin la presión por comparación con otros alumnos o para sentirse

presionados por el tiempo. Esto les proporciona la confianza necesaria para que el alumno construya su aprendizaje.

Algunos videojuegos tienen como tema principal la formulación de hipótesis, que permite una iniciación para experimentar sobre temas que se hayan podido tratar en las clases.

De este modo, los videojuegos educativos tienen ventajas considerables entre los que destacan:

- Mayor atención a la resolución de problemas.
- Comprensión y memorización de temas que parecen complicados.
- Obtención de habilidades según el área académica escogida.
- Mejora general del rendimiento escolar.

Cuando un niño se sienta a jugar, desaparece el temor a equivocarse, puesto que no se equivoca delante de una clase o del profesor. Esto refuerza la seguridad en sí mismo y lo continúa intentando hasta que el problema queda resuelto o la lección es aprendida.

Desde 1995 el Grupo F9, formado por profesores de primaria y secundaria, y bajo la coordinación de Begoña Gros, ha llevado un proyecto de investigación para ensayar la implantación de videojuegos a las aulas. Se han utilizado como parte del material docente en actividades como talleres e integrándolos al currículum de matemáticas, ciencias sociales o lenguas o para trabajar aspectos relativos en los valores. La valoración del trabajo efectuado y la experiencia con los estudiantes es muy positiva.

Después de esta experiencia, el uso de videojuegos como un material informático más a los centros educativos parece ser altamente recomendado para utilizarlo tanto para desarrollar determinadas habilidades o procedimientos como para motivar a los alumnos y/o que aprendan unos contenidos curriculares específicos.

Para Werbach (2013), cuando una actividad es motivante, se puede lograr que las personas se involucren, motiven, concentren y se esfuercen en participar en actividades que antes podrían clasificarse de aburridas y que con la gamificación pueden convertirse en creativas e innovadoras.

En definitiva, se considera que los videojuegos:

- Permiten aprender diferentes tipos de habilidades y estrategias.

- Ayudan a dinamizar las relaciones entre los niños del grupo, no solo desde el punto de vista de la socialización sino también en la propia dinámica del aprendizaje.
- Permite introducir el análisis de valores y conductas a partir de la reflexión de los contenidos de los propios juegos.

3.5 Gamificar en educación

3.5.1 Diseñando el contexto a gamificar

Gamificar o ludificar contenidos es un concepto nacido del aprendizaje que proporcionan los juegos, sus mecánicas, desarrollos y metodologías y la manera en que estos tienen de motivar, ilusionar y satisfacer las necesidades de sus jugadores. Para Revuelta *et al.* (2017), gamificar pretende estimular el cerebro para obtener, a cambio, diversión por aprendizaje, un aprendizaje práctico y funcional extrapolable y transversal a los aprendizajes teóricos ya arraigados o de nueva incorporación.

Cuando se desea gamificar contenidos educativos, son necesarios una serie de conocimientos previos que ayudarán a planificar el planteamiento de la experiencia gamificadora.

Para Revuelta *et al.* (2017), antes de empezar el proceso de ludificación se necesita predefinir los pilares en los que se fundamentará el sistema gamificado, para posteriormente construir un entorno afín a la gamificación y unas condiciones que evoquen emociones proclives a la superación de desafíos, así como una serie de refuerzos motivacionales positivos.

Werbach y Hunter (2012) diferencian seis pasos fundamentales para poder gamificar cualquier tipo contenido. En este caso se han adaptado a los contenidos educativos (Revuelta *et al.* 2017), que son:

1. Definir objetivos que se pretenden alcanzar de la materia, y en el caso de la educación, la adquisición de competencias.
2. Predefinir las conductas de los factores humanos presentes (estudiantes y docentes).

3. Clasificar a los tipos de jugadores para poder predefinir comportamientos y actuaciones.
4. Idear bucles de actividad.
5. Hacerlo divertido.
6. Implementar las herramientas apropiadas a cada momento.

Uno de los pilares en los que descansa la gamificación es sin duda la motivación que provoca en el jugador. Este es sin duda el motor del aprendizaje. En este sentido, McClelland (2009) destacó tres mecanismos, que se recogen en la figura 3.2.



Figura 3.2. Adaptación de la Teoría de las Necesidades de McClelland (2009)

Una vez se ha identificado el mecanismo motivacional que mueve al potencial jugador, o estudiante, se pasa a centrarnos en el tipo de jugador que interactuará en el sistema gamificado. En este, sentido existen diversos autores como Jo Kim, 2012 o Marczewski, 2013, que se han dedicado a crear lo que se conoce como modelos de segmentación de jugadores. Uno de los más importantes, y del que emanan los anteriores, es el modelo creado por Bartle (2004), que propuso cuatro perfiles o arquetipos de jugador dentro de los contextos gamificados. Éstos se detallan a continuación:

1. *Achievers* o triunfadores: Este tipo de jugadores se caracteriza por tener un objetivo claro en los juegos, resolver los retos con éxito y conseguir una recompensa por ello.

Tres puntos se necesitan saber acerca de este perfil de jugador:

- a) Busca estatus y conseguir los objetivos que les propone el juego.
 - b) Se le retiene con un sistema de logros e hitos.
 - c) Le mueve la satisfacción personal y el sentimiento de pertenencia al grupo.
2. *Explorers* o exploradores: Se caracterizan por su afán de querer descubrir y aprender cosas nuevas o desconocidas del sistema.

Tres puntos se necesitan saber acerca de este perfil de jugador:

- a) Busca exprimir el producto.
 - b) Se le retiene mediante logros más complejos.
 - c) Le mueve la satisfacción de auto superarse.
3. *Socializers* o socializadores: Se sienten atraídos por los aspectos sociales por encima de la estrategia misma del juego.

Tres puntos se necesitan saber a cerca de este perfil de jugador:

- a) Busca la socialización.
 - b) Se le retiene con chats, lista de amigos y el *feed* de las noticias.
 - c) Le mueve el altruismo y la satisfacción de compartir con los demás.
4. *Killers* o ambiciosos: Buscan competir con otros jugadores

Tres puntos se necesitan saber a cerca de este perfil de jugador:

- a) Se le retiene a través de la clasificación y los niveles.
- b) Juega para ganar y buscan ser los mejores.
- c) Le mueve la satisfacción personal ante los demás.

A continuación (figura 3.3.), se muestra la clasificación propuesta por Bartle:

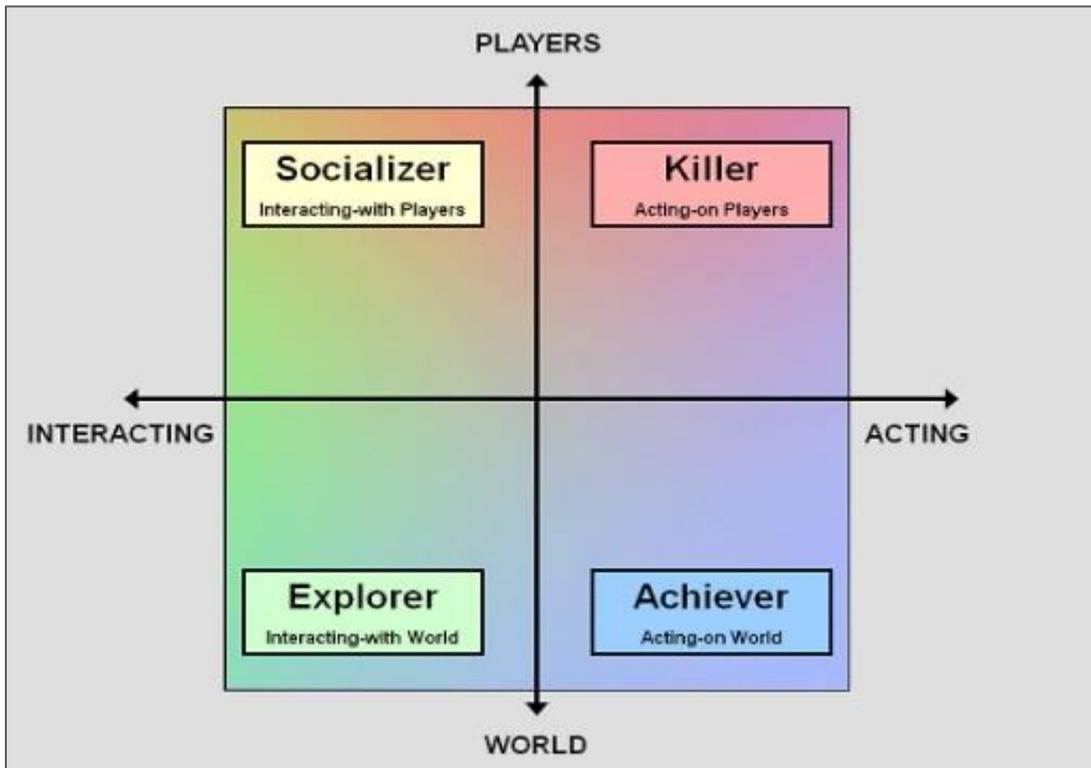


Figura 3.3. Arquetipos del jugador dentro de los contextos gamificados, según Bartle (2004).

Bartle define estos cuatro perfiles de usuario según dos variables: Jugadores vs. Mundo e Interacción y Jugadores vs Acción.

- Jugadores vs Mundo: Los perfiles socializadores y los ambiciosos persiguen relacionarse, sea del modo que sea, con otros usuarios, mientras que los perfiles exploradores o triunfadores prefieren dinámicas que les permitan relacionarse con el mundo del sistema.
- Interacción vs Acción: Los perfiles ambiciosos o triunfadores quieren actuar directamente sobre algún elemento, ya sea sobre otro usuario o sobre el propio sistema, mientras que otros perfiles como los socializadores o los exploradores prefieren dinámicas de interacción mutua.

3.5.2 ¿Cómo gamificar contenidos educativos?

La gamificación de contenidos didácticos es una práctica que se ha estado llevando a cabo desde hace décadas (Reuelta *et al.*, 2017). Algunos docentes desde siempre han hecho uso de los positivos y los negativos, los rankings de lectura y otros tipos de incentivos. Aunque parezca una metodología nueva, no lo es tanto en el fondo, aunque sí en la forma. Y en esto último tiene que ver la aparición en escena de los videojuegos, que para muchos autores son los precursores del relanzamiento del término gamificación, que sin duda han aportado nuevos modelos de ludificación que incluyen mecánicas de juego nuevas.

Los videojuegos nos permiten ser más felices porque la superación de obstáculos es constante y el *feedback* positivo se activa cada vez que el jugador supera esos obstáculos. Recibe motivación, reconocimiento y aliento para continuar (McGonigal, 2011).

Para Werbach y Hunter (2014), en las actividades de gamificación se intercambia la realización de la actividad por la satisfacción, motivación, aprendizaje, diversión, etc. En otras palabras, se intercambia el esfuerzo, la concentración y la realización de una actividad por algo tan abstracto y fácil de generar y mantener como un *feedback*, que se encarga de reconocer dicho esfuerzo, motivar y generar el aliento para continuar avanzando.

Cuando se pretende gamificar contenidos educativos, Gibson *et al.* (2013) mantienen la importancia de centrarse en aportar elementos que aboguen por la motivación, la fidelidad del discente con el proceso y su tutela por parte de los docentes sus logros y objetivos. En este sentido Pappas (2013) sostiene que es igual de importante prestar atención al desarrollo, la inclusión de los elementos gamificados, el compromiso, la motivación, los resultados, como a crear un sistema atractivo para los implicados.

Por su parte, Kapp (2012) plantea (tabla 3.1), una serie de estrategias instruccionales y elementos de gamificación con la intención de alcanzar ciertos tipos de conocimiento.

Tabla 3.1. Técnicas y estrategias de gamificación. Adaptado de Kapp (2012).

Tipo de conocimiento	Definición	Estrategias Instruccionales	Elementos de Gamificación
Conocimiento declarativo	Asociación entre elementos. Normalmente hechos, jerga y acrónimos que deben ser memorizados.	Elaboración, organización, asociación y repetición.	Narrativa, clasificación, juego en compañía, Posibilidad de repetir el juego.
Conocimiento Conceptual	Un grupo de ideas conectadas, eventos u objetos que tienen un atributo o grupo de ellos en común.	Dispositivos metafóricos (metáforas dentro del juego), ejemplos (correctos e incorrectos) y una clasificación por atributos.	Juego en compañía y clasificaciones y experimentación del concepto.
Conocimiento basado en reglas	Declaración que expresa las relaciones entre los conceptos. Son reglas que proporcionan parámetros que fijan aquellas conductas deseables con resultados predecibles.	Proporcionar ejemplos y juego de roles.	Experimentar las consecuencias.
Conocimiento de procesos	Una serie de pasos que deben ser seguidos en un orden establecido previamente para llegar a un resultado específico.	Empezar por una visión general de lo que se pretende abordar. Enseñar el “cómo” y el “por qué”.	Desafíos ante el <i>software</i> y práctica.
Habilidades básicas	Directrices no secuenciales para hacer frente a las interacciones sociales. Las cuales incluyen habilidades de negación, habilidades de liderazgo y habilidades de venta.	Analogías y juego de roles.	Simulador social.
Conocimiento afectivo	Conocimiento sobre actitudes, intereses, valores, creencias y emociones.	Alentar a la participación, creer en el éxito y apoyo.	Inmersión, éxito y estímulos y/o apoyos sociales (juego cooperativo).
Dominio Psicomotor	La intersección entre habilidades físicas y conocimiento cognitivo.	Observación y práctica.	Demostración y dispositivos que excluyen la sensación táctil (hápticos).

Para Marín y Hierro (2013), la gamificación parte del conocimiento de los elementos que hacen atractivos los juegos y de la predisposición de los humanos a la competición, a alcanzar metas, a la autoexpresión, a la colaboración. Para estas autoras existen componentes, mecánicas y dinámicas que consiguen que las personas se orienten en la acción, de manera que se muestren dispuestas a esforzarse, concentrarse, superarse o comunicarse para conseguir el objetivo que el

juego propone. “Así mismo no se trata de diseñar un juego, sino de identificar dentro de una actividad, tarea o mensaje (en definitiva, en un entorno de no-juego) aquellos aspectos de susceptibles de ser convertidos en juego” (Marín y Hierro, 2013).

No es una tarea fácil pretender aplicar la gamificación a contextos no lúdicos y son muchos los factores a tener en cuenta (Grup F9, 2000). Estos factores, dejando aparte el contexto en el que se pretende aplicar la gamificación, están relacionados con el juego y la actitud de los individuos frente a este. A este respecto Huizinga (2000), en su obra *Homo Ludens*, sentó las características del juego. Para este autor el juego debe ser:

- Libre, voluntario y no obligatorio.
- No es la vida real ni ordinaria.
- Se diferencia de la vida ordinaria en su localización y en su duración: es decir que tiene sus propios límites espaciales y temporales.
- Tiene su propio orden: se rige por unas normas.
- No tiene, en esencia, ningún interés material ni produce beneficios.

Por otra parte, Caillois (2001) habla de las siguientes características refiriéndose a los juegos:

- Separado: tiene límites bien definidos de tiempo y de espacio.
- Incierto: no se sabe qué curso seguirá ni si se alcanzaran los objetivos y deja el margen para que los jugadores innoven.
- Improductivo: no produce bienes ni riquezas.
- Gobernado por normas.
- Ficción: involucra una segunda realidad o realidad imaginaria en contraposición a la realidad.

Para McGonigal (2011), todo juego debe contener unos puntos clave imprescindibles:

- Objetivo: que es el resultado que los jugadores quieren conseguir participando en el juego.

- Normas: estas determinan las limitaciones que los jugadores tienen para conseguir el objetivo del juego.
- Retroalimentación: para informar al jugador sobre su progreso en relación con la consecución del objetivo.
- Participación voluntaria: los jugadores aceptan en todo momento jugar conociendo el objetivo, las normas y el sistema de retroalimentación establecido.

3.5.3 Técnicas de gamificación

Werbach y Hunter (2012) mantienen que para implantar un sistema de gamificación deben conocerse las mecánicas, dinámicas y las técnicas que vertebran los procesos de gamificación. El conocimiento de dichos elementos es vital para configurar un sistema eficaz de gamificación. A la hora de gamificar contenidos, existen ciertas técnicas, que rigen los juegos y que son indispensables implementar si se pretende tener éxito en dicha tarea. Estas técnicas se clasifican en tres tipos: mecánicas, dinámicas y estéticas (Hunicke *et al.*, 2004; Teixes, 2014; Gaitán, 2013). A continuación, se enumeran y se profundiza en estos tres elementos de juego de vital importancia si se pretende gamificar contenidos con éxito.

3.5.3.1 *Mecánicas del juego*

Las mecánicas del juego son las reglas que configuran el juego, sirven para orientar el comportamiento de los jugadores ante el sistema y son las encargadas de generar la emoción que el jugador necesita para seguir motivado. Esta emoción puede ser de distintos tipos, desde satisfacción, aventura y desafíos, pasando por afán de superación etc.

La conjugación de dichos elementos en un juego hará que éste tenga o no éxito. Para Marczewski (2013), un buen diseño conjuga los elementos de tal manera que estas emociones no se generan en el jugador de modo abrupto, sino que sirven de transición entre espacios, procesos y resultados. Para Werbach y Hunter (2012), el primer reto que debe superar un juego es el de

sacar al jugador de la zona de confort y será este el primer paso para incorporarlos al sistema gamificado.

Existen tres mecánicas más habituales que caracterizan los juegos los elementos que en inglés se conocen como los *PBL (Points, Badges and Leaderboards)*. Estas técnicas ayudan a mostrar el progreso del jugador dentro del juego al tiempo que los motiva (Zichermann y Cunningham, 2011; Marczewski, 2013; Werbach y Hunter, 2014).

- Puntos (*Points*): determinadas acciones que realiza el jugador llevan asignado un valor cuantitativo, de manera que las acciones pertinentes se traducen en una acumulación de puntos. Este tipo de registro permite un seguimiento en el progreso del jugador que a la vez se siente recompensado por sus acciones. Generalmente los puntos van vinculados a niveles. Cuando hablamos de gamificación, existen distintos tipos de puntos:
- Puntos de experiencia: este tipo de puntos son un reflejo de la habilidad y la persistencia del jugador. Se obtienen a partir de las acciones de los jugadores y se utilizan para recompensar al jugador.
- Puntos compensables: son puntos de experiencia, pero con una particularidad: se pueden intercambiar por bienes y servicios reales. Por ejemplo, los puntos acumulados en las compras en el supermercado y que se pueden cambiar por otros productos o servicios.
- Puntos de habilidad: Este tipo de puntos reflejan el dominio del juego o de la actividad por parte del jugador. La manera de conseguirlos es interactuando con el juego o con el sistema.
- Puntos sociales o de reputación: Estos puntos se consiguen cuando otros jugadores realizan ciertas acciones por ti. El clásico ejemplo es el de los Me gusta, de las redes sociales.
- Puntos moneda: Este tipo de puntos apelan claramente a la motivación extrínseca, ya que permiten ser intercambiados por dinero real para adquirir bienes o servicios.
- Medallas, insignias o premios (*Badges*): Este tipo de elementos del juego son representaciones gráficas de los logros conseguidos a lo largo del juego. Generalmente se coleccionan y son el reflejo de los objetivos que el jugador ha ido superando. Para

Zichermann y Cunningham (2011) es una de las dinámicas que más motivan a los jugadores a la hora de seguir con el juego.

- Clasificaciones (*Leaderboards*): Este elemento del juego consiste en clasificar a los jugadores según sus puntuaciones, de mejor a peor. Autores como Marczewski (2013) destacan que las clasificaciones por sí solas únicamente motivan a los usuarios más competitivos, en detrimento de los menos competitivos. Es por ello por lo que se recomienda que se combine con otras mecánicas que muestren el progreso del jugador dentro del juego.

Otras técnicas mecánicas que emanan de las anteriores, pero no por esto menos efectivas son las siguientes:

- Niveles: este elemento indica el grado de progreso del jugador dentro del juego. Este refleja todas las metas alcanzadas por el jugador, que van desde puntos conseguidos, hasta pruebas o misiones superadas. Para Hunicke *et al.* (2004) este elemento permite mantener la motivación del jugador.
- Desafíos: este elemento plantea pequeñas competiciones entre usuarios con el objetivo de obtener más puntos que el contrario u obtener un premio en concreto.
- Regalos o bienes virtuales: estos son bienes que al conseguir ciertos objetivos se le conceden al jugador de manera gratuita e inesperada.
- Misiones y retos: este elemento es muy típico en gamificación y pretende motivar al jugador a realizar una serie de acciones concretas con la finalidad de conseguir ciertos objetivos.

3.5.3.2 *Dinámicas del juego*

Las dinámicas son propias de las estructuras humanas (jugadores) que asumen motivaciones, inquietudes y deseos para superar las distintas mecánicas de juego propuestas en el sistema gamificado (Revuelta *et al.*, 2017). Para Gaitán (2013), este tipo de técnicas tienen como objetivo

motivar al usuario a jugar y a seguir adelante en la consecución de sus objetivos. A continuación, se exponen las más utilizadas:

- **Recompensa:** se consigue tras la realización de una acción o haber logrado un objetivo, y generalmente se obtiene en forma de beneficio. La finalidad de las recompensas es reforzar ciertos comportamientos del usuario, para garantizar que se repitan. Existen distintos tipos de recompensas:
- **Recompensas fijas:** este tipo de recompensas son conocidas de antemano por el jugador, y sabe que conseguirá cuando alcance el objetivo.
- **Recompensas inesperadas:** estas son obtenidas cuando el jugador cumple objetivos que no se han descrito con anterioridad. Puesto que los desconoce, también desconoce el tipo de recompensa, que a su vez resulta una grata sorpresa.
- **Recompensas aleatorias:** este tipo de recompensas aparecen cuando el usuario alcanza cierto objetivo. Pero se caracterizan porque el jugador no sabe con qué objetivo alcanzado le vendrá la recompensa.
- **Recompensas sociales:** son aquellas que se reciben de otros usuarios o jugadores, como reconocimiento a la labor hecha en el juego.
- **Estatus:** esta técnica de gamificación es un reconocimiento por parte de los demás que se traduce en un nivel social valorado en su entorno de juego. Para Gaitán (2013), esta técnica dinámica motiva al jugador a perseguir nuevos objetivos en el juego.
- **Logros:** este tipo de elementos del juego muestran cierto nivel de dificultad, pero deben ser alcanzables después de un esfuerzo razonable. Este tipo de reto fomenta el espíritu de superación del jugador a la vez que provocan un sentimiento de superación personal una vez se han conseguido.
- **Competición:** este se traduce en el afán de superar a todos tus compañeros en la consecución de los objetivos. Esta dinámica debe combinarse con otras, puesto que no todos los jugadores muestran afán competitivo.

- Autoexpresión: esta dinámica permite al jugador crear su propia personalidad para diferenciarse de los otros. Esto es posible a través de la personalización de avatares y otros bienes virtuales que puedan obtener cada jugador.
- Altruismo: la capacidad de donar o recibir regalos de otros motiva a ciertos jugadores. Estaría ligada a la recompensa social mencionada anteriormente.
- *Feedback*: esta técnica dinámica es fundamental en gamificación, y permite que el jugador esté informado de si su esfuerzo y trabajo será suficiente para conseguir los objetivos programados.
- Diversión: este componente debe ser intrínseco a cada juego; de hecho, es un factor de motivación de los más importantes.

3.5.3.3 *Estéticas del juego*

Para McGonigal (2011), los elementos sociales y emocionales han de estar presentes y han de ser tenidos en cuenta durante el diseño, que debe basarse en una actividad que satisfaga, que genere motivación y felicidad. La emoción provocada por la experiencia del juego tiene un papel muy importante cuando se habla de motivar al jugador. Hunicke *et al.* (2004) clasifican estas sensaciones de la siguiente forma:

- Sensación: estos autores hablan de que el juego puede ser un placer para los sentidos. Por tanto, cuando se gamifican contenidos, el placer sensorial juega un papel importante.
- Fantasía: a la vez los juegos nos pueden transportar a situaciones inverosímiles o irreales, recreando situaciones que en la vida real jamás encontraremos.
- Narrativa: el juego debe tener un relato creíble que enganche al jugador desde el primer momento. Para Herranz (2013), la narrativa debe ser coherente y consistente para encaminar al jugador a una progresión perceptible.
- Reto: son un motor constante de motivación, como una carrera de obstáculos que se van superando a medida que se avanza.

- Compañerismo: en este caso un juego que genere estas dinámicas de socialización tiene más oportunidades de éxito.
- Descubrimiento: lo nuevo que aguarda a ser descubierto es un componente del juego que atrae, especialmente a perfiles como el del jugador explorador, amante de lo desconocido.
- Expresión: esta técnica dinámica permite proporcionar al juego la capacidad de permitir que el jugador desarrolle un conocimiento más profundo de sí mismo.
- Sumisión: esta técnica hace referencia a dotar al juego de la capacidad de tornarse un pasatiempo, en el que el jugador queda de alguna manera sometido y enganchado a éste.

3.5.4 Principios de gamificación aplicados al diseño de videojuegos educativos

Existen una serie de principios principales de gamificación, aquellos que se han demostrado ser los más relevantes en hacer de los juegos una poderosa herramienta para motivar al alumnado en el proceso de aprendizaje. Estos principios son los responsables de hacer que los juegos sean interesantes, atractivos y que capten la atención del estudiante para aprender.

A saber:

- Libertad de elección y libertad para equivocarse
- “Feedback” instantáneo
- Progreso alcanzado
- Narrativa
- Competición

A continuación, se hace un repaso de todas ellas, para posteriormente mostrar de qué manera se tuvieron en cuenta en el diseño de nuestro LDG *Top Chemist*.

1. Libertad de elección y libertad para equivocarse

A la hora de gamificar contenidos, incorporar la libertad de equivocarse sin ninguna consecuencia sobre los resultados académicos ha demostrado ser una dinámica eficaz en el aumento de la motivación y el compromiso de los alumnos para con el aprendizaje (Gee, 2008; Kapp, 2012; Lee y Hammer, 2011; Salen, 2008).

Si dejamos de prestar atención a los resultados finales y se anima a los estudiantes a experimentar y asumir riesgos, la atención del estudiante pasa a centrarse en el proceso de aprendizaje en sí. En palabras de Williams *et al.* (2019), si se incorpora la dinámica de la libertad a equivocarse, los alumnos dejan de obsesionarse con los resultados finales a toda costa para comenzar a prestar atención a lo que realmente es importante, que es el mismo proceso de aprendizaje. En este sentido Kapp (2012) matiza que, la libertad a equivocarse no significa que se dispongan de cuatro oportunidades en una pregunta de cuatro respuestas posibles, sino que, en palabras del autor, “se anime a los estudiantes a explorar los contenidos y a tomar decisiones por sí solos, pero estando expuestos a consecuencias realistas por haber tomado decisiones equivocadas o erróneas”.

Lee y Hammer (2011) argumentan que se debe animar a los profesores a que mantengan una relación positiva y tolerante con el error cometido por sus alumnos creando lo que ellos denominan, rápidos ciclos de *feedback*, y desdramatizando las equivocaciones. En otras palabras, para estos autores es fundamental que se fomente una manera positiva de afrontar el fracaso, sin darle demasiada importancia a los resultados y por otro lado trabajando para que los alumnos obtengan sus resultados y las correcciones lo antes posible.

2. *Feedback* inmediato

Para Kapp (2012), el *feedback* es un elemento crítico en el aprendizaje. Para este autor, cuanto más frecuente y orientado es, más efectivo es el aprendizaje. En este sentido Kapp argumenta la utilidad de las barras de progreso de los videojuegos, para recordarle al alumno/jugador, el nivel alcanzado en todo momento.

3. Progreso alcanzado

En el diseño de juegos, el progreso del usuario se expresa con niveles o misiones. En la pedagogía moderna, esto es conocido como *scaffolded instruction* o *step-by-step instruction*, es decir aprendizaje escalonado o, paso a paso (Hogan y Pressley, 1997).

Benson (1997) la describe como una instrucción que organiza la información en categorías, de manera que ayuda a focalizar la atención de los alumnos y les guía en el aprendizaje. La autora argumenta que “esto puede eliminar o reducir el problema del no-sé-por-dónde-empezar, y permite a los estudiantes comenzar de nuevo si se bloquea o se pierden”.

Sheldon (2012) recoge la opinión de Hackathorn y Lieberman, dos estudiantes graduados de la Universidad de Arizona que diseñaron una actividad gamificada. Estos hablan de diseñar juegos de manera que las primeras etapas requieran habilidades cognitivas más básicas, como identificar, recordar y entender, para posteriormente ir progresando a órdenes más elevadas de habilidades intelectuales como analizar, evaluar, resumir, para finalmente llegar a órdenes más elevados de habilidades mentales, como diseñar, crear, planificar o inventar. Con este tipo de diseño se garantiza que el estudiante necesitará adquirir los conocimientos de las etapas anteriores, para poder completar con éxito los niveles superiores. El LDG *Top Chemist* sigue también esta pauta de diseño.

4. Narrativa o Storytelling.

Otro aspecto que puede tener un impacto positivo en el diseño de juegos es el de la narrativa o ambientación de la historia. Como señala Kapp (2012), la mayoría de los juegos tienen algún tipo de historia detrás. Existen infinidad de ejemplos donde se puede reconocer este trazo diferencial de los juegos, como pueda ser el famoso juego del *Monopoli*, en el cual uno empieza por ser un personaje con una cantidad limitada de dinero, pero que bien jugado puede convertirse en un magnate inmobiliario. Según este autor, “la gente aprende mejor los contenidos cuando éstos se encuentran insetados en una historia que cuando están enumerados en un listado” (Kapp, 2012)

Una historia unificada a través de todo el currículum puede contextualizar de manera realista los contenidos de aprendizaje. Esto está considerado altamente efectivo para aumentar la

implicación y la motivación del alumnado por la materia (Clark y Rossiter, 2008; Salen, 2008, Kapp, 2012).

3.6 Aplicando los principios de gamificación al diseño de *Top Chemist*

En la creación del LDG *Top Chemist* se utilizaron los principales principios de gamificación. A la hora de diseñarlo se siguieron una serie de dinámicas y conceptos implícitos de los juegos que se han demostrado más exitosos que otros cuando se aplican a entornos de aprendizaje. *Top Chemist* puso en común un conjunto de características con la intención de convertirlo en un potente catalizador del aprendizaje. A continuación, se enumeran y analizan uno a uno para estudiar cómo se hizo y qué tipo de impacto puede tener cada principio en el proceso y éxito del LDG como herramienta de aprendizaje:

- Autonomía

El alumno es el protagonista de su propio aprendizaje, de él depende absolutamente el éxito y sus logros dentro del LDG. Cediéndole el control al jugador, se le está proporcionando total autonomía en la toma de decisiones. Esta capacidad de decisión y control es el principal elemento para desarrollar la motivación intrínseca, tan necesaria en cualquier tipo de aprendizaje.

Learning by doing o el aprender haciendo:

Top Chemist se desmarca radicalmente de la formación tradicional y explota, a través de los juegos, la experimentación. Experimentar, observar los resultados, volver a intentarlo y aprender de los errores es el ciclo natural que tradicionalmente hemos seguido los humanos en el proceso de aprendizaje. Este proceso natural de aprendizaje se puede conseguir con los juegos, que nos permiten experimentar sin ningún tipo de riesgo. Frasca (2007) mantiene que “el juego es la primera estrategia cognitiva del ser humano y como tal, una herramienta increíble para explicar y entender el mundo”.

Los videojuegos nos permiten aprender directamente experimentando y probando. Además, es esta incerteza en el juego y los posteriores logros de los retos lo que genera esta fascinación y divertimento añadido.

- *Feedback* inmediato

La relación causa-efecto inmediata a toda acción es imprescindible en cualquier experiencia de aprendizaje, y va asociada a toda experiencia. El aprendizaje tradicional se ha caracterizado por la ausencia del feedback inmediato y personalizado, razón atribuible generalmente a falta de recursos, ratios elevadas y poca operatividad. Pero los videojuegos, y el LDG *Top Chemist* no es una excepción, explota de manera perfecta esta característica esencial de cualquier proceso de aprendizaje.

- Desdramatizar el error

Cualquier experiencia de aprendizaje que pretenda tornarse efectiva, profunda y duradera, difícilmente se podrá construir sin el tradicional proceso de ensayo-error. El error forma parte de cualquier proceso de aprendizaje (de la Torre, 2001; Velázquez y Parra, 2018), pero generalmente los sistemas educativos tradicionales han tendido a estigmatizarlo y penalizarlo. ¿Quién no ha sentido vergüenza a equivocarse ante la pregunta de un maestro? Contrariamente, los videojuegos no únicamente nos permiten equivocarnos tantas veces como se necesite, sino que además naturalizan y desdramatizan el error hasta el punto de que, cuantas más veces te equivoques, antes aprenderás de los errores y antes alcanzarás el control del videojuego. De esta manera es una herramienta de aprendizaje que permite al alumno equivocarse, repetir y probar de nuevo tantas veces como se desee, sin sentirse un perdedor ni tener sentimientos negativos, hasta que se controle totalmente el juego.

Para de la Torre, la utilización didáctica de los errores proporciona a maestros y alumnos información de interés para mejorar la enseñanza (de la Torre, 2001).

- Autoconocimiento

Otra de las características del LDG *Top Chemist* es que se diseñó para que notificase, de forma inmediata el progreso del alumno, postulándose como una herramienta de aprendizaje que provee de una evaluación continua y formativa. El estudiante es en todo momento consciente

del grado de control que tiene sobre los contenidos de la materia, y/o qué le falta para adquirirlos completamente. Este grado de autoconocimiento es clave en cualquier proceso de aprendizaje.

- Competición

En la creación de *Top Chemist* se contempló la opción de competir contra uno mismo para intentar superarse, aportando así un complemento más de competitividad y motivación para aquellos que lo deseen.

- Auto-aprendizaje

El LDG proporciona los contenidos curriculares específicos de una forma minuciosa y aprovechando los recursos que las TIC nos pueden ofrecer. Esto lo hace un recurso ideal para que el alumno pueda aprender en casa, a su propio ritmo.

3.7 *Top Chemist* y las competencias educativas

A continuación, se detallan las competencias que se trabajan con el uso del LDG y en qué bloque teórico se tratan. Estas se han dividido en competencias clave para la ESO según la LOMCE (tabla 3.2.) y las competencias científicotecnológicas básicas para la asignatura de Física y Química con sus correspondientes dimensiones según el Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya (tabla 3.3).

Tabla 3.2. Competencias clave (LOMCE) trabajadas en el LDG

Nº Competencia clave (LOMCE)	Bloque LDG
Nº 2: Competencia matemática y competencias básicas en ciencias y tecnologías	IV, V, IX, X, XI, XII, XIII
Nº 3: Competencia digital	Todos
Nº 4: Aprender a aprender	Todos

Tabla 3.3. Competencias científicotecnológicas (Departament Educació GenCAT) trabajadas en el LDG

Nº Competencia básica (GENCAT)	Bloque LDG
Nº 1: Identificar i caracterizar los sistemas físicos y químicos desde la perspectiva de los modelos, para comunicar y predecir el comportamiento de fenómenos naturales.	II, III, VII, VIII, IX, X, XII
Nº 5: Resolver problemas de la vida cotidiana aplicando el razonamiento científico	I, VIII, XII
Nº 6: Reconocer y aplicar los procesos implicados en la elaboración y validación del conocimiento científico.	III, VII, VIII, IX, X, XII, XIII
Nº 7: Utilizar objetos tecnológicos de la vida cotidiana con el conocimiento básico de su funcionamiento, mantenimiento y acciones a hacer para minimizar los riesgos en la manipulación y en el impacto ambiental.	I, II, XII
Nº 10: Tomar decisiones con criterios científicos que permitan preveer, evitar o minimizar la exposición a los riesgos naturales	I y II
Nº 11: Adoptar medidas con criterios científicos que eviten o minimicen los impactos medioambientales derivados de la intervención humana.	I, II, XII

4. Metodología

4.1 Introducción

“La investigación científica es un proceso creativo de descubrimiento que se desarrolla según un itinerario prefijado y según procedimientos pre-establecidos que se han consolidado dentro de la comunidad científica” (Corbetta, 2003). Con esta afirmación el autor pone de manifiesto la importancia de la creatividad y, por ende, el talento y la intuición del investigador, para perseguir las verdades que en muchas ocasiones se ocultan detrás de grandes volúmenes de datos que permanecen frente a nosotros esperando a ser descifrados. Pero también remarca la importancia del uso de métodos científicos contrastados para demostrar con garantías que esa intuición era la correcta o para descubrir nuevas verdades que nuestra intuición no sabía ver.

Para Arnal *et al.* (1992) el diseño de la metodología seguida en una investigación es el proceso que estructura y organiza aquello que se realizará con el fin de alcanzar los objetivos marcados en la investigación y determinar cómo se abordará el problema planteado.

A lo largo del capítulo se expone el tipo de investigación llevado a término en el marco de las ciencias sociales y de la investigación educativa. A continuación, se profundiza en las dos fases en las que se ha desarrollado este proyecto de investigación. Seguidamente, se detalla la metodología específica del trabajo de campo que se ha utilizado. En los últimos apartados del capítulo, se detallan los instrumentos de recogida de datos y las muestras sobre las que se han trabajado, para finalmente exponer los procesos analíticos utilizados en este estudio.

Pero antes de adentrarnos en la parte metodológica, en la figura 4.1 se representa, a modo de esquema, el cronograma del proceso que se siguió en esta investigación.

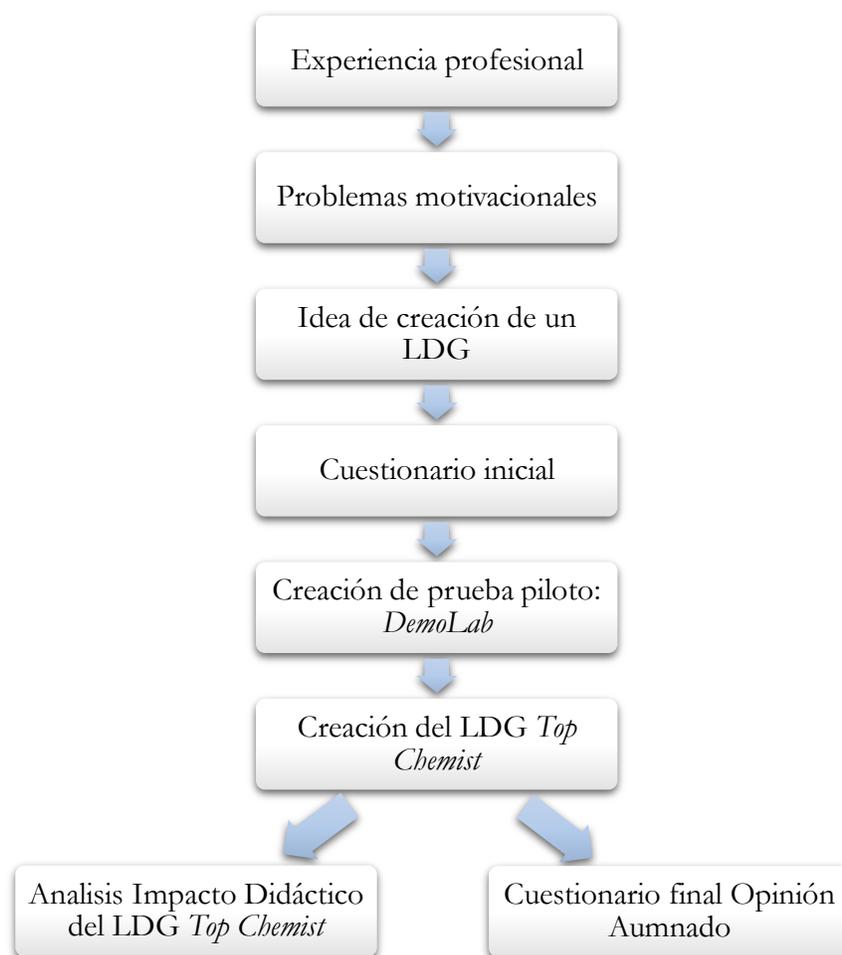


Figura 4.1: Cronograma que resume el proceso seguido en esta investigación.

4.2 Fases de la investigación.

La parte metodológica del presente trabajo de investigación doctoral se ha estructurado en cinco fases, distribuidas en las dos partes bien diferenciadas en las que se estructura esta tesis doctoral.

Parte I: Diseño y creación del un LDG: *Top Chemist*

- Fase I: Estudio previo de la opinión de los alumnos sobre el aprendizaje de la materia de química, anterior a la creación del LDG

Parte II: Diseño cuasi-experimental.

- Fase II: Estudio descriptivo de la dificultad del LDG.
- Fase III: Estudio de factores intrínsecos y extrínsecos al alumno.
- Fase IV: Estudio del impacto del LDG sobre el Rendimiento académico de Química.
- Fase V: Estudio de la opinión de los alumnos que utilizaron el LDG.

4.2.1 Parte I: Diseño y creación de un LDG *Top Chemist*

Esta primera parte está dedicada a la exposición de los pasos que se siguieron para el diseño y creación del primer LGD, que se haya creado: *Top Chemist*. Antes de entrar más en detalle en el cuándo, porqué y el cómo de la creación de este *software*, sin el cual todo este trabajo de investigación no hubiera sido posible, hay que añadir que el diseño y creación del LDG *Top Chemist* comprende un período de un año y medio, desde el mes de octubre del 2015, hasta junio del 2017.

Esta parte contiene la fase I de la investigación: Estudio de opinión a través de un cuestionario inicial (figura 4.1.). Puesto que la tesis versa sobre el impacto de dicha herramienta, la parte de diseño y creación del LDG se podrá encontrar con más detalle en la sección de anexos de esta tesis doctoral, concretamente en los anexos 1 y 2.

4.2.1.1 *Cómo, cuándo y por qué. Un poco de historia.*

Durante el curso escolar 2014/15, ejercía de profesor de Física y Química en el “IES Les Vinyes” de Santa Coloma de Gramenet. Fue la primera vez que tuve contacto con los libros digitales. Me puse a trabajar con estos libros que se suponían interactivos y que iban a aprovechar mejor las potencialidades de las TIC aplicadas a educación. Consideraba que que hacía mucha falta un material que, lejos del libro de papel tradicional, ayudase a motivar alumnos con una asignatura

tan compleja y para ellos, en general aburrida, como la Física y Química. Mi sorpresa fue mayúscula al ver que el *a priori* sofisticado libro digital no era más que un libro de papel digitalizado y pasado a *pdf*. Para más *inri*, se tenía que acceder online, y cuando caía la red de internet o el servidor de la editorial de turno, se colapsaba, hecho que ocurría desafortunadamente casi cada día, ya que los problemas técnicos por aquellos tiempos eran el pan nuestro de cada día, siendo el resultado final que no se podía acceder al libro.

Cada licencia de acceso al libro digital era de 15 euros por alumno y año, una cantidad sustancialmente menor a lo que costaría el libro en papel. Al final, después de tantas quejas por parte del profesorado, las editoriales nos concedían el acceso al que ellos llamaban *off-line*, simplemente nos pasaban un enlace a partir del cual nos descargábamos el libro en formato *pdf*. En otras palabras, estaban vendiendo el libro de texto a 15 euros, sin ni siquiera invertir un céntimo de euro en lo que cuesta el papel y la impresión.

Frente a este problema de falta de motivación del alumnado hacia el estudio de las ciencias y en concreto hacia el de la asignatura de Física y Química, decidí lanzarme a la creación de un Libro Digital Gamificado que abarcara los contenidos curriculares de la materia de Química (una parte de la asignatura de 3º y 4º de Física y Química de la Educación Secundaria Obligatoria). Este *software* se tituló *Top Chemist*.

Para que un problema pueda ser objeto de estudio científico debe satisfacer una serie de condiciones. Según Kerlinger (1999) se pueden resumir en tres:

- 1) Ha de expresar una relación entre dos o más variables. En nuestro caso es la relación entre el uso de un *software* con unas características determinadas como la gamificación, la interactividad o la visualización de contenidos teóricos y los rendimientos académicos de los estudiantes que han hecho uso de este software y los que no.
- 2) El planteamiento debe ser claro, sin ambigüedades y a poder ser en forma de pregunta, que nos guiará para la formulación de las hipótesis: ¿Son los LDG como *Top Chemist* herramientas que pueden ayudar a mejorar el rendimiento académico en las asignaturas científicas de nuestros estudiantes de Secundaria?

- 3) Debe permitir verificación empírica. Para ello se realiza un análisis cuantitativo que nos permitirá corroborar y cuantificar el impacto de dicha aplicación en el aprendizaje de la asignatura.

McGuigan (1983) añade que el problema de investigación debe ser resoluble.

4.2.2 Parte II: Diseño cuasi-experimental.

En la segunda parte se entra a detallar el proceso metodológico que se ha seguido en las siguientes cuatro fases de esta investigación mencionadas anteriormente, con la intención de contestar las preguntas de investigación que motivaron esta tesis doctoral. Este trabajo de campo tuvo lugar a lo largo del curso escolar 2017/18, desde Agosto/Septiembre del 2017 hasta junio del 2018, periodo durante el cual se procedió a la recogida de datos a través de distintos medios que se detallarán más adelante.

La presente investigación doctoral ha seguido las fases de la metodología científica, proceso que se basa en la observación y la experimentación, que sigue una serie de pasos y reúne unos requisitos (Bisquerra, 1989).

El punto de partida de toda investigación científica es el planteamiento del problema (Arnau, 1978; Bayés, 1974; Best, 1983; Kerlinger, 1999; McGuigan, 1983; Van Dalen y Meyer, 1981; Travers, 1979).

Así pues, el punto de partida que motivó esta tesis de investigación fue la dramática falta de motivación y el desapego por el aprendizaje de las materias científico-técnicas, ahora conocidas por asignaturas *STEM* y en particular por la asignatura de Física y Química que, a lo largo de mis 10 años de experiencia docente, he ido percibiendo por parte del alumnado de la ESO.

Como se ha visto en el apartado de antecedentes de este trabajo de investigación, son numerosos los estudios que a lo largo de las últimas décadas se han dedicado a estudiar esta problemática, intentado analizar las causas de dicha situación. Un problema científico requiere una teoría de fondo. Es decir, debe enmarcarse en una teoría, considerando el carácter acumulativo de la ciencia y, por tanto, basándose en investigaciones previas (Bisquerra, 1989).

4.3 Tipos de investigación.

4.3.1 Clasificación general de la investigación.

Si consideramos el tipo de investigación que tiene lugar en ambas partes de esta tesis doctoral (Parte I y II), desde un punto de vista general se puede clasificar principalmente como:

- Descriptiva: tiene por objeto la descripción de fenómenos de enseñanza-aprendizaje a través de la medición de distintos parámetros.
- Aplicada: La investigación pretende determinar qué tipo de dinámicas y qué características deben tener las herramientas TIC en educación para que inciden de mejor manera en el aprendizaje del alumnado, todo esto a través del análisis de un LDG que aúna todas estas características.
- Cuantitativa: Basada en aspectos observables susceptibles de ser cuantificados. Utiliza pruebas estadísticas para el análisis de datos.
- De campo: El ensayo del LDG se pone en práctica en una situación real, con 564 alumnos de 10 centros de educación secundaria distintos.

4.3.2 Tipo de investigación en la Parte I

Previo a la creación del LDG *Top Chemist*, que ocupa el cuerpo principal de la parte I, se realiza una investigación de tipo exploratorio (Arnal *et al.*, 1992) cuya finalidad es la de obtener un primer conocimiento de la situación. Se realizó un estudio de opinión a través de un cuestionario validado por expertos, utilizando la escala Lickert (1-5), realizado a estudiantes de 4º de la ESO que acababan de cursar la asignatura de 3º de Física y Química de la ESO (N=157).

A partir de las clasificaciones utilizadas por Bisquerra (1989), este tipo de investigación se clasifica de distintas formas. Según el grado de generalización se podría clasificar como fundamental, ya que las conclusiones se hacen extensivas a una población muy superior a la

muestra de sujetos observados con el objetivo de aumentar el conocimiento teórico. Según la manipulación de variables, sería del tipo descriptivo, ya que no se manipula ninguna variable. Se limita a observar y describir los fenómenos, puesto que el cuestionario previo permitió tener una visión global de la opinión de estudiantes hacia las TIC, hábitos de estudio, dificultades a las que se enfrentan en su día a día y opiniones sobre los contenidos de un área de conocimiento concreta (la materia de química), mediante la observación de diferentes grupos con el fin de describir, contrastar, comparar, clasificar, analizar e interpretar, describiendo los fenómenos tal cual aparecen en la actualidad (Arnal *et al.*, 1992; Bisquerra, 1989; Cohen y Manion, 1990). Según el lugar, correspondería a una investigación de campo, ya que el objetivo es conseguir una situación lo más real posible, y las encuestas se realizaron en distintos centros educativos de educación secundaria.

En cuanto al momento de la recogida de datos o temporización, esta primera encuesta se puede considerar un estudio descriptivo sincrónico o transversal – la fotografía de una población en un momento determinado- puesto que se analiza un grupo de alumnos de diferentes centros en un mismo momento temporal, al final curso académico 2014/15. Ello produce una fotografía instantánea de la situación en ese momento determinado (Cohen y Manion, 1990), ya que describe lo que piensan alumnos sobre la enseñanza y el aprendizaje de la materia de Química y las implicaciones del uso de las TIC en el aula.

Por último, según el número de individuos implicados en la investigación se clasificaría como un estudio de grupo, al tratarse de una muestra relativamente grande (N=157) a partir de un método de muestreo probabilístico para asegurar su representatividad (Bisquerra, 1989). Los centros que participaron en las encuestas fueron elegidos al azar, ya que el azar fue el que hizo que encontrase a los compañeros que ayudaron a crear el LDG en sus inicios y que se ofrecieron a hablar con sus antiguos centros de educación secundaria para que se llevasen a cabo dichas encuestas.

Como se ha dicho al inicio de este capítulo, a partir de este primer análisis exploratorio de los datos obtenidos en las encuestas, se procedió a crear el LDG *Top Chemist*.

Por lo tanto, en lo que se refiere a la parte analítica, según las clasificaciones utilizadas por Arnal *et al.* (1992) y Bisquerra (1989), la parte I se puede clasificar principalmente como:

- Aplicada: determinada a la mejora de problemas prácticos. La investigación pretende determinar con qué dificultades se encuentran los alumnos de Física y Química de la secundaria y qué tipo de herramientas creen que incidirían de mejor manera en el aprendizaje de la asignatura.
- Descriptiva: ya que se basa fundamentalmente en la observación y tiene por objeto la descripción de los fenómenos.
- Cuantitativa: basada en aspectos observables susceptibles de ser cuantificados.
- De campo: requiere de situaciones lo más reales posibles. En nuestra investigación los datos provienen de los cuestionarios realizados por. En nuestro caso se trataría de un experimento de campo.

4.3.3 Tipo de investigación en la Parte II

4.3.3.1 *Clasificación de la metodología de la parte II según los paradigmas tradicionales de la investigación educativa.*

En la investigación experimental el investigador controla y manipula deliberadamente las condiciones que determinan la aparición del fenómeno. (Bisquerra, 1989).

Según la concepción del fenómeno educativo, la parte II representa una investigación nomotética que comprende el ensayo del LDG *Top Chemist* para estudiar el efecto que éste tiene sobre el aprendizaje de la asignatura de 3º y de 4º de Física y Química de la ESO. Puesto que en dicho *software* hay implicados numerosos tipos de factores o variables independientes a controlar, podemos decir que se trata de un diseño factorial, ya que son diversas las variables independientes sometidas a estudio.

Un experimento supone un cambio provocado en el valor de una variable independiente y observar el efecto que este produce en otras variables dependientes (Bisquerra, 1989). Para Arnau (1981) un diseño experimental es “un procedimiento de asignación de sujetos a las condiciones experimentales, así como la selección de las técnicas estadísticas de análisis adecuadas”. Este nos debe, finalmente, permitir validar o rechazar las hipótesis (Bisquerra, 1989).

En esta parte II se propone una hipótesis – *Top Chemist* es una herramienta educativa que mejora el rendimiento académico en la materia de Química al tiempo que mejora la actitud y predisposición del alumno hacia el estudio de la materia de química– y se intenta validar mediante evidencias empíricas.

Se desea pues estudiar qué efecto puede tener una aplicación informática, un LDG llamado *Top Chemist* en el rendimiento académico del alumnado cuando dicho LDG se ha creado con la intención de incrementar la motivación de los estudiantes y ensayar factores y conceptos de innovación educativa como la gamificación, la visualización de contenidos teóricos o los *tests* evaluativos, así como analizar qué otros factores que se encuentran en el diseño, pueden influir y de qué manera en dicho rendimiento académico.

En nuestra investigación educativa se hizo imposible conseguir una muestra completamente aleatoria, puesto que el LDG *Top Chemist* se ofreció a todos los centros de educación secundaria de Catalunya, con la condición de que los alumnos dispusiesen de ordenadores para poder utilizar el programa en el aula.

A los centros que cumplieron esta premisa y aceptaron participar en el experimento, se les propuso, primeramente, que utilizaran la *app* solamente con un grupo, para dejar otro grupo como control. El 100% de los centros se negaron rotundamente, así que no quedó más remedio que aceptaran participar sin grupo control. En estas circunstancias nos es imposible realizar una investigación experimental verdadera ya que la muestra no es aleatoria. Puesto que en este diseño no se cumple el principio de asignación aleatoria de los sujetos a los grupos, se puede decir que este tipo de investigación es un diseño cuasi-experimental (Campbell y Stanley, 1973). En este caso decidimos que utilizaríamos como control a los alumnos que, participando en el cuasi-experimento, no utilizaban la *app*. A menudo, al trabajar en situaciones reales o de campo, nos encontramos con que el investigador puede manipular las variables independientes sobre grupos

ya preestablecidos, es decir, que ya se han constituido por medios distintos a la aleatoriedad; este tipo de investigaciones reciben el nombre de cuasi-experimentos (Arnal *et al.*, 1992; Bisquerra, 1989; Cohen y Manion, 1990; Corbetta, 2003; Creswell, 2014; Punch, 2005). Para Cohen y Manion (1985) la diferencia más importante entre los diseños experimentales y los cuasi-experimentales reside precisamente en que en el segundo caso se estudian grupos intactos; es decir no han sido seleccionados al azar. Como consecuencia, no se da una equiprobabilidad de inclusión de los sujetos en los grupos experimental y control, pero mantienen un control parcial aceptable (Bisquerra, 1989).

Para Cook y Campbell (1979), los cuasi experimentos son: “experimentos que tienen tratamiento, observaciones, *postest* y grupos experimentales, pero que no emplean la aleatorización para crear comparaciones de las que poder deducir los efectos del tratamiento [...]. La comparación se basa, pues, en grupos no equivalentes que difieren entre sí también por otras características, además de por el tratamiento cuyos efectos están bajo examen”.

4.3.3.2 *Diseño Cuasi-Experimental. Top Chemist en el aula de 3º y 4º de Física y Química de la ESO*

El curso 2017/18 se escogió finalmente un total de diez centros educativos para participar en el diseño cuasi-experimental. De los centros participantes, nueve de ellos son centros de Educación Secundaria de Catalunya y el último restante es un centro de educación secundaria (*Highschool*) de los Estados Unidos, concretamente de Miami, en el Estado de Florida. El total del experimento lo componen 561 alumnos, repartidos en 21 grupos-clase (tabla 4.1). El LDG *Top Chemist* es utilizado en el curso de 3º de Física y Química de la ESO por 480 alumnos y por 81 alumnos en el curso de 4º de Física y Química de la ESO. Así mismo, en el cuasi-experimento participan un total de doce profesores.

Tabla 4.1. Relación de escuelas, cursos, grupos clase y cantidad de alumnos que han participado en la experiencia.

Escuela	Curso	Grupo	N
1	3° ESO	A	33
		B	32
2	3° ESO	A	31
		B	28
3	4° ESO	A	37
4	3° ESO	A	16
5	3° ESO	A	28
6	3° ESO	A	30
		B	30
	4° ESO	A	16
7	4° ESO	A	18
		B	10
8	3° ESO	A	24
		B	25
		C	25
9	3° ESO	A	27
		B	29
		C	29
		D	29
10	3° ESO	A	31
		B	33

En cuanto a la recogida de datos, a lo largo de la parte II, se extrajeron a través de diferentes formas y fuentes y en tres episodios que se detallan a continuación:

La primera y principal fuente de datos la proporciona el *backend* del LDG. Cualquier *software* informático, y *Top Chemist* no es una excepción, tiene lo que se conoce en la gerga informática como un *backend*. Éste es la parte del desarrollo web que se encarga de la lógica y la gestión de los datos que recibe o genera el programa. Cuando se establece una comunicación entre un servidor web y su cliente, se registran diferentes datos sobre las comunicaciones establecidas entre ambos en una carpeta de registros o *log files* (Jansen, 2006). Estos datos se almacenan en el *backend* del software. Éste se puede programar para que recoja todos los datos que sean de interés. El *backend* de *Top Chemist* se ha programado para que almacene datos del uso que cada estudiante ha realizado del LDG. Éste es la primera gran fuente de datos y la recogida es de tipo longitudinal ya que se realizó a lo largo del curso escolar 2017-18.

Una segunda fuente de datos la proporciona el centro educativo y se trata de información detallada relativa al centro escolar y de los alumnos que han participado en el cuasi-experimento

y han utilizado *Top Chemist* a lo largo del curso. Se trata pues de una recogida de datos de tipo transversal, que se obtiene a través de la colaboración de los profesores y centros implicados en la implementación del cuasi-experimento.

La última aportación de datos se obtiene a partir de una encuesta/cuestionario final realizado a alumnos y profesores que han participado en el experimento. Se trata de un cuestionario tipo Lickert (1-5), validado por expertos y distribuido al final del periodo de experimentación a finales del curso escolar, concretamente en junio de 2018. Respecto a la temporización, se puede considerar un estudio sincrónico o transversal puesto que se analiza un grupo de alumnos de diferentes centros en un mismo momento temporal, al final del curso académico 2017/18. Esta instantánea describe lo que piensan alumnos y docentes sobre el LDG *Top Chemist*, la enseñanza y el aprendizaje de la asignatura de Física y Química a partir de su uso, y muchas otras preguntas relacionadas, como competitividad, sexo y uso del LDG que más adelante se detallarán.

Por lo que se refiere a la parte analítica, y siguiendo las clasificaciones utilizadas por Arnal *et al.* (1992) y Bisquerra (1989), la parte II puede clasificarse principalmente como:

- Cuantitativa: basada en aspectos observables susceptibles de ser cuantificados. Utiliza pruebas estadísticas para el análisis de datos.
- Experimento de campo: esa que requiere de situaciones lo más reales posibles. En nuestra investigación los datos provienen de distintas fuentes existentes y así como las generadas a lo largo del cuasi-experimento.
- Estudio de campo: con los datos obtenidos de la encuesta final realizada a alumnos y profesores que han participado en el estudio.

4.3.3.3 *Learning Analytics y registros de un servidor*

“El crecimiento y generalización de la tecnología educativa, la formación virtual y el uso de Internet como vehículo de aprendizaje ha dado lugar a la aparición de rastros o huellas digitales -y a su registro- que permiten saber cómo se relacionan los nodos de una red determinada (personas, dispositivos, colectivos, etc.), con qué frecuencia, en qué condiciones... En definitiva,

nos permiten tener datos cuya medida, análisis y estudio posterior permitirá obtener conclusiones prácticas” (Gutiérrez-Priego, 2015).

En esta fase del estudio se tratan los datos almacenados en un servidor y recogidos a través del *backend* del *software Top Chemist*. Estos datos reflejan el tipo de interacción que los alumnos han realizado a través de la *app* a lo largo del curso escolar 2017/18. A la matriz de datos creada se le han añadido otros datos que se han obtenido a través de una encuesta final de curso y los datos de cada alumno y del centro, proporcionados por las diferentes escuelas que han participado en el ensayo del LDG *Top Chemist*. Toda esta información individualizada de cada alumno se ha añadido a los registros obtenidos desde el *backend* de la aplicación, para formar una matriz de datos que es la que ha sido analizada.

A finales del mes de junio del 2018, una vez acabado el curso escolar, estos registros se descargaron y trataron para poder ser analizados estadísticamente.

Así pues, son dos las metodologías utilizadas en esta parte II, si bien es cierto que la cantidad de datos tratados en esta investigación es mucho menor que las tratadas en las metodologías que ahora explicaremos, sí podemos afirmar que se han utilizado los principios de las corrientes de investigación que se citan a continuación.

1. *Learning Analytics* (LA) o analítica de aprendizaje. También es conocida como LAK (*Learning analytics of knowledge*). Es la denominación de esta reciente disciplina con potencial transformador -relacionado con el aprendizaje personalizado y adaptativo- y con incidencia en todas las disciplinas educativas, particularmente en *e-Learning* (García-Peñalvo, 2014). De hecho, con cierto carácter hiperbólico, se ha caracterizado como “el camino natural de la evolución de la educación”.

Fundamentalmente se trata de una herramienta novedosa -relacionada con el análisis de redes sociales (*SNA*) y el *Big Data* - que, mediante el registro y estudio crítico de determinados indicadores discentes y docentes, contribuye a la personalización y adaptación del aprendizaje, así como coopera en la planificación educativa con el objetivo de mejorar el desarrollo competencial y la significatividad de lo aprendido (Gutiérrez-Priego, 2015).

Además de estar enfocada en el aprendizaje, es una disciplina que interactúa con otras de gran relevancia en esta década como la Minería de datos educativos (*EDM*), la inteligencia empresarial (*BI*), el análisis de redes sociales (*SNA*) y lo relativo a *Machine Learning* (*ML*) (Pastor-López *et al.*, 2012).

Existen a tres definiciones complementarias que, desde su perspectiva particular, aportan elementos de interés para que confeccionemos nuestra propia definición de novedosa disciplina:

“*Learning Analytics (LA)* son los datos generados durante el desarrollo de propuestas formativas virtuales que habitualmente se relacionan con el número de accesos, materiales revisados, participaciones, puntuaciones y similares. Por su parte, la minería de datos educativa (*EDM*) consiste en obtener datos analizables a fin de facilitar investigaciones posteriores o bien con objetivos comerciales futuros.” (Long y Siemens, 2011).

“*Learning Analytics (LA)* es el uso inteligente de datos derivados del comportamiento del alumnado en un curso. Está directamente relacionado con la minería de datos educativa pero también puede considerar los datos de hábitos-comportamientos particulares de un solo aprendiz. En general, la minería de datos trabaja con grandes cantidades de datos y no particulariza.” (Siemens, 2010).

“*Learning Analytics (LA)* es una disciplina emergente relacionada con el desarrollo de métodos para explorar series de datos procedentes de ecosistemas educativos y con el uso posterior de los resultados del análisis para entender mejor al alumnado, sus comportamientos y así mejorar el diseño de los entornos en los que aprenden.” (Dietz-Uhler y Hurn, 2013).

De la lectura previa es posible deducir cuáles son los tres aspectos clave que es necesario establecer en el proceso de *LA*:

- Qué variables se van a medir (de todos los agentes educativos involucrados y del contexto en el que se trabaja).
- Cómo se medirán, esto es, la identificación de criterios e indicadores mensurables, así como la selección de herramientas y procedimientos de análisis.

- Cuál será la interpretación, aspecto en el que además del propio estudio estadístico va a ser muy significativa la experiencia y el bagaje (*know-how*) del analista (que bien puede ser un docente/instructor).

En el campo particular del *e-learning*, las variables más obvias son el tiempo de conexión, el momento de acceso al campus/plataforma *LMS*, interacciones con sus pares en redes sociales o *PLN* (redes personales de aprendizaje), tiempo de revisión de contenidos didácticos... Todas ellas aplicadas al discente. Pero también puede recurrirse a la definición de variables relacionadas con el trabajo docente, vinculadas a varios grupos específicos de estudiantes e incluso abarcando todo un proyecto formativo (puesto en comparación con otros similares o con ediciones previas).

Y al tratar este aspecto, conviene aclarar que el *LA* no es un instrumento de control o supervisión directa de la tarea tutorial. Es un proceso de medida-análisis cuantitativo y estudio cualitativo que derivará en la adopción de medidas que ayudarán a modificar, mejorar y diferenciar proyectos educativos. Y que, además, permitirá estudiar el componente informal que complementa lo establecido en el itinerario formativo.

Una influencia que es particularmente significativa en tres áreas:

- Aprendizaje personalizado.
- Ayuda a que los estudiantes puedan configurar sus Entornos Personales de Aprendizaje (PLE) combinando el análisis de los datos obtenidos en las *LMS* con los usos de las redes sociales y otros espacios 2.0 integrados en el desarrollo del curso.

Facilita el refuerzo de la motivación individual y colectiva del alumnado, pues su mejor conocimiento ayuda a diseñar estrategias de *coaching* educativo más adecuadas.

Mejora la confección de esquemas de docencia-aprendizaje multidispositivo, abiertos y flexibles que promuevan la investigación individual y la experimentación.

Sus conclusiones sirven para diseñar itinerarios formativos personalizables, con diferentes contenidos instructivos, así como para estructurar los grupos de estudio y prever el carácter de sus interacciones.

- Aprendizaje adaptativo. Contribuye a adaptar la metodología, el ritmo de trabajo y el diseño instructivo a los esquemas cognitivos de los aprendices, identificando las áreas donde los participantes encuentran más dificultades.

Permite establecer los tiempos óptimos para la tutorización y rectificar carencias de información o errores implícitos en las pruebas de evaluación propuestas.

Mejora la distribución y etiquetado de elementos en las plataformas *LMS* y la selección de herramientas educativas, así como de los tipos de tareas y estrategias de evaluación.

La interacción por internet genera una gran cantidad de datos que quedan almacenados en los correspondientes servidores; este volumen de información, que va más allá de la capacidad de las típicas herramientas de base de datos para capturar, almacenar, gestionar y analizar (Manyika, 2011), es lo que recibe el nombre de Big data y que describe este nuevo contexto de abundancia de información (Siemens y Long, 2011).

Para autores como Long y Siemens (2011), son los datos generados durante el desarrollo de propuestas formativas virtuales que habitualmente se relacionan con el número de accesos, materiales revisados, participaciones, puntuaciones y similares.

Es una disciplina emergente relacionada con el desarrollo de métodos para explorar series de datos procedentes de ecosistemas educativos. Y con el uso posterior de los resultados del análisis para entender mejor al alumnado, sus comportamientos y así mejorar el diseño de los entornos en los que aprenden.” (Dietz-Uhler y Hurn, 2013).

Para Siemens (2010) es el uso inteligente de datos derivados del comportamiento del alumnado en un curso. “Está directamente relacionado con la minería de datos educativa pero también puede considerar los datos de hábitos-comportamientos particulares de un solo aprendiz. En general, la minería de datos trabaja con grandes cantidades de datos y no particulariza” Aunque, como se ha mencionado antes, en nuestro caso se han analizado una cantidad mucho menor de lo que dicha metodología es capaz de analizar.

2. *Educational Data Mining (EDM)* es la aplicación de las técnicas de *DM (Data Mining)* al terreno de la educación. Han, Kamber, y Pei, (2011) la definen como “el proceso de descubrir patrones importantes y conocimiento a partir de gran cantidad de datos”, cuyo volumen se ha

visto ampliado radicalmente debido a los avances en computarización y tecnologías de la información (Baker y Yacef, 2009). Se define como el uso de esta gran cantidad de datos con el fin de resolver preguntas de investigación en el ámbito de la educación mediante técnicas propias de *DM* que permitan conocer mejor a los alumnos y el proceso de aprendizaje, así como evaluar los materiales de aprendizaje ofertados (Romero y Ventura, 2010, Nachmias, 2011).

El objetivo de estas técnicas y herramientas es extraer el significado de grandes depósitos de datos generados o relacionados con actividades de aprendizaje de personas en entornos educativos. Habitualmente, se generan extensas cantidades de datos y muy precisos.

En el caso de esta tesis doctoral, el *backend* diseñado para el LDG *Top Chemist* nos permite un nivel de precisión en la recogida de datos muy elevado, permitiéndonos rastrear información de cómo y cuándo cada estudiante accedió a cada objeto de aprendizaje, cuántas veces lo accedieron y cuántos minutos se mostró el objeto de aprendizaje en la pantalla del ordenador del usuario, qué puntuaciones obtuvieron en cada juego, o test, y mucha otra información que más adelante se detallará en el apartado de recogida de datos en este mismo capítulo. La precisión de estos datos es tal que incluso una sesión de varios minutos en el entorno de aprendizaje puede producir una gran cantidad de datos de proceso para el análisis. Esto deja una huella digital de cada alumno que permite su posterior análisis y estudio en profundidad.

Así pues, existe una fuerte conexión entre estas dos disciplinas, el *LA* y el *EDM*. Para Pastor-López *et al.* (2012), *LA* es una disciplina enfocada en el aprendizaje, y que interactúa con otra metodología de investigación utilizada, aunque de una forma tangencial, en este trabajo de investigación. Se trata de la Minería de datos educativos (*EDM*). Cabe decir que el matiz tangencial es importante, puesto que la cantidad de datos que se maneja en la *EDM* es ingente, y en absoluto comparable a los datos recabados en esta tesis doctoral, quedando la matriz de datos que se está analizando en este ejercicio de investigación, formada por 561 filas y 227 columnas.

Para Eynon (2013), estas nuevas metodologías de análisis han despertado el interés de instituciones, investigadores y gobiernos, centrándose en la explotación del potencial que estas tecnologías tienen para capturar y analizar cantidades masivas de datos de manera cada vez más potentes. Según Siemens (2011), el *Learning Analytics* es la mejor herramienta para medir,

recopilar, analizar y presentar datos sobre sus alumnos y sus contextos, con el fin de entender y optimizar el aprendizaje y los entornos en que este se produce. *LA* es una metodología centrada en el proceso de aprendizaje que analiza interacciones entre los alumnos y con el profesor a la vez que, con el contenido educativo, permite crear modelos de predicción o encontrar patrones de éxito o fracaso en el aprendizaje (Siemens y Long, 2011).

Este tipo de herramientas de análisis permiten un nivel de conocimiento del alumno muy superior al tradicional, basado en la observación del profesor y de las pruebas que el alumno ha ido realizando a lo largo del curso. El análisis del comportamiento, dedicación del alumno y las pruebas que va realizando a través del LDG proporcionan una visión mucho más profunda del alumno, sus carencias y sus fortalezas, y permite al profesor focalizar sus esfuerzos en aquello que el alumno realmente necesita. *LA* analiza toda esta información, que puede incluir desde el perfil de un alumno hasta las interacciones que realice con la *app*, con el fin de permitir a las instituciones actuar facilitando a los alumnos diferentes opciones u oportunidades según sea su nivel de necesidad y habilidades (Johnson *et al.*, 2011).

Pero son muchos los autores que ponen de manifiesto la dificultad de discernir dónde empieza y acaba cada metodología, ya que la similitud entre las dos áreas de investigación hace difícil discernir dónde se encuentra la frontera entre la una y la otra. Los autores de referencia coinciden en que gran parte de la metodología coincide entre *LA* y *EDM* (Baker e Inventado, 2014, Chatti *et al.*, 2012). No obstante, son varias las diferencias existentes entre ambas metodologías y que enumeraremos a continuación, pero la diferencia principal radica en qué metodología lleva el peso principal del análisis e interpretación de los datos.

Para Baker e Inventado (2014) y Siemens y Baker (2012), en la metodología de *Learning Analytics*, el foco de la investigación se centra mayormente en la interpretación humana de los datos y la visualización gráfica de los resultados, mientras en *EDM* el proceso se centra más en una metodología de descubrimiento automatizada llevado a cabo por computadoras con *software* especializado.

La segunda diferencia importante entre ambas metodologías de investigación se encuentra en el marco de trabajo: mientras *EDM* reduce un fenómeno en componentes individuales y busca

comparaciones entre ellas, *LA* tiene una visión más amplia, intentando entender los sistemas como un todo, en el global de su complejidad (Siemens y Baker, 2012).

En la tabla 4.2., elaborada por Siemens y Baker (2012), se caracterizan y comparan ambas áreas.

Tabla 4.2. Adaptación de la tabla “A brief comparison of the two fields” de Siemens y Baker (2012).

	<i>LAK</i>	<i>EDM</i>
Descubrimiento	Aprovechar el juicio humano es la clave; el descubrimiento automatizado es una herramienta para lograr este objetivo.	El descubrimiento automatizado es la clave; aprovechar el juicio humano es una herramienta para lograr este objetivo.
Reducción y Holismo	Mayor énfasis en la comprensión de los sistemas como un todo, en su complejidad global.	Mayor énfasis en reducir los componentes y en un análisis individual de éstos y de las relaciones entre ellos.
Orígenes	LAK tiene orígenes más fuertes en la Web semántica*, el currículum inteligente**, la predicción de resultados y las intervenciones sistémicas.	DM tiene fuertes orígenes en el software educativo y el modelado de los estudiantes, con una comunidad grande con el fin de predecir los resultados del curso.
Adaptación y personalización	Mayor énfasis en la información y capacitación de instructores y estudiantes	Mayor enfoque en la adaptación automatizada (por ejemplo, por el ordenador sin humanos en el ciclo)
Técnicas y métodos	Análisis social de redes, análisis de influencia, predicciones del éxito en el aprendizaje, análisis conceptual, modelos de significación.	Clasificación, clustering, modelización bayesiana, minería de relaciones, descubrimiento con modelos, visualización.

*“La Web Semántica es la extensión de la World Wide Web que permite a las personas compartir contenido más allá de los límites de aplicaciones y sitios web” (Kim, H. G. (2003). Se puede entender como una red de información enlazada y fácilmente procesable por máquinas, o también como una base de datos global enlazada (Palmer, 2001) ** Se denomina currículum inteligente a cómo a partir del análisis de datos de uso de los materiales de una web se adapta el contenido de éste al alumno con el fin de que le sea de utilidad y mejore el aprendizaje. La idea se basa en adaptar los contenidos a las diferentes necesidades del alumnado (de Waard, 2011).

Respecto al uso de la estadística como metodología en parte de ambas áreas de investigación, también podemos encontrar discrepancias entre los expertos en la bibliografía. Para autores como Chatti *et al.* (2012), es en el LA dónde debe usarse la estadística y la visualización de los

resultados. En cambio, otros autores como Han *et al.* (2011) o Romero y Ventura (2010), consideran que la estadística también forma parte del *DM*.

A continuación, se detalla la metodología *LA* que para Chatti *et al.* (2012), es un proceso cíclico de tres etapas (figura 4.2):

- **Recolección y pre-procesamiento de datos:** recolección de datos de diferentes ambientes y sistemas educativos. Éstos pueden tener un gran volumen y requerir de un tratamiento previo que se pueden basar en la *DM* y que tiene como objetivo preparar los datos para ser utilizados para el análisis. Ello puede incluir la limpieza, integración, transformación, reducción y modelización de los datos, identificación de usuarios y de sesiones, así como completar la ruta de un proceso realizado por el alumno (Han *et al.*, 2011; Liu, 2011; Romero y Ventura, 2007).
- **Análisis y acción:** a partir de los datos pre-procesados, se utilizan diferentes técnicas para explorar los datos y obtener patrones ocultos que ayuden a hacer más eficaz el proceso de aprendizaje
- **Post-procesamiento:** la búsqueda de nuevos datos, mejorar el refinamiento de éstos, identificar nuevos indicadores, modificar variables o escoger un método diferente de análisis. Esto forma parte esencial del proceso de mejora continuada de éste.



Figura 4.2. Learning Analytics Process, según Chatti *et al.* (2012).

Para Clow (2012) *LA* es un proceso cíclico más complejo, y añade una cuarta etapa que comprende la finalidad académica de dicha metodología, es decir la mejora continuada en el binomio enseñanza - aprendizaje (figura 4.3). Según este autor:

- Alumnos: son el objeto de la investigación.
- Captura de datos sobre, o de, los alumnos: desde los registros que pueden ser, o no, de generación automatizada, y que se generan al interactuar con el *software*, calificaciones, estudios demográficos, etc.
- Análisis: deben proporcionar alguna información que incida en el proceso de aprendizaje.
- Intervención: la información que se obtiene debe poder intervenir en el proceso de aprendizaje, ya sea sobre los mismos alumnos con los que han generado los datos o con otros, usando la información obtenida para incidir en la forma de enseñar posteriormente.

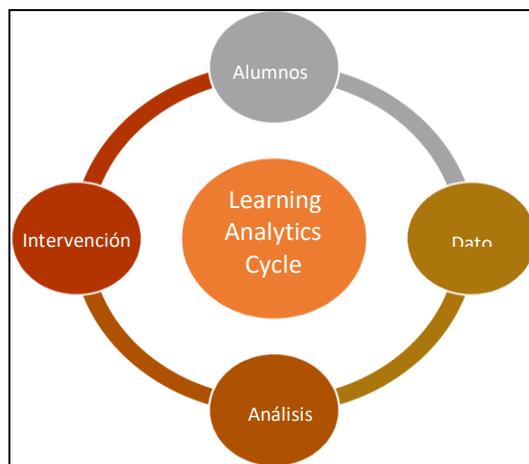


Figura 4.3. Learning Analytics Cycle, según Clow (2012).

Aunque el proceso de investigación de *Learning Analytics* tiene su base y equivalencia en *EDM* y que ambos surgen de una misma raíz metodológica, que es el *Data Mining*, a la hora de definir los pasos metodológicos seguidos en esta parte II de la investigación, y a pesar de que tiene una componente muy importante de *LA*, se puede clasificar en mayor medida dentro del *EDM*. Esto se debe a distintas razones que a continuación se enumeran: a) El proceso de análisis estadístico

se realiza a través de dos *softwares* informáticos (R y SPSS) al tiempo que trata de analizar una serie de variables recogidas; b) Este proceso de recogida no se ha podido controlar a lo largo del tiempo, es decir que no ha sido dirigido constantemente por el investigador; c) Nuestro análisis en la parte II de la investigación muestra mayor énfasis en reducir los componentes y en un análisis individual de éstos y de las relaciones entre todas las variables recogidas, con el fin de analizar el impacto del LDG en el aprendizaje. d) A nivel de técnicas y modelos, nuestra investigación se acerca al descubrimiento con modelos, contrastes estadísticos y técnicas de visualización de datos.

En la tabla 4.3., se representan las siete etapas de la metodología *DM* elaboradas por Han *et al.* (2011) junto con una adaptación resumida seguida en esta parte II de la investigación.

Tabla 4.3. Etapas de la metodología DM, según Han *et al.* (2011).

Proceso	Función en <i>DM</i>	Proceso seguido en nuestra investigación
<i>Data cleaning</i> Limpieza de los datos	Eliminación de ruido y datos inconsistentes.	Eliminación de registros en el <i>backend</i> irrelevantes o sin información.
<i>Data integration</i> Integración de datos	Agrupación de datos de múltiples fuentes.	En la matriz principal del <i>backend</i> se integran datos obtenidos de las encuestas y los proporcionados por los centros de cada alumno que ha utilizado la <i>app</i> , registros sobre calificaciones históricas o resultados académicos en la asignatura de Química.
<i>Data Selection</i> Selección de los datos	Elección de los datos interesantes para el análisis.	Se seleccionan y conservan secuencias de registros de alumnos de las encuestas que parecen interesantes de incluir en la matriz madre.
<i>Data Transformation</i> Transformación de los datos	Transformación de los datos en el formato adecuado para ser tratadas por minería de datos.	Se procede a adecuar la información contenida en los registros al formato necesario para ser analizados, en nuestro caso una matriz en formato Excel.
<i>Data Mining</i> Minería de datos	Aplicación de metodologías inteligentes que extraer patrones de datos.	Se realizan clasificaciones y agrupaciones de variables en función del análisis concreto a realizar.
<i>Pattern evaluation</i> Evaluación de patrones	Análisis de los patrones de datos obtenidos anteriormente con el fin de extraer conocimiento.	Análisis estadístico.
<i>Knowledge presentation</i> Presentación del conocimiento	Transmisión del conocimiento de la investigación a los usuarios. Uso de técnicas de visualización.	Presentación y discusión de resultados.

En definitiva, la segunda parte de la presente investigación se ajusta a las metodologías de *LA* y *EDM* desde las diferentes perspectivas descritas. En ella se recogen los datos de cada usuario del LDG a través del *backend* del programa, realizando los ajustes y pre-tratamientos necesarios para su posterior análisis con el paquete estadístico R. Con ello se pretende obtener modelos estadísticos que nos ayuden a entender el efecto que este LDG ha tenido sobre el aprendizaje de la materia de Química de tercero y cuarto de la ESO. Esta investigación pretende, a su vez, ser fuente de información sobre el impacto que, estrategias didácticas como la gamificación, los videojuegos u conceptos innovadores como el *chunk knowledge* o la “visualización de contenidos”, tienen sobre el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura. Todo con la intención de mejorar estos procesos y extraer el mayor rendimiento posible a las nuevas tecnologías TIC dedicadas a la educación para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje en nuestras aulas de secundaria, consiguiendo cerrar de esta manera, el círculo metodológico del *Learning Analytics*.

4.3.3.4 Tipologías de investigación utilizadas en este estudio

A continuación, con la intención de tener una visión global, se presenta la figura 4.4., en la que de modo esquemático se pretende resumir las diferentes metodologías usadas en cada una de las partes de la investigación de este estudio.

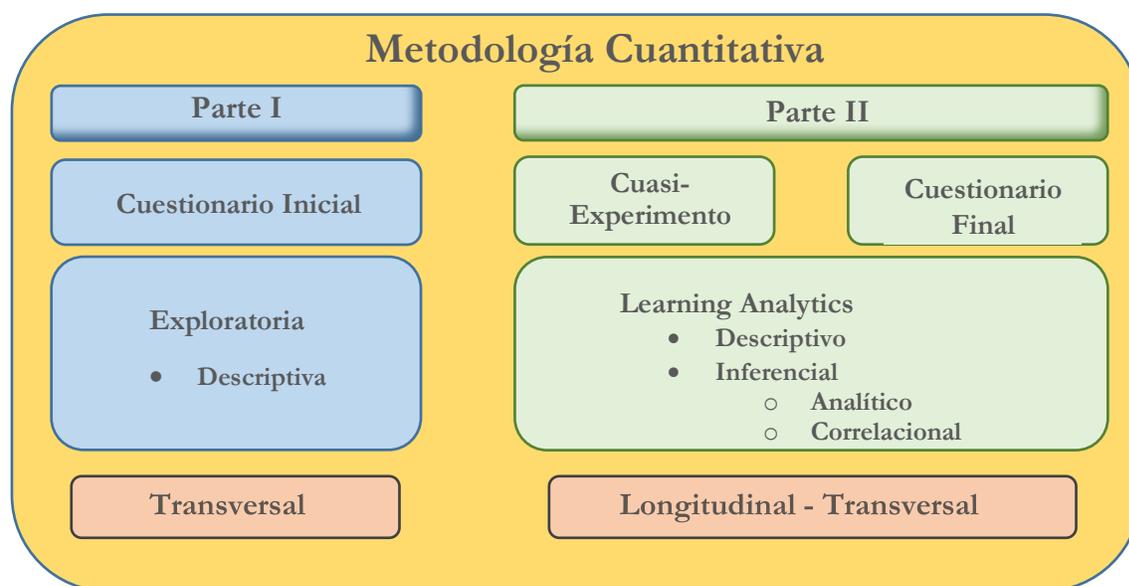


Figura 4.4. Resumen metodológico de la investigación.

A modo de resumen, respecto a la naturaleza de la investigación educativa en esta fase podríamos decir que sigue el paradigma de investigación positivista, racionalista y cuantitativa con la finalidad de explicar, predecir, controlar los fenómenos, verificar teorías (Arnal *et al.*, 1992).

Expuesto esto se puede decir que, según la clasificación de Arnal *et al.* (1992), la investigación educativa en la parte II de este trabajo, según la finalidad, se puede clasificar como investigación aplicada, ya que “tiene como finalidad primordial la resolución de problemas prácticos inmediatos en orden a transformar las condiciones del acto didáctico y a mejorar la calidad educativa.”

Según el alcance temporal sería de tipo longitudinal o diacrónica (Arnal *et al.*, 1992), ya que el cuasi-experimento se realiza a lo largo de todo un curso escolar, estudiando un aspecto del desarrollo de los sujetos en distintos momentos y la recogida de datos que se realiza a través del *backend*, se hace a lo largo del curso. Sin embargo, es cierto que las encuestas finales podrían pertenecer a una investigación transversal, puesto que se realizan de manera puntual al finalizar el curso.

La investigación llevada en la parte II según su orientación se puede clasificar como orientada a la aplicación, puesto que está orientada a la adquisición del conocimiento con el propósito de dar respuesta a problemas concretos y al cambio y mejora de la práctica educativa (Arnal *et al.*, 1992).

Finalmente hay que añadir que siguiendo la clasificación de Bisquerra (1989), se tratará de un diseño factorial porque se tienen más de una variable independiente. Y, por último, respecto al control experimental, con la finalidad de valorar el efecto de *Top Chemist* en el proceso de aprendizaje de la materia de química, se harán dos tipos de comparaciones (Bisquerra, 1989):

- El sujeto será su propio control, puesto que tenemos el rendimiento académico global de cada usuario, así como su rendimiento final de química.
- El grupo experimental (los alumnos que hayan utilizado el LDG) vs los alumnos que no lo hayan utilizado.

4.3.3.5 *Consideraciones éticas sobre la investigación*

Antes de comenzar este apartado cabe destacar que al profesorado le pareció poco ético privar a un grupo de sus alumnos del acceso a una educación innovadora, a través del uso del LDG, que se supone más adecuada i eficiente. Por esta razón se decidió no habría un grupo experimental y un grupo control. Cabe añadir que el autor comparte absolutamente tal decisión.

Son muchos los autores que destacan la importancia ética del consentimiento informado de la institución donde se va a realizar la investigación, así como la aceptación por parte de aquellos responsables cuyo permiso es necesario antes de embarcarse en la tarea (Cohen *et al.*, 2007; Creswell, 2014).

Para Markham y Buchanan (2012), en el estudio de *Web Analytics* es complicado saber con claridad qué se puede hacer, o no. Desde un punto de vista ético y normativo, el investigador tiene que valorar las implicaciones de su investigación y marcar los límites en función de cada situación o contexto.

La referencia ética de esta investigación ha sido el *Código de buenas prácticas en la investigación de la Universidad de Barcelona* (Agència de Polítiques i de Qualitat, 2010), la cual, respecto a datos que contengan información sobre personas físicas, remite a la Ley de Protección de Datos en vigor que en el Estado español es la Ley Orgánica 3/2018 de 5 de diciembre de Protección de Datos de Personales y garantía de los derechos digitales (BOE-A-2018-16673, 2019) y a nivel Europeo al *Corrigendum* del Reglamento (UE) 2016/ 679 del Parlamento Europeo y del consejo de 23 de Mayo de 2018 (DO L119/1, 2016) que substituye la Directiva 95/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de Abril de 2016 (DO L119, 2016) en vigor durante parte de esta investigación. Esta normativa destaca que si consideramos que los sistemas de tratamiento de datos están al servicio del hombre, estos deben respetar las libertades y derechos fundamentales de las personas físicas y, en particular, la intimidad, y contribuir al progreso económico y social, al desarrollo de los intercambios, así como al bienestar de los individuos, sin importar la nacionalidad o la residencia de las personas físicas.

A este respecto hay que decir que todos los datos obtenidos para esta investigación han sido bajo consentimiento y autorización por escrito de las instituciones que han participado en el experimento. Así mismo cada uno de los centros participantes tiene firmado un documento por

mi parte, en el que me comprometo a no hacer públicos ninguno de los datos proporcionados y que su uso se ceñirá al previsto en esta tesis doctoral. Todos los datos, que provienen de las distintas fuentes, se han obtenido de forma anónima o se han anonimizada, pero conservando su trazabilidad. A continuación, los veremos con más detalle:

Parte I: Los primeros datos obtenidos en esta primera parte de la investigación se hicieron a través de encuestas realizadas a 157 alumnos de cuarto de la ESO de tres centros de Catalunya, IES “Les Vinyes” de Santa Coloma de Gramenet, “Escola Immaculada Vedruna” de Barcelona y IES “El Cim” de Terrasa. Los resultados de dichas encuestas quedan sometidos a los acuerdos de confidencialidad.

Dichas encuestas se realizaron de forma anónima, es decir que no se recabó ningún dato privado de los estudiantes ni de los profesores que participaron en las encuestas.

Parte II: En esta segunda parte hay tres fuentes de datos:

1. A través de la base de datos del LDG *Top Chemist*:

A cada uno de los 561 alumnos que utilizaron la *app* se le creó un usuario con un nombre codificado que únicamente su profesor conocía. Este nombre obedecía a un criterio interno que ayudó a sistematizar y controlar la creación de usuarios. Por ejemplo, el centro “IES Joan Gamper” participaba con 60 alumnos de 3º de ESO de Física y Química repartidos en dos grupos (A y B). En este caso yo facilitaba 60 “user names” con sus correspondientes contraseñas.

La codificación se realizaba de la siguiente manera:

Alumno 1: JG01 (Joan Gamper, alumno número 01)

Alumno 2: JG02

Y así respectivamente hasta llegar al último...

Alumno 60: JG60

Hay que decir que el *software* no permite añadir ningún tipo de información, ni tan siquiera el cambio de nombre de usuario ni de contraseña. De esta manera nos asegurábamos de que era imposible recibir ninguna información por parte de los usuarios.

2. A través del centro educativo: en este caso era el profesor correspondiente o la dirección del centro la que me proporcionaba todos los datos que se le requerían a cada estudiante. Todo era anonimizado, sin tener ningún tipo de acceso a información privada de cada alumno.
3. A través de las encuestas finales que realizan los alumnos al acabar el experimento: todos ellos utilizan el nombre de usuario que se les creó para la aplicación, es decir que se continúa con el anonimato, pero pudiendo asignar cada una de las respuestas de opinión a todos los datos que ya se han recogido a través del *backend* y de los datos proporcionados por los respectivos centros educativos.

Si bien es cierto que el *Learning Analytics* y el *Educational Data Mining* tienen el potencial de hacer visibles patrones y datos que hasta el momento era imposible acceder, como investigadores debemos ser especialmente cuidadosos y respetuosos con la privacidad de alumnos y profesores. Ciertamente es que el diseño de *Top Chemist* se hizo siguiendo las políticas de privacidad, hasta tal punto de no permitir absolutamente que ningún tipo de dato privado pueda ser recogido.

Muchos autores como Bienkowski *et al.*, (2012) o Slade y Prinsloo (2013) consideran que como investigadores educativos que utilizamos las disciplinas de *LA* o *EDM*, existe una obligación ética de estas disciplinas de actuar sobre el conocimiento que se tiene sobre los estudiantes, de tal manera que finalmente éste se comparta con el fin de que alumnos, profesores e instituciones se beneficien. En el caso de nuestra investigación también existe un afán de mejorar la práctica educativa, analizando el efecto que las nuevas tecnologías de la educación, en este caso un LDG con unas características determinadas, tienen sobre el aprendizaje de la materia de química en la educación secundaria obligatoria.

Si bien es cierto que los datos usados en esta investigación implican información sobre opiniones, calificaciones de alumnos y acciones concretas de éstos, se ha obtenido de forma anónima pero trazable, opción que permite proteger a los participantes sin tener que preocuparse por la información que contenga (Cohen *et al.*, 2007) evitando así una de las principales preocupaciones de la comunidad *LA* y de las personas implicadas (Drachler y Greller, 2012).

Queda pues en evidencia que el tratamiento ético de los datos recabados en este estudio ha sido una prioridad que el investigador ha tenido en cuenta desde el principio del proceso y que

garantiza que la investigación científica que aquí se presenta preserva los derechos a la privacidad de los participantes a la vez que retorna un beneficio a la sociedad.

4.3.3.6 *Importancia del Learning Analytics en el contexto actual*

Hasta hace unos años, tras completar un programa formativo (educación primaria, secundaria, universitaria, postgrado, curso desarrollo profesional), el único registro disponible era un documento con las evaluaciones finales de las asignaturas y un diploma que acreditaba la superación. No teníamos indicios de cómo fue el proceso de aprendizaje, ni sobre cuáles fueron las encrucijadas de ese camino, ni los puntos débiles-fuertes del programa, ni de una comparativa de evolución cognitiva-competencial con los compañeros de promoción.

El crecimiento y generalización de la tecnología educativa, la formación virtual y el uso de Internet como vehículo de aprendizaje ha dado lugar a la aparición de rastros o huellas digitales -y a su registro- que permiten saber cómo se relacionan los nodos de una red determinada (personas, dispositivos, colectivos, etc.), con qué frecuencia, en qué condiciones... En definitiva, nos permiten tener datos cuya medida, análisis y estudio posterior permitirá obtener conclusiones prácticas.

Se trata pues de un instrumento de intervención educativa muy útil para combatir el fracaso educativo y promocionar el aprendizaje basado en competencias; asimismo, posibilita sacar conclusiones sobre la actitud y el comportamiento que previsiblemente adoptará un aprendiz ante un determinado contenido, una tarea de evaluación, un conflicto de equipo o un proyecto formativo completo.

Sin embargo, en este último ámbito conviene recordar que la escala de aplicación o alcance de las analíticas de aprendizaje también ha de tenerse en cuenta. No es lo mismo analizar los datos de una comunidad de diez miembros que los datos generados por los participantes en un MOOC (miles de participantes). En los primeros, las conclusiones tendrán una aplicación inmediata mediante la introducción de reformas en el curso o incluso en un módulo, ajustándolo durante su desarrollo a los estilos metacognitivos y ritmos de trabajo detectados. En los segundos, los resultados serán más genéricos, pero facilitarán la apertura de líneas de investigación, el diseño

de políticas educativas y la verificación de postulados de nuevas teorías y propuestas de cambio didáctico-pedagógico.

Y entre estas “precauciones” también es interesante considerar el conflicto entre el derecho a la privacidad digital y la recopilación de datos tanto con fines institucionales (*Academics analytics*) como en el aprendizaje (*Learning Analytics*) –y por extensión con la minería de datos y el uso de *Big Data* (relacionado con el *Internet* de las cosas o *IoT*). ¿Qué datos tienen derecho a recopilar? ¿Quién da los permisos? ¿Quién nos protege de intromisiones?

Conflictos aparte, *LA* es un instrumento –aún en desarrollo– relacionado con el aprendizaje continuo en continua transformación. Un aprendizaje –tanto virtual como presencial e híbrido/blended– con carácter práctico, proactivo, colaborativo e interactivo en el que la recopilación y el análisis crítico de datos (cuantitativo y cualitativo) jugarán un papel fundamental como ya lo despliegan en las decisiones estratégicas empresariales a través del *BI* (*Business Intelligence*).

4.4 Fases del diseño del LDG

4.4.1 Diseño y creación de *Top Chemist*

Antes de todo hay que decir que la creación de este videojuego ha sido una larga tarea que ha durado casi dos años. Una travesía que nunca fue fácil pero cuyos vientos provenían principalmente de la ilusión de crear una herramienta innovadora y única que ayudase y motivase a los estudiantes a aprender la química. Todo esto ha sido posible gracias al esfuerzo de muchas personas de muy variadas disciplinas, a un trabajo monumental de equipo cuya coordinación me ha tocado ejercer y de la cual he aprendido enormemente. Este encaje nunca fue sencillo y en la mayoría de las ocasiones he ejercido más de animador e “ilusionista” que, de diseñador e ideólogo, intentando hacer que se visualizase un producto final que ni a veces yo tenía claro.

Es muy importante destacar que la principal limitación en la creación de *Top Chemist* fue la económica, necesaria para pagar el trabajo de desarrolladores y artistas. Puesto que el

presupuesto fue limitado y salió íntegramente de mi bolsillo, también lo fue el desarrollo del *software*.

Como se ha dicho en capítulos anteriores, el diseño y la creación de *Top Chemist*, responde a una conciencia, responsabilidad y ética profesional que me impulsó y me creó la necesidad de mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias en general. La elección de la materia de química fue casual y causal, casual porque en el curso 2014/15 me encontraba ejerciendo de docente de la asignatura de Física y Química, causal puesto que realmente percibí que una asignatura tan importante y necesaria que aúna conceptos de otras materias troncales como las matemáticas o la biología, tenía tan poca aceptación entre los alumnos, que la temían y no la entendían pero que a su vez admiraban, desembocando esto en una falta de motivación verdaderamente alarmante. Dicha necesidad proviene de años de observación docente, corroborada *a posteriori*, y como cito en el apartado de presentación de esta investigación y en varias ocasiones a lo largo de otros apartados del presente trabajo, por una investigación bibliográfica profunda, preocupada por los mismos síntomas que me empujaron a crear este LDG.

A continuación, se procede a desgarnar cómo consistió el proceso de diseño y desarrollo de *Top Chemist* y a describir toda la aplicación.

4.4.1.1 *Un poco de historia*

Como se ha dicho anteriormente, *Top Chemist* nació de una necesidad por traer la innovación al aula. En junio del 2015 empecé a contactar a profesionales de la programación informática para explicarles mi visión. Ideas y más ideas era lo que yo podía aportar, ideas y los conocimientos en la materia científica. También tenía clara la estructura a grandes rasgos. Quería que fuese una herramienta que aportase al aula todo lo que mis alumnos demandaban. Que los ilusionase, que sirviese de herramienta para aprender la teoría de una forma práctica y diferente, que fuese muy visual y tuviese muchas imágenes y animaciones. Y, por último, que tuviese juegos para aprender jugando y pruebas que sirviesen de ayuda a los profesores para evaluar y hacer un seguimiento estrecho de cada uno de sus alumnos. En otras palabras, desarrollar una herramienta integral que además nos ayudase a efectuar el seguimiento de nuestros estudiantes.

En septiembre del 2015 se contactó con la ENTI (Escola de Noves Technologies Interactives), una escuela privada que es la única de toda Barcelona especializada en la creación de *Serious Games* y adscrita a la Universidad de Barcelona. Lo que esta escuela me ofrecía eran alumnos en prácticas de un módulo formación profesional de creación de videojuegos. Para poder firmarles las prácticas debía, o tener una empresa, algo que no entraba en mis planes, o estar inscrito en el régimen general de trabajadores autónomos. Esto último, aunque me suponía un gasto adicional, era más factible. Así que decidí inscribirme en el régimen general de autónomos. De esta manera sí podía tener un grupo de estudiantes de varias especialidades, ayudándome a crear lo que hasta el momento sólo era una idea, o un sueño.

Me asignaron un grupo de cinco estudiantes en prácticas. El grupo estaba compuesto por dos artistas 3D, un animador, una artista 2D y dos programadores, uno de los cuales no pertenecía a la escuela.

Nos reunimos por primera en octubre del 2015 y les expliqué lo que tenía en mente y si era o no factible. La respuesta me sorprendió: “En programación todo es posible”. La pregunta inmediata que me vino a la cabeza fue: ¿Y por qué no lo ha hecho todavía nadie? La respuesta a esta pregunta será tratada en otro capítulo con mas profundidad, pero tiene mucho que ver con sobre en qué manos hemos dejado la educación de nuestros hijos y alumnos, y a quien le hemos permitido tener el monopolio de la creación de los contenidos educativos todos estos últimos años.

4.4.1.2 *Manos a la obra*

La técnica del *brainstorming* fue una de las principales metodologías de trabajo. Las ideas se traían desde casa y se perfeccionaban entre todos. Posteriormente se adjudicaba el trabajo a cada especialista para, posteriormente, conjuntarlo todo.

Esta experiencia de trabajo con los estudiantes fue iniciática y muy reveladora. El aprendizaje en el mundo de los *serious games* y los videojuegos fue notable y me lanzó a especializarme en esta materia. De este enorme trabajo en equipo salió *DemoLab*, una aplicación inacabada en forma de “demo”, que proviene de la palabra demostración o prueba. Lo que salió de aquel primer trabajo,

aunque distó mucho de lo que posteriormente ha terminado siendo *Top Chemist*, fue imprescindible para poder hablar ahora de este LDG.

Esta primera demo se programó con *Unity*, el software de programación más conocido y versátil que posiblemente existe en la actualidad en el mercado.

La programación final del LDG *Top Chemist* se realizó con el programa Unity. Unity es un motor de videojuego multiplataforma creado por Unity Technologies, disponible como plataforma de desarrollo para Microsoft Windows, OS X, Linux. La plataforma de desarrollo tiene soporte de compilación con diferentes tipos de plataformas. A partir de su versión 5.4.0 ya no soporta el desarrollo de contenido para navegador a través de su plugin web; en su lugar, se utiliza *WebGL* (Wikipedia, 2019). Este motor de desarrollo de videojuegos utiliza los lenguajes de programación C, C++ y C#. En este último lenguaje está programado *Top Chemist*.

Respecto a los gráficos de *Top Chemist*, se trata de un videojuego 3D. Se pueden encontrar algunos elementos 2D, como los dos personajes que aparecen en la interfaz. Todo lo demás está en 3D, los videojuegos y todas las animaciones de la teoría.

La descripción y estructuras en detalle de *DemoLab* y *Top Chemist* se pueden encontrar descritas en profundidad en los dos primeros apartados de los anexos de esta tesis doctoral, bajo el nombre de “El germen de todo: DemoLab” y “Un paso de gigante: De DemoLab a *Top Chemist*”.

4.4.1.3 *Compatibilidad con otros dispositivos*

DemoLab se desarrolló para ser ejecutable con sistema operativo *Windows*.

La idea primitiva era la de diseñar minijuegos para aprender contenidos muy específicos del currículum. De nuevo los medios financieros fueron el factor limitante de la reacción.

Top Chemist se desarrolló para ser compatible con la mayor cantidad de dispositivos posibles. Esto garantizaba que se llegaría a un mayor número de usuarios.

Así pues, *Top Chemist* es compatible con los sistemas operativos, *Windows*, *Mac*, *Android* y *WebGL*. Cuando hablamos de *Windows* y *Mac*, estamos afirmando que este *software* se puede ejecutar en PC (ordenadores personales) que soporten dichos sistemas operativos. Cuando se habla de

Android, generalmente nos referimos a dispositivos móviles, tabletas y teléfonos móviles, en los cuales también es instalable *Top Chemist*. Por último, hay que hablar del *WebGL*, también conocido como *Web-based*. Este soporte es en realidad el más práctico puesto que se puede ejecutar accediendo únicamente a una página web, y sin necesidad de instalar nada en el dispositivo. Cabe señalar, sin embargo, que esta tecnología todavía no ofrece las mejores calidades, especialmente las gráficas. Esto, al tratarse de un videojuego, siempre es un punto negativo, pero cabe decir que, aunque la versión ejecutable muestra más calidad, es sin embargo la versión *WebGL* la que más accesos ha tenido, debido a su fácil accesibilidad.

4.5 Recogida de datos.

4.5.1 Técnicas e instrumentos para la recolección y procesamiento de datos.

Como se describe anteriormente en este capítulo, la recogida de datos tuvo lugar en las dos partes de esta investigación. En la primera parte, tuvo lugar la fase I, en la que se realizó una encuesta de opinión entre estudiantes que acababan de cursar el tercer curso de la ESO en relación a la asignatura de Física y Química; esta encuesta se realizó al final del curso 2015/16, con la finalidad de obtener información respecto a las dificultades que los estudiantes han experimentado con la materia de química a lo largo del curso y respecto a otras cuestiones que se tratarán con más detalle en el presente apartado.

La segunda parte de la investigación, que tuvo lugar a lo largo del curso escolar 2017/18, contiene las fases II, III, IV y V de la investigación. A continuación se detallan las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección y procesamiento de los datos. Recordemos que fueron tres las fuentes de recogida de los mismos, fundamentalmente los registros del servidor obtenidos a través del *backend* de la aplicación, a lo que hay que añadir los datos individuales de cada alumno proporcionados por el centro y por los profesores, y en tercer lugar hay que añadir los datos de las encuestas realizadas en el mes de junio del 2018 por los usuarios que utilizaron el LDG *Top Chemist*.

4.5.2 Backend

*Backend*⁶ es un término que se usa para referirse a un ámbito de la programación de aplicaciones, concretamente la parte que se encarga del acceso a los datos y la seguridad de la información. Aunque se usa mucho para referirnos a la programación web que se realiza del lado del servidor, es válido hablar de *backend* para el desarrollo de todo tipo de aplicaciones.

Para explicar lo que es el *Backend*, debemos acudir al término *Frontend*, ya que es en la división de tareas, donde ganan su significado ambos términos. Mientras que en *Frontend* nos ocupamos de la capa de presentación, en el *Backend* nos ocupamos del acceso a los datos de un software o cualquier dispositivo. El *backend* no es directamente accesible por los usuarios; además contiene la lógica de la aplicación que maneja dichos datos. Es muy importante remarcar que el acceso al *backend*, desde el cual se pueden crear usuarios, cambiar configuraciones y obtener datos (puesto que es a través de él, como se accede al servidor), queda generalmente restringido a unas pocas personas, habitualmente los creadores de las aplicaciones o páginas web.

Los lenguajes de programación más habituales de *Backend* son *Python*, *PHP*, *Ruby*, *C#* y *Java*. En nuestro caso el LDG *Top Chemist* se programó tanto *Backend* como *Frontend*, en lenguaje *C#*.

4.5.2.1 *Cómo funcionan el Frontend y el Backend*

La figura 4.5 representa de manera gráfica cómo se organiza una página web o un programa de ordenador, así como los distintos programas que se utilizan para ello.

⁶ <https://escuela.it/materias/backend>.

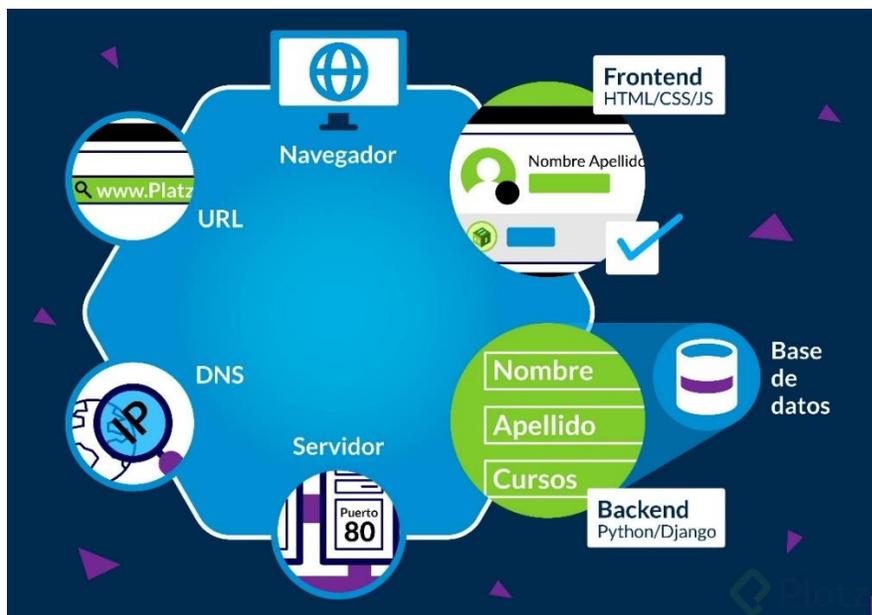


Figura 4.5. Estructura organizativa del funcionamiento de un software conectado a internet.

Como se ha dicho anteriormente, el *Backend* permite una cantidad de acciones muy importante, pero que se pueden simplificar en las siguientes:

- Crear, eliminar o modificar usuarios.
- Organizar los datos recogidos a través del servidor.
- Seleccionar qué acciones se quieren registrar y qué datos no son interesantes y a partir de qué condiciones en la matriz de datos. Esto permite la trazabilidad de cada usuario, creando así una huella digital a la carta, de cada uno de ellos.
- Descargar una matriz de datos en formato CSV a través de la opción *Generate Stats*.

En el caso del LDG *Top Chemist*, el acceso al *Backend* se realiza a través de la página web de <https://backdne.herokuapp.com>. Los administradores tienen acceso a través un código, y pueden ejercer las acciones antes mencionadas, así como muchas otras.

A continuación, se procede a detallar la metodología que se ha seguido en la toma de muestras, recolección y procesamiento de los datos obtenidos en cada una de las dos partes que consta esta investigación.

4.5.3 Técnicas e instrumentos para la recolección y procesamiento de datos de la Parte I.

4.5.3.1 Población y elección de la muestra.

Algunas de las preguntas más importantes que se pretenden contestar en esta primera recogida de datos de esta fase I de la investigación es saber cómo perciben los alumnos de tercer curso de la ESO el aprendizaje de la materia de química. Asimismo, se quería conocer qué esperan los alumnos de una herramienta educativa innovadora, y qué características debe tener para que éstos estén dispuestos a utilizarla en el aprendizaje de esta materia. Estas y otras cuestiones que se detallan más adelante forman parte de esta primera recogida de datos, que fue el punto de partida, importante y necesario, que ayudó y motivó el diseño y creación del Libro Digital Gamificado *Top Chemist*. Hay que recordar que esta encuesta proporcionó información de primera mano para determinar qué tipo de herramientas motivarían más a los estudiantes a la hora de aprender la materia de química.

Así pues, se entiende que la población tratada, entendiéndose esta como el conjunto de todos los individuos en los que se desea estudiar el fenómeno (Arnal *et al.*, 1992; Bisquerra, 1989), es la comunidad educativa en su conjunto, alumnos y profesores, y más concretamente los estudiantes que cursaron tercero de la asignatura de Física y Química de la ESO.

La muestra seleccionada, entendiéndose ésta como como el subconjunto de casos extraídos de una población sobre el cual se realizarán las observaciones y se recogerán los datos (Arnal *et al.*, 1992; Bisquerra, 1989), se obtuvo de un conjunto de estudiantes que se prestaron voluntariamente a participar en dicha encuesta. Concretamente, fueron un total de 157 alumnos y 16 profesores los que voluntariamente participaron en el cuestionario. Puesto que en esta muestra es el investigador el que elige el lugar por conveniencia y por ende a los individuos que se ofrecen disponibles a participar en dicho cuestionario, se puede decir que la selección de la muestra se realiza por métodos no probabilísticos (Creswell, 2014). Dentro de la metodología de muestreo no probabilístico, la fase I se encontraría en los de tipo accidental o casual, ya que la elección de los individuos depende de la facilidad de acceder a ellos (Bisquerra, 1989).

4.5.3.2 *Recogida de la muestra*

La observación la que ha jugado un papel fundamental como base de la recogida de datos en la investigación científica (Arnal *et al.*, 1992; Bisquerra, 1989). Esta observación es la que el autor de esta tesis doctoral realizó como profesor de Física y Química y, en general, del ámbito científico, a lo largo de los siete años que llevaba de docencia en junio de 2016. Fue este el motor que impulsó toda esta tesis y la necesidad de crear una herramienta TIC capaz de motivar y ayudar en el aprendizaje a los estudiantes.

Pero antes de empezar su diseño se necesitaba realizar un estudio de campo previo que podría ayudar a crear lo que vagamente tenía en mente. Fue entonces cuando se decidió realizar el primer cuestionario.

Todas las encuestas realizadas en esta primera fase de la investigación, y gracias a la cual se obtuvo información de gran interés para el desarrollo del libro digital gamificado *Top Chemist*, se realizaron a través de una página web especializada en cuestionarios *online* llamada *SurveyMonkey*. Alumnos y profesores de tres centros distintos de Cataluña accedieron a dicha web para realizar el cuestionario. Como se ha dicho previamente en este capítulo, fueron un total de 157 alumnos de cuarto curso de la ESO, que ya habían cursado la asignatura de Física y Química el año anterior, y 16 profesores los que participaron en dicha recogida de datos. Los cuestionarios de alumnos y profesores eran distintos.

A continuación, se dan más detalles acerca de los mismos:

- Cuestionario para alumnos

El cuestionario consistió en un total de 15 preguntas que, según la clasificación de Bisquerra (1989), serían preguntas de **contenido**. Prácticamente en su totalidad las respuestas se ajustan a una escala Lickert de tipo numérico. Así, de las 15 preguntas, trece son de escala Lickert (1-5), una es de escala Lickert (1-3) y tan sólo una de las cuestiones es de respuesta abierta. Con ésta se pretendía saber de primera mano qué conceptos y contenidos de la materia de química les costó más de entender cuando la estudiaron. Esta información fue crucial, puesto que el libro digital gamificado *Top Chemist* se centró en tratar especialmente estos contenidos.

Una vez creado *Top Chemist*, se procedió a contactar con los Centros de educación secundaria de toda Cataluña, y se les propuso participar en un experimento relacionado con una investigación doctoral. Se les ofreció el LDG *Top Chemist* de forma gratuita durante un curso escolar, y a cambio, los centros escolares debían proporcionar datos anonimizados de cada alumno que participase en el experimento.

Se contactó con 560 centros de educación secundaria a través de un correo electrónico masivo, teniendo en cuenta que los correos llegaban a las direcciones de los centros y éstos debían reenviarlos a los correspondientes departamentos de ciencias, factor que quien conozca un poco el gremio, sabe que muchas veces no pasa este filtro por distintas razones. Aun así, se recibe una cantidad de respuestas, en mi opinión muy elevada, de profesores y centros interesados en participar en el experimento. Fueron 41 los centros los que deseaban participar en el experimento; para ello, tenían que cumplir una serie de requisitos. Finalmente, por distintas razones, fueron a la postre 9 los centros de Cataluña que participaron en el cuasi-experimento y 1 centro en los Estados Unidos. Cabe añadir que este último centro participó en el cuasi-experimento puesto que en dicho curso escolar el autor, que se encontraba entonces ejerciendo la docencia como profesor de matemáticas en los Estados Unidos, lo ofreció a la escuela en la que trabajaba, y el LDG convenció a los profesores de química.

Con esto quiero remarcar que, de los 560 centros contactados, el 7,3% mostraron interés en implementar este tipo de innovación educativa en el aula, una cantidad en mi opinión relevante, a pesar del ruido que se interpone entre el correo y el profesor de física y química, que es quien en última instancia tiene que aceptar introducir dichas herramientas en su aula.

Los datos más importantes de la muestra en esta primera fase se muestran a continuación:

- Universo: Alumnos y docentes de tres centros de educación secundaria obligatoria distintos: IES “Les Vinyes” de Santa Coloma de Gramenet (55 alumnos), “Escola Immaculada Vedruna” de Barcelona (50 alumnos) e IES “El Cim” de Terrasa (52 alumnos)

Cuestionarios realizados: Se respondieron en total 173, de los cuales 157 fueron alumnos y 16 fueron profesores.

- Muestra final: 173 cuestionarios válidos.

De alumnos: estos cuestionarios se respondieron en las siguientes proporciones: el 35% lo realizaron los alumnos del IES “Les Vinyes” de Santa Coloma de Gramenet, el 31,8 % los alumnos de la “Escola Immaculada Vedruna” de Barcelona mientras que el 33,2% lo hicieron los alumnos del IES “El Cim” de Terrasa.

De profesores: estos cuestionarios se respondieron en las siguientes proporciones: el 68,75% lo realizaron los profesores del IES “Les Vinyes” de Santa Coloma de Gramenet, el 12,5 % los profesores de la “Escola Immaculada Vedruna” de Barcelona mientras que el 18,75% lo hicieron los profesores del IES “El Cim” de Terrasa.

- Trabajo de campo: las encuestas se realizaron en las siguientes fechas:

IES “Les Vinyes”: 13 de enero del 2016

IES “El Cim”: 25 de enero de 2016

Escola “Immaculada Vedruna”: 21 de abril del 2016

- Metodología: Los cuestionarios se realizaron a través del *software online SurveyMonkey*.

4.5.3.3 *Recogida de datos.*

En esta primera fase del estudio se ha tratado, pues, de describir una situación que se viene dando reiteradamente en el ámbito del proceso enseñanza-aprendizaje de la materia de química en la ESO. Son varios los autores que califican este tipo de investigación como exploratoria, puesto que tiene carácter provisional en cuanto a que se realiza para obtener un primer conocimiento de la situación donde se piensa realizar una investigación posterior (Arnal *et al.*, 1992), y de carácter descriptivo, puesto que relacionan directamente este proceso con el método observacional y tiene como objetivo central la descripción de los fenómenos (Arnal *et al.*, 1992). Así como para autores como Travers (1979) y Van Dalen y Meyer (1981) la descripción es equiparable con la observación, mientras que para otros el método descriptivo incluye tanto observación como exploración (Bartolomé, 1984). No obstante, según Selltiz *et al.*, (1976), para la mayoría de autores los procesos de observación pueden ser considerados no sólo como una metodología de recogida de datos sino incluso un tipo de investigación propiamente dicha. Así pues, el proceso de recolección de datos se puede definir como una observación natural, puesto

que el observador no interviene en las situaciones objeto de estudio (León y Montero, 2003) y sistemática, de baja inferencia ya que según Bisquerra (1989), el tipo de información que se va a recoger se conoce y fija previamente y los datos son cuantificables, a la vez que no requieren de un alto grado de juicio por parte del investigador. Kerlinger (1999) nos recuerda que todos aquellos datos que queremos recoger para hacer un tratamiento cuantitativo tienen que pasar por un proceso de medición, siendo ésta “la asignación de valores numéricos a objetos o eventos, de acuerdo con ciertas reglas”.

La encuesta inicial realizada se puede consultar en el Anexo 3 de la presente tesis.

4.5.4 Técnicas e instrumentos para la recolección y procesamiento de datos de la Parte II.

4.5.4.1 Población y elección de la muestra.

En esta segunda parte de la investigación se pretende estudiar el impacto que, en diferentes ámbitos, *Top Chemist* ha tenido en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la materia de química de la ESO. La población de referencia sigue siendo el conjunto de los estudiantes de secundaria, si bien la muestra se recoge de alumnos españoles y estadounidenses que cursan la materia de química de la educación secundaria obligatoria. La base de esta segunda parte de la investigación es la de analizar al detalle el efecto de un LDG en el aprendizaje de la Química, así como averiguar qué factores han intervenido en dicho proceso y en qué medida. Si bien la fase I sirvió para analizar las necesidades de los estudiantes y crear la tecnología necesaria para satisfacerlas, las fases II, III, IV y V han servido para comprobar si la herramienta creada satisface dichas necesidades y sirve para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje de dicha materia.

La elección de la muestra se hizo por conveniencia, y de nuevo por métodos no probabilísticos (Creswell, 2014), dado que no se utilizan criterios de equiprobabilidad y que son únicamente aquellos centros que cumplen una serie de requisitos, los que finalmente llegan a participar en el cuasi-experimento.

A continuación, se detalla la información que cada centro debía aportar como requisito para poder participar en el ensayo de *Top Chemist* a lo largo del curso escolar 2017/18.

- Información sobre el tipo de centro: público, privado o concertado.
- Información sobre los alumnos/usuarios que utilizarían el LDG.

Como ya se ha comentado cuando se exponían aspectos éticos de esta investigación, el LDG no permitía que el alumno introdujera ningún dato confidencial en ninguna parte. De esta manera se garantizaba un total anonimato en la recogida de datos. Por esta razón, a cada usuario le correspondía un número comenzando con el 1 hasta completar todos los alumnos que utilizaron el LDG. Los profesores debían, pues, asignar un número a cada alumno y facilitar la información que esta investigación requería de cada alumno y que consistió en que de cada usuario se necesitaba cuatro calificaciones:

1- Nota final de 1º de ESO

2- Nota final de 2º de ESO

3- Nota final de 3º de ESO (de este curso 2017/18)

4- Nota final de la materia de química de 3º o de 4º de ESO (2017/18).

- Encuesta final

La opinión del alumno tras el uso del LDG era básica para determinar la utilidad de *Top Chemist*, razón por la cual se pasó una encuesta a final de curso. La encuesta era *online*.

4.5.5 ¿Qué datos se recogieron a través de *Top Chemist*?

Estructura inicial de la matriz de datos.

La matriz final de datos, creada a partir de sus diferentes fuentes, estaba compuesta por 174 variables, de las que 136 se obtuvieron a partir del *Backend* del LDG *Top Chemist*. A continuación, se detallan los datos obtenidos a través de este, así como el nombre que lo identifica en la matriz “madre”.

Dividimos dichos registros en tres grandes bloques o tipologías de datos en función de sus características. Un primer tipo correspondía a la clase de datos que nos proporcionan información para identificar el usuario y su origen, los llamamos de tipo identificativo.

Una vez identificado el usuario, un segundo tipo de registros nos dió información sobre la actividad del alumno y el uso que realizó del LDG.

Por último, un tercer tipo de registros nos dió información sobre datos acumulados y totales.

A continuación, se detallan cada una de las variables que recoge el *Backend* junto al nombre identificativo en la matriz “madre”.

- **Tipo I: identificativos.**

Un primer bloque de datos que nos da información para la identificación del usuario. Estos datos comprenden los siguientes *ítems*:

- User_id: user_id

Los alumnos estan numerados y ordenados del 1 al 561.

- Escuela: School

Igualmente, las escuelas quedan numeradas del 1 al 10.

- Grupo: Group

Grupo clase al que pertenecen puesto que en cada escuela hay generalmente dos o más grupos clase que han utilizado la aplicación. En total tenemos 21 grupos clase participando en el estudio.

- Profesor: Code Teacher

Codificado de manera numérica; en total, son 12 profesores los que participaron en el estudio.

- Username: username

Nombre del usuario. Recordemos que sus codificaciones obedecían a las siglas del centro educativo más dos cifras para identificarlos.

- **Tipo II: de actividad y uso del LDG.**

Un segundo bloque de datos correspondería al comportamiento de cada usuario para con el LDG; en este sentido se podría decir que son descriptivos, puesto que una vez identificados permiten la trazabilidad y dan información de su actividad, proporcionando de esta forma la huella digital de cada usuario. A continuación, se dan más detalle de estos datos recabados a través del *Backend*:

- Registros de actividad:

Cada uno de estos registros se toma de cada uno de las 13 lecciones o contenidos teóricos que ofrece el LDG; en otras palabras, los registros que se especifican a continuación se realizan de cada uno de los 13 bloques teóricos. Respecto al nombre identificativo de la matriz “madre” se muestra un ejemplo de uno de los 13 bloques teóricos, por ejemplo, el dedicado al Modelo de Rutherford.

- Lecciones

Hay dos tipos de registros en cada una de las lecciones:

- Número total de accesos: `lessons-lesson_atom_rutherford-num_accesses`
- Tiempo invertido total: `lessons-lesson_atom_rutherford-total_duration`

- Juegos

En este caso hay cinco tipos de registros en cada uno de los juegos:

- Número total de accesos: `games-game_atom_rutherford-num_accesses`
- Tiempo invertido total: `games-game_atom_rutherford-total_duration`
- Puntuación obtenida en la primera partida: `games-game_atom_rutherford-first_game_score`
- Puntuación obtenida en la última partida: `games-game_atom_rutherford-last_game_score`
- Puntuación media de todas las partidas jugadas: `games-game_atom_rutherford-avg_game_score`

- *Tests*

En este caso había dos tipos de registros en cada uno de los *tests*:

- Puntuación obtenida en el test: quizzes-quiz_atom_rutherford-perc_score
 - Tiempo invertido en la realización de la prueba: quizzes-quiz_atom_rutherford-total_duration
- Panel Organigrama

En este caso había dos tipos de registros:

- Número total de accesos: screens-PanelTabOrganigram-perc_score
 - Tiempo invertido total: screens-PanelTabOrganigram-total_duration
- Panel Resultados históricos

En este caso se contaba con dos tipos de registros:

- Número total de accesos: screens-PanelTabQuiz-perc_score
 - Tiempo invertido total: screens-PanelTabQuiz-total_duration
- Panel Vestuario

En este caso había dos tipos de registros:

- Número total de accesos: screens-DressingRoom-perc_score
- Tiempo invertido total: screens-DressingRoom-total_duration

- **Tipo III: datos acumulados y totales.**

Finalmente se recogió un tercer bloque de datos correspondiente a los datos acumulados:

- Número total de veces que se accede a las lecciones: total_lessons-num_accesses
- Tiempo total dedicado a la teoría: total_lessons-total_duration
- Número total de veces que se accede a los juegos: total_games-num_accesses
- Tiempo total dedicado a los juegos: total_games-total_duration

- Puntuación media total de los juegos: $\text{total_games} - \text{avg_game_score}$
- Tiempo total dedicado a los *tests*: $\text{total_quizes} - \text{total_duration}$
- Aprovechamiento del LDG: expresada de de 0 a 1, representa la puntuación total obtenida en los *tests* de todo el LDG, siendo 1 equivalente a haber obtenido la máxima puntuación en cada uno de los 13 *tests* y 0 equivalente a no haber obtenido ningún punto en ninguno de los 13 *tests*. En otras palabras, refleja cuán lejos se ha podido llegar o cuánto se ha aprovechado el LDG. En la matriz madre aparece identificado como: Aprovechamiento del LDG.
- Puntuación media total de los *tests*: $\text{total_quizes} - \text{avg_quiz_score}$
- Tiempo total dedicado al LDG *Top Chemist*: $\text{total_app} - \text{total_duration}$
- Tiempo útil dedicado en el LDG: definido como el sumatorio de todo el tiempo que el estudiante ha invertido en acciones productivas desde el punto de vista de su aprendizaje, a saber, el tiempo total dedicado a la teoría, jugando o realizando *tests*. En la matriz madre aparece identificado como: Tiempo_uso_total_util.
- Tiempo no útil en el LDG *Top Chemist*: definido como el sumatorio del tiempo que el estudiante ha empleado en las secciones menos productivas del LDG, a saber, consultando el organigrama, el vestuario y el panel donde aparecen las puntuaciones de los *tests*. En la matriz madre aparece identificado como: Tiempo_uso_total_no_util.

4.5.6 Encuestas de final de curso.

4.5.6.1 *Población y elección de la muestra*

Las encuestas realizadas a final de curso persiguen varios objetivos. En primer lugar, obtener información de valor identificativo, como por ejemplo el género de los usuarios de *Top Chemist*, que, puesto que en el diseño de la *app* se evitó recoger ningún tipo de información personal, se consideró hacerlo a través del cuestionario final de uso. En segundo lugar, se pretende recoger

la opinión de aquellos estudiantes que han hecho un uso del LDG a lo largo del curso escolar 2017/18. Esta parte de la investigación se considera un estudio cuantitativo y cualitativo de casos, puesto que el cuestionario combinaba tanto preguntas de respuesta cerrada como preguntas de respuesta abierta, en las cuales cada alumno opinaba sobre el uso del LDG.

Puesto que el presente quasi-experimento se realizó en dos países distintos, España y Estado Unidos de América, tenemos las dos encuestas por separado, y por ende las dos estadísticas diferenciadas. Esto nos permitió realizar contrastes y comparaciones entre la opinión de estudiantes de secundaria de ambos lados del atlántico respecto a *Top Chemist* y otras cuestiones relativas la gamificación, la competitividad o al proceso enseñanza-aprendizaje de la materia de química en la ESO o *High School*.

El cuestionario contó con un total de 28 preguntas. La información proporcionada por éstos proporcionó fue muy valiosa para determinar qué ha gustado más o menos del LDG, preguntas referentes a gamificación, competición y cómo mejorar un videojuego educativo para que garantice el éxito de la innovación pedagógica en las aulas. A continuación, veremos con más detalle las preguntas del cuestionario.

Las primeras dos preguntas, según la clasificación de Bisquerra (1989), entrarían dentro de la clasificación de preguntas de identificación. En estas dos primeras se pedía el *username*, información que nos permitía identificar y conectar cada usuario con los datos de la matriz que habíamos obtenido a través del *Backend* de la aplicación. La segunda pregunta era el género, información privada que no podíamos obtener a través de la *app* debido a la política de privacidad de datos que habíamos empleado.

Las preguntas restantes de cuestionario entrarían en la clasificación de preguntas de **contenido** (Bisquerra, 1989). De estas 26 preguntas, la gran mayoría de ellas, veinte, son de escala Lickert numérica (1-5), tres de ellas son, según la clasificación propuesta por Bisquerra (1989), de listas de control para registrar la presencia o ausencia de un rasgo, pero con matices, a elección de dos o tres opciones de respuesta.

Las últimas tres preguntas de la encuesta son de respuesta libre y abierta, en las que los estudiantes pudieron dejar su opinión sobre distintos aspectos del LDG *Top Chemist*.

Los cuestionarios llegaron a todos los alumnos que participaron en el ensayo del LDG *Top Chemist*, tanto los 496 alumnos que utilizaron la *app* en los cursos de 3º y 4º de Física y Química de la ESO en España, como los 65 alumnos de la asignatura de *Chemistry* de *Highschool* en los Estados Unidos. El número de encuestas recogido se pueden ver en la tabla 4.4

- Universo: Alumnos de diez centros de educación secundaria obligatoria distintos.
 - Centros en España:
 - Institut Escola Salvador Vilarasa
 - Escola Jesús Maria
 - INS Joaquim Rubió i Ors
 - Escola Túrbula
 - IES San Pol de Mar
 - INS de Celrà
 - Colegi Santa Teresa de Lisieux
 - INS Alcarràs
 - INS Ítaca
 - Centro en los Estados Unidos (Estado de Florida):
 - Mater Academy Middle-High
- Muestra final: 204 cuestionarios válidos.
- Trabajo de campo: El período de realización de encuestas tuvo lugar entre el 14 de febrero del 2018 al 27 de junio del 2018.
- Metodología: Los cuestionarios se realizaron a través del *software online SurveyMonkey*.

La encuesta final se puede consultar en el Anexo 4 de la presente tesis.

Tabla 4.4. Cantidad de encuestas finales realizadas por cada centro.

Nombre del centro	Número de encuestas realizadas
Institut Escola Salvador Vilarasa	0
Colegi Santa Teresa de Lisieux	43
Institut Alcarràs	18
Escola Túrbula	38
Institut Ítaca	4
Institut San Pol de Mar	39
Institut de Celrà	4
Institut Joaquim Rubió i Ors	4
Escola Jesús María	24
Mater Academy Middle High	30

4.5.7 Otros datos requeridos al centro.

4.5.7.1 *Rendimientos académicos de los alumnos.*

Hay que señalar que, por diversas razones, no fue posible la recogida de datos de rendimiento académico global en dos de los centros que participaron en el cuasi-experimento; el primero fue el centro de Estados Unidos, el segundo fue un centro de secundaria español, implicando un total de 83 estudiantes. En el resto de ellos se recogieron la totalidad de los datos académicos globales que se requirieron.

Siguiendo con la recogida de datos, a los centros participantes se les requirieron una serie de calificaciones globales del expediente académico de los alumnos (que permitieron clasificar a los mismos en 4 tipologías de alumnos a partir de los cuartiles de rendimiento académico global) así como las calificaciones finales de la materia de química. Éstas se detallan a continuación.

- Nota final de 1º de ESO.
- Nota final de 2º de ESO.
- Nota final de 3º de ESO (del curso 2017/18).
- Nota final de de la materia de Química correspondiente a 3º de ESO y/o a 4º de ESO del curso 2017/18.

4.5.7.2 *Variable descriptiva de centro.*

A su vez se le requirió a cada centro participante información acerca de su tipología, a saber:

- Tipo de centro: privado, concertado o público.

4.5.7.3 *Tipo de uso realizado del LDG*

Se requirió al profesorado que especificara qué tipo de uso se ha realizado del LDG. El tipo de uso lo eligió el profesor de cada asignatura y se pueden definir tres tipos de uso:

1. *Top Chemist* como recurso Fuera del aula:

En este caso, el profesor no pudo utilizar el recurso dentro del aula. Los motivos alegados fueron varios:

- a) Falta de disponibilidad de *hardware* (no disponían de aula de ordenadores).
- b) Problemas de conectividad por tener una red wifi anticuada o débil.

En este caso, los profesores animaron a los alumnos a utilizar el LDG en casa, pero sin ejercer un control estricto sobre su uso.

2. *Top Chemist* como recurso dentro y fuera del aula (Dentro del Aula):

En este caso el profesor, aparte de animar a los alumnos a utilizar *Top Chemist* en casa, también utilizó el recurso dentro del aula, de distintos modos:

- a) Usando los contenidos teóricos y las animaciones para apoyar sus explicaciones.
- b) Permitiendo a los alumnos jugar en el aula para practicar los contenidos teóricos dados.

En este caso, el control del profesor sobre el uso de *Top Chemist* fue mucho mayor, como también lo fue su implicación en el desarrollo de la implementación de esta herramienta.

3. *Top Chemist* como recurso dentro y fuera del aula con creación de liga (Liga en el Aula).

En este caso el profesor utilizó *Top Chemist* como recurso dentro del aula, de distintos modos:

- a) Usando los contenidos teóricos y las animaciones para apoyar sus explicaciones.
- b) Permitiendo a los alumnos jugar en el aula para practicar los contenidos teóricos dados.
- c) Creando una competición dentro de sus aulas.

Dentro de esta tipología se encontraron dos modalidades de competición:

- Competición con tabla de clasificación.

En este tipo de liga, el profesor creó una tabla clasificatoria dónde sólo podía haber un ganador. Dicha tabla se hizo en una hoja de cálculo, y se basaba en dos variables. La primera era el número

de Erlays que acumulaba cada estudiante, y que se obtenían después de realizar los *tests* finales de cada bloque teórico. La segunda variable que determinaba la posición final dentro de la clasificación correspondía a la cantidad de puntos que se poseían (cabe recordar que esta cantidad dependía de las puntuaciones que se iban obteniendo cada vez que jugaban).

- Competición sin tabla de clasificación.

En el segundo caso, la clasificación podía tener más de un campeón. A esto se le ha denominado clasificación piramidal. Esto es posible gracias a que la clasificación se basaba, no por puntos sino por los cargos del organigrama que se poseían, y que a su vez dependían directamente de la cantidad de Erlays acumulados.

4.5.7.4 *Estructura final de la matriz de datos*

Con todos los datos obtenidos de las encuestas finales, así como los proporcionados por cada centro correspondientes a las calificaciones del historial académico de los alumnos, se fue añadiendo y engrosando la matriz inicial hasta obtener la matriz “madre” definitiva, a partir de la cual se efectuaron todos los análisis estadísticos.

4.5.8 Otras variables analizadas

A continuación, se detalla y define otra relación de variables que han podido influir en el rendimiento académico de química y han sido sometidas a análisis.

4.5.8.1 *Competitividad*

Esta variable se obtuvo a partir de las encuestas de opinión que los alumnos realizaron tras el uso del LDG *Top Chemist*. En ellas había dos preguntas que hacían referencia a la competitividad, pero desde diferentes ángulos. La primera pregunta hacía referencia a la opinión que los alumnos tienen sobre la eficacia que puede tener competir a la hora de aprender la materia de química. La respuesta era una escala de Lickert de 1 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo).

La segunda pregunta apelaba directamente a la competitividad de los alumnos, preguntándoles si desearían competir en ligas u otro tipo de competiciones, y si en caso afirmativo preferirían utilizar su nombre o un pseudónimo. La respuesta era pues a elegir entre tres opciones: “No me gusta competir”, Sí, con mi nombre o “Sí, con un pseudónimo”.

4.5.8.2 *Puntuaciones obtenidas la primera vez que juegan a cada bloque teórico*

Para cada alumno se obtuvo una calificación global de la primera vez que jugaron en cada uno de los 13 bloques teóricos y que corresponde al sumatorio de las puntuaciones obtenidas la primera vez que jugaron en cada uno de los distintos bloques teóricos.

4.5.8.3 *Puntuaciones obtenidas en los tests de cada bloque teórico*

Para cada alumno se obtuvo una calificación global de los *tests*, correspondiente a los 13 bloques teóricos. Ésta se obtuvo como el sumatorio de las puntuaciones obtenidas en todos y cada uno de los 13 *test* de cada bloque teórico realizado.

4.5.8.4 *Rendimiento académico global*

Esta variable se obtuvo a partir del cálculo de la media aritmética de las calificaciones finales de cada alumno. En el caso de los alumnos que utilizaron el LDG en 3º de ESO, su Rendimiento académico global se obtuvo de calcular la media sus calificaciones finales de 1º y 2º de ESO.

Para los alumnos que utilizaron el LDG en 4º Curso, dicho Rendimiento académico global se obtuvo calculando la media aritmética de calificaciones finales de 1º, 2º y 3º de ESO.

4.5.8.5 *Tiempo efectivo dedicado al LDG*

Esta variable expresada en tanto por uno, se obtuvo de dividir el Tiempo útil dedicado al LDG por el Tiempo total dedicado al LDG. Se ha utilizado como indicador de la calidad del tiempo

que el alumno dedicó al LDG, respecto al total. En otras palabras, es una variable que recoge el porcentaje del tiempo total que los alumnos han dedicado a aprender, sea utilizando la teoría, los juegos o bien realizando los *tests*.

4.5.8.6 *Uso del LDG*

Dada la gran cantidad de variables que se han tomado relacionadas con el uso del LDG y que, como hemos visto, potencialmente podían influir en el aprendizaje de la asignatura, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP), con la finalidad de valorar si, de entre todas estas variables, existía una componente principal que resumiera y reflejara correctamente la variabilidad en el uso de *Top Chemist* por parte de los alumnos.

A partir de este ACP se obtuvo la componente 1, a partir de ahora, Uso del LDG, la variable que mejor resume el uso del LDG por parte del alumnado.

4.6 Análisis de datos

Si bien es cierto que Punch (2005) mantenía que la información del mundo que nos rodea no aparece de forma natural en números, la manera que la humanidad ha tendido a almacenar y transformar todos estos datos en números nos ha permitido cuantificar el objeto de estudio como algo externo, logrando alcanzar la máxima objetividad. Todo esto ha sido posible gracias a la metodología cuantitativa, cuya característica ha sido la de realizar análisis estadísticos (Bisquerra, 1989). Estos pueden ser, tanto los descriptivos, que tratan de resumir, organizar y simplificar los datos, como los inferenciales, que, con el fin de resolver un problema planteado, a través de distintas técnicas, tratan de encontrar patrones, generalidades y características de una población mediante un contraste de hipótesis desde un enfoque probabilístico, (Gravetter y Wallnau, 2017; Siegel, 1990).

El análisis de los datos se ha realizado con la hoja de cálculo Excel del paquete ofimático Office de Microsoft (versión 2018), el programa de análisis estadístico SPSS Statistics de IBM (versión

19) y el programa de análisis estadístico R-Software instalado en la consola R-Studio. La tabla 4.5 resume las pruebas y estadísticos llevados a cabo en la presente investigación.

Tabla 4.5. Pruebas y estadísticos utilizados en esta investigación.

Técnicas estadísticas	Estadísticos
Estadística descriptiva	Frecuencias (simples, agrupadas y acumuladas)
	Mediana
	Cuartiles (Percentiles)
	Rango intercuartílico
Estadística inferencial	Pruebas no paramétricas
	U de Mann-Whitney
	Kruskall-Wallis
	Wilcoxon
	Correlación de Spearman
	Chi Cuadrado
	Modelo lineal generalizado mixto (GLM)
	Análisis de Componentes principales (ACP)

5. Resultados

5.1 Introducción

El presente capítulo de la tesis doctoral recoge los resultados del estudio recogido en las cinco fases del apartado de metodología (figura 5.1.).

- Fase I: Estudio previo de la opinión de los alumnos sobre el aprendizaje de la materia de química, anterior a la creación del LDG.
 - Resultados de la encuesta inicial.
- Fase II: Estudio descriptivo de la dificultad del LDG.

En esta fase se realizó un estudio descriptivo sobre la dificultad que los distintos bloques teóricos ofrecidos por el LDG supusieron para los alumnos, así como el nivel de mejora que estos demostraron alcanzar, dentro del *software*.

- Fase III: Estudio de factores intrínsecos y extrínsecos al alumno.

En esta fase, en primer lugar, se analizó si existían diferencias en el rendimiento académico de química entre las escuelas. Posteriormente se clasificaron los factores que han sido determinantes en el rendimiento académico de la asignatura y se analizó de qué manera éstos interaccionaron entre sí, así como la manera en que han podido influir en la Utilización global del LDG.

Estos factores se clasificaron en intrínsecos y extrínsecos al alumno:

- Intrínsecos: Son aquellos factores inherentes al alumno.
 - Competitividad.
 - Rendimiento académico global.
 - Género.
- Extrínsecos: Son aquellos que no dependen del alumno.
 - Tipo de escuela.

- Tipo de uso del LDG.
- Curso.
- Fase IV: Estudio del impacto del LDG sobre el Rendimiento académico de Química.

Por último, en una cuarta fase se analizaron las variables asociadas a la utilización global del LDG, así como el impacto que todas ellas tuvieron sobre el rendimiento académico de química.

VARIABLES ASOCIADAS A LA UTILIZACIÓN GLOBAL DEL LDG:

- Tiempo efectivo dedicado al LDG.
- Aprovechamiento del LDG.
- Tiempo total dedicado a la teoría.
- Tiempo total dedicado a los juegos.
- Tiempo total dedicado al LDG.
- Uso del LDG
- Fase V: Estudio de la opinión de los alumnos que utilizaron el LDG.
 - Resultados de la encuesta final.

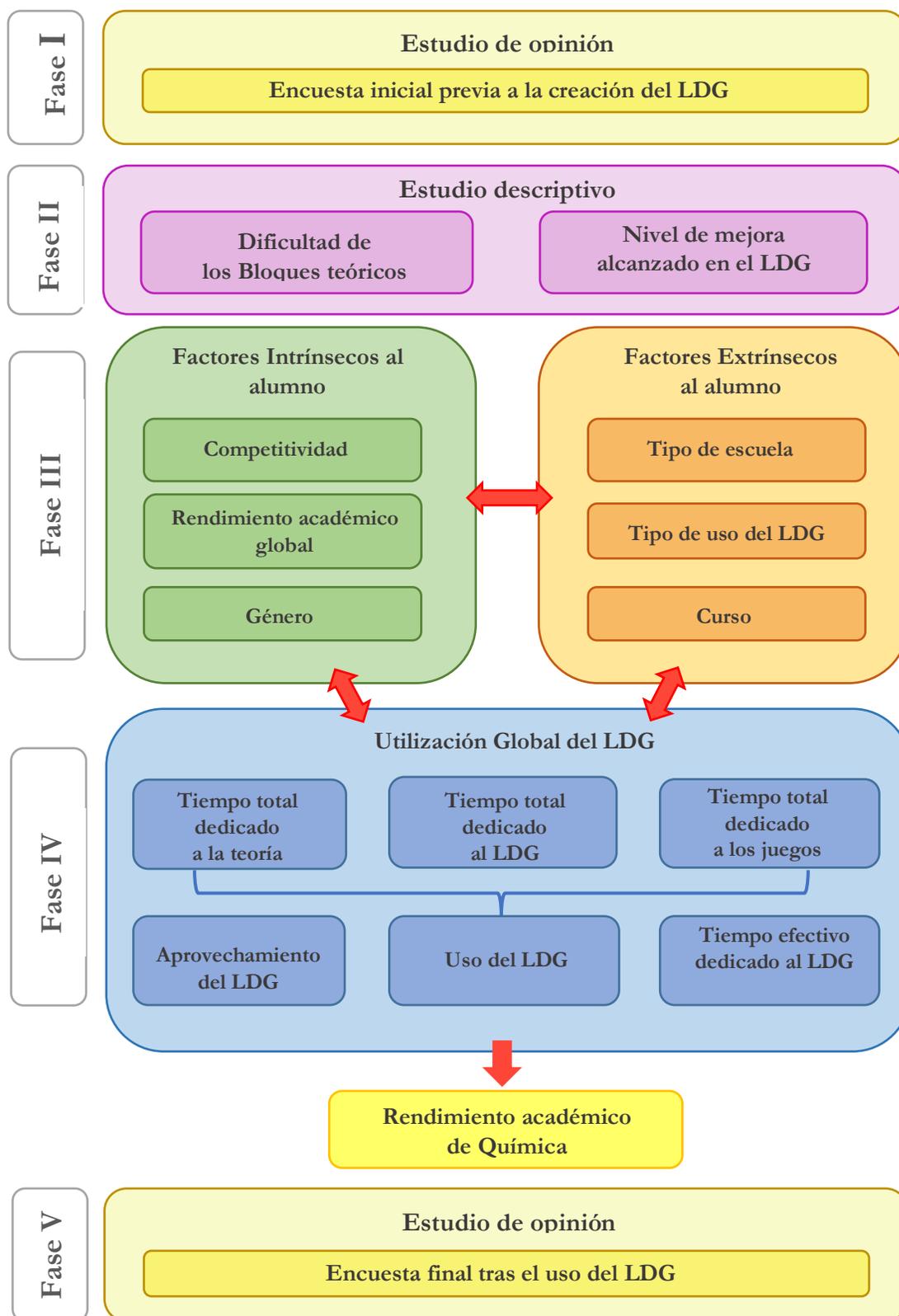


Figura 5.1. Esquema de la estructura seguida en el análisis de resultados.

5.1.1 Consideraciones previas

Para la presente investigación se realizó un ensayo de la normalidad mediante la prueba estadística de Shapiro y Wilk (1965) de las variables empleadas en los diferentes análisis efectuados; esta prueba permite ser muy exigentes en el estudio de normalidad, puesto que se reconoce como la más potente para este tipo de ensayo (Razali y Wah, 2011). Tras el estudio de las variables implicadas en este análisis, se demostró que todas ellas no se distribuían de forma normal (tabla 5.1).

En función de si la variable inherente a los análisis efectuados se podía considerar que seguían una distribución normal o no, se decidió efectuar pruebas estadísticas paramétricas o no paramétricas.

Tabla 5.1. Pruebas de Normalidad Shapiro-Wilk para las variables analizadas. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

VARIABLES	W	p	g.l.
Puntuación total en los juego iniciales LDG	0,876	0,000**	431
Puntuación total en los tests del LDG	0,919	0,000**	378
Tiempo total dedicado a la teoría	0,595	0,000**	561
Tiempo total dedicado a los juegos	0,771	0,000**	561
Tiempo total dedicado al LDG	0,830	0,000**	561
Tiempo efectivo dedicado al LDG	0,623	0,000**	511
Aprovechamiento del LDG	0,846	0,000**	561
Uso del LDG	0,902	0,000**	561
Rendimiento académico global	0,979	0,000**	434
Rendimiento académico de química	0,971	0,000**	541

También se hizo la prueba de normalidad para las puntuaciones de los 13 *tests* para cada bloque teórico (tabla 5.2). El resultado fue de nuevo que las muestras se distribuían de forma no paramétrica.

Tabla 5.2. Pruebas de Normalidad Shapiro-Wilk para las puntuaciones de los 13 *tests* del LDG. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Test de cada Bloque teórico	W	p	g.l.
1	0,374	0,000**	335
2	0,569	0,000**	285
3	0,802	0,000**	285
4	0,854	0,000**	232
5	0,893	0,000**	191
6	0,837	0,000**	134
7	0,911	0,000**	114
8	0,916	0,000**	103
9	0,813	0,000**	73
10	0,860	0,000**	61
11	0,809	0,000**	35
12	0,840	0,000**	66
13	0,892	0,002**	38

En la tabla 5.2 se recogen las pruebas estadísticas empleadas en la presente investigación según si el tipo de estadística utilizada fue descriptiva o inferencial (adaptación realizada a partir de la descripción de Welkowitz *et al.*, 1981 y Siegel, 1990).

Cabe señalar que los modelos lineales generalizados que se han utilizado en este estudio siempre se han aplicado teniendo en cuenta si existe homogeneidad de varianzas y se han validado observando si los residuos seguían una distribución que podía considerarse normal.

Para el modelo lineal generalizado mixto, creado para comprobar si existían diferencias en el grado de dificultad de los bloques teóricos ofrecidos por el LDG, para evitar la heterogeneidad de varianzas se excluyeron del modelo los dos primeros bloques, puesto que su contenido resultaba de muy baja dificultad haciéndolos muy diferentes del resto. Hay que tener en cuenta que en estos dos primeros bloques no se exige competencia matemática, únicamente hay que memorizar pictogramas o instrumentos de laboratorio. Tras el *test* de Levene ($F= 1,4358$, $g.l.=10$, $p=0,1587$) se demostró que existía homogeneidad de la variancia y se validó el modelo tra analizar visualmente los residuos.

De la misma manera, para determinar el efecto que el uso del LDG tuvo en el rendimiento académico de química se efectuó un modelo lineal generalizado mixto, que se validó mediante la inspección visual de los residuos.

5.2 Fase I

5.2.1 Resultados de la encuesta inicial

A continuación, se muestran los resultados de la encuesta inicial que se llevó a cabo antes de la creación del LDG y que ayudó de forma considerable a su diseño. Debemos puntualizar que dicha encuesta era más amplia pero únicamente se han presentado los resultados de aquellos aspectos que se han considerado más relevantes para esta tesis.

5.2.1.1 *¿Qué opinan los estudiantes sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias en general y en particular de la asignatura de física y química en la ESO?*

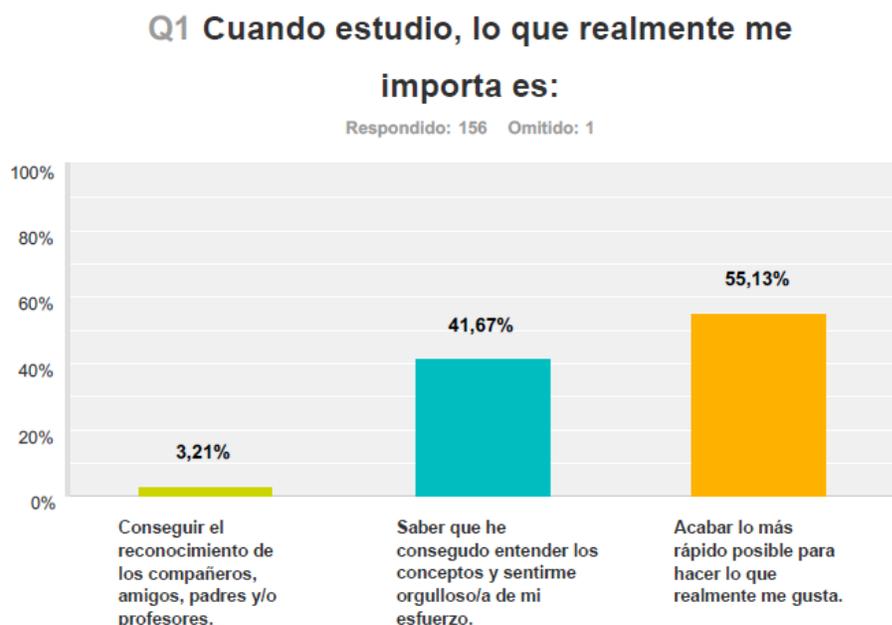


Figura 5.2. Porcentaje de alumnos en función de lo que realmente persiguen cuando estudian.

La mayoría del alumnado admite abiertamente que no tiene ningún interés en aprender lo que está estudiando, mientras que prácticamente el resto estudia por aprender o por satisfacción personal (figura 5.2).

Q2 Me siento mucho más seguro/a cuando sé concretamente qué es lo que se me pedirá para aprobar el examen/asignatura.

Respondido: 157 Omitido: 0

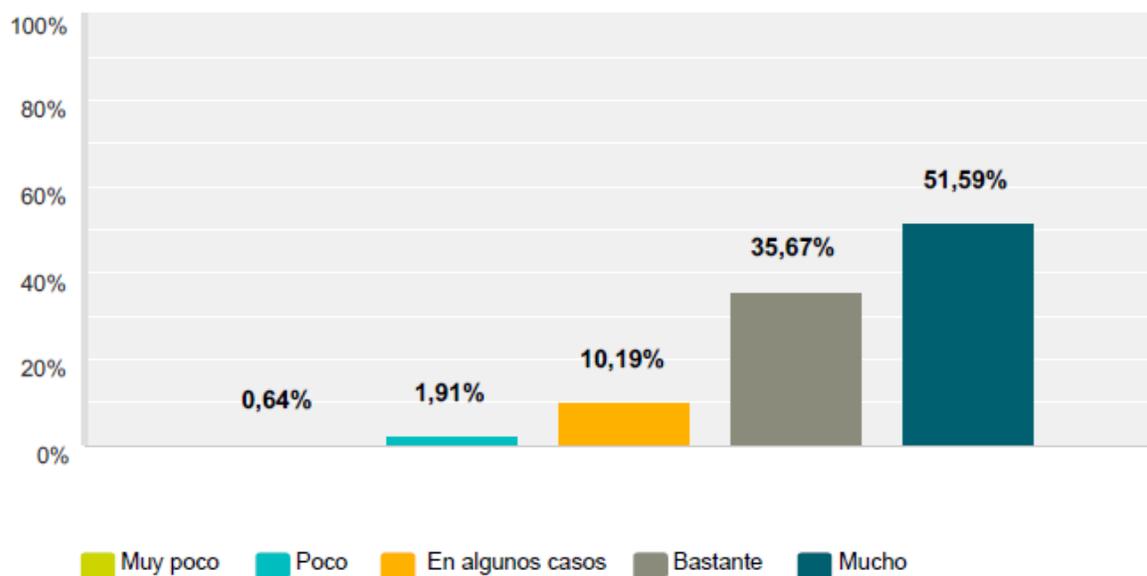


Figura 5.3. Porcentaje de alumnos en función del grado de seguridad que les implica saber con exactitud qué se les pedirá para aprobar el examen.

Una aplastante mayoría del de los alumnos afirma sentirse bastante o muy seguros cuando saben concretamente qué se le pedirá a la hora de aprobar un examen (figura 5.3).

Q3 En qué medida te has sentido capaz de entender la Física y Química de 3º ESO?

Respondido: 156 Omitido: 1

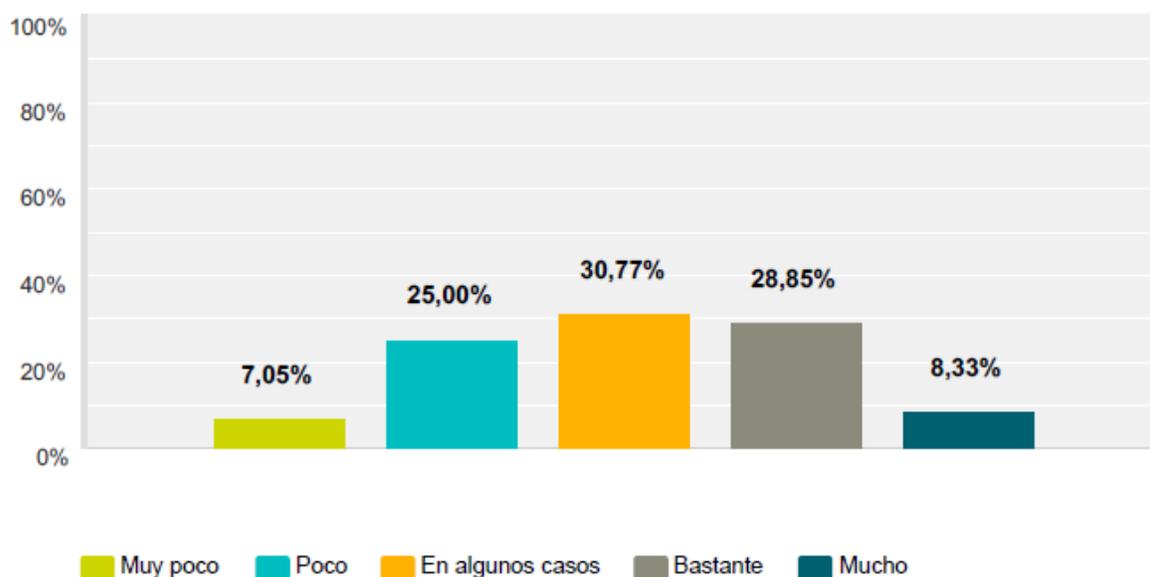


Figura 5.4. Porcentaje de alumnos en función del grado de capacidad que han sentido para entender la asignatura de Física y Química de 3º ESO.

Aproximadamente un tercio de los alumnos mantienen que han entendido bastante o mucho, los contenidos tratados en la asignatura de FyQ. Otro tercio reconoce haber sido capaces de entender poco o nada la asignatura. Y aproximadamente el último tercio admite que en algunos casos han sido capaces de entenderla y en otros no (figura 5.4).

Q4 A veces he tenido que memorizar conceptos sin entenderlos para poder aprobar el examen, y nunca he llegado a entenderlos.

Respondido: 155 Omitido: 2

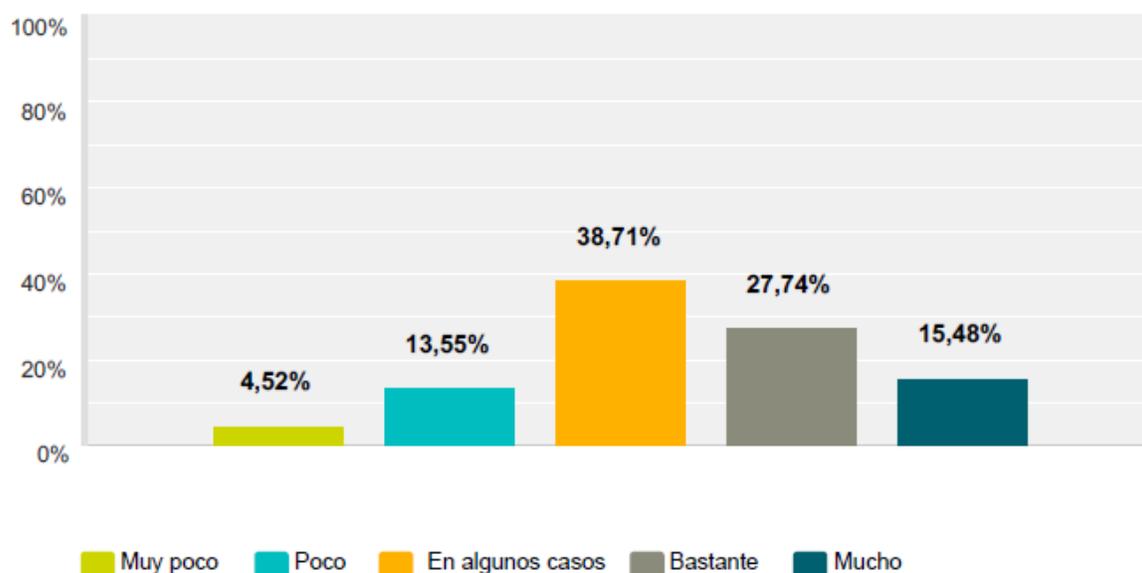


Figura 5.5. Porcentaje de alumnos en función de la frecuencia en la que han tenido que memorizar conceptos haberlos entendido, únicamente para aprobar el examen.

El 43% de los alumnos afirman haber ido a examen, en bastantes o muchas ocasiones, sin haber entendido los contenidos y teniéndolos que memorizar. Un 39% dice haber hecho lo mismo en algunas ocasiones, y únicamente el 18% mantienen que lo han hecho pocas o muy pocas veces (figura 5.5).

Q5 Cuando no entiendo un concepto me gustaría tener distintos recursos que me ayudaran a entenderlo.

Respondido: 156 Omitido: 1

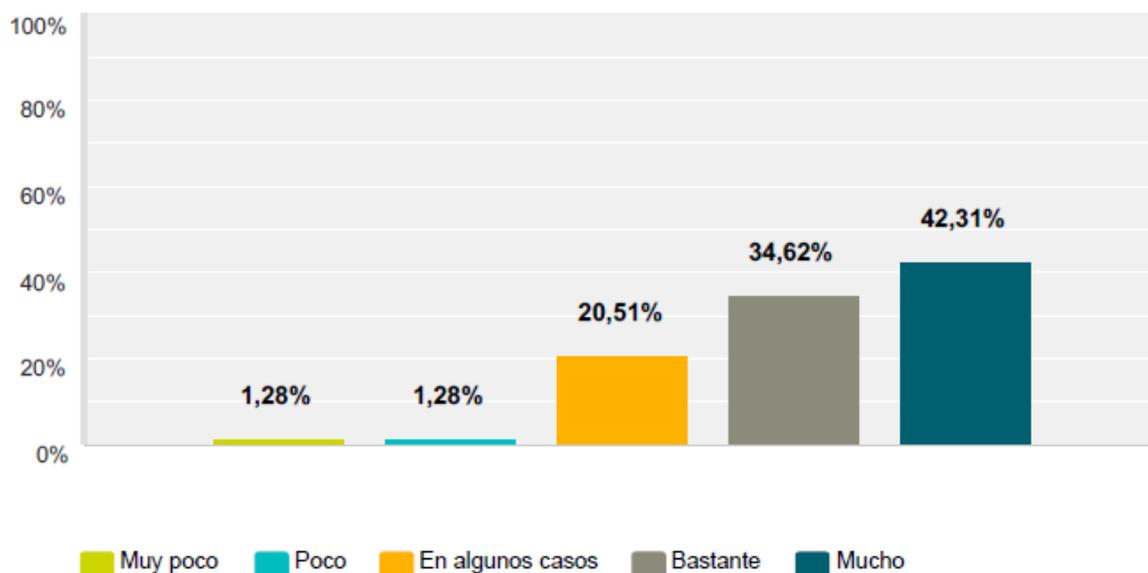


Figura 5.6. Porcentaje de alumnos en función del grado de demanda de más recursos didácticos a la hora de aprender conceptos que no entienden.

Una amplia mayoría, de los alumnos coinciden que les gustaría tener en bastantes o muchas ocasiones, distintos recursos alternativos que les ayudasen a entender conceptos difíciles. Únicamente el 21% mantiene que lo necesitaría en algunos casos, siendo despreciable los alumnos que mantienen no necesitarlos (figura 5.6).

Q6 Las herramientas que tenía el año pasado para estudiar FyQ en casa (libro digital, internet...) fueron suficientes para acabar de entender la asignatura y resolver los deberes.

Respondido: 156 Omitido: 1

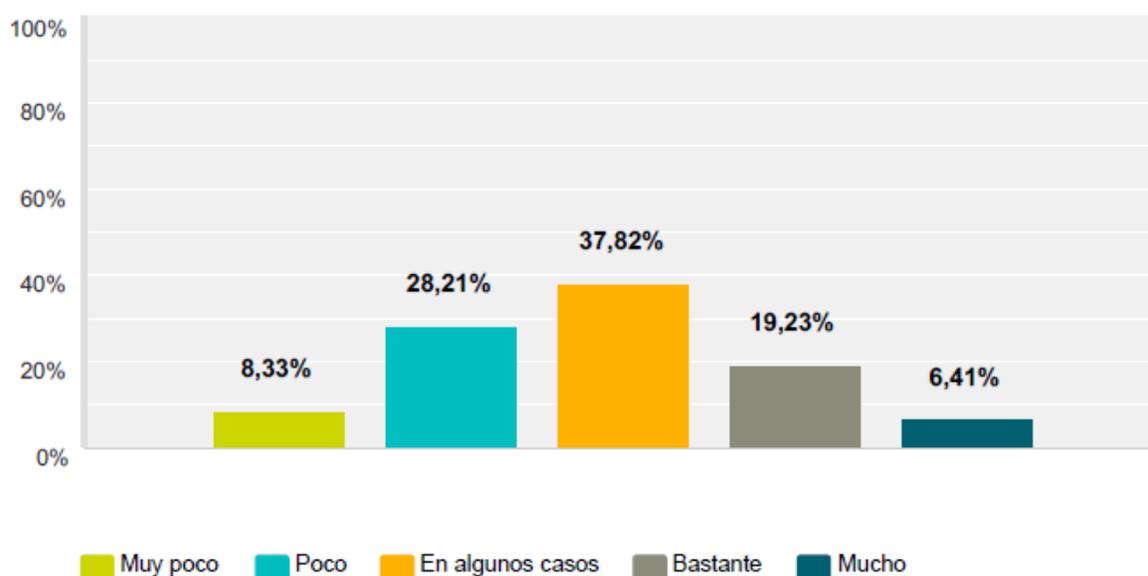


Figura 5.7. Porcentaje de alumnos en función del grado de satisfacción con los recursos de aprendizaje tradicionales, a la hora de estudiar la asignatura de FyQ de 3ºESO.

Un 25% del alumnado mantiene que los recursos tradicionales fueron suficientes para acabar de entender la asignatura. Por el contrario, un 37% mantiene que fueron deficientes. El resto, un 38% afirman que estos recursos fueron en algunos casos suficientes, y en otros no (figura 5.7).

Q7 Pienso que con una aplicación interactiva, divertida y que complementase el material educativo, hubiese llegado a entender la materia mejor y por lo tanto me hubiera resultado más fácil.

Respondido: 157 Omitido: 0

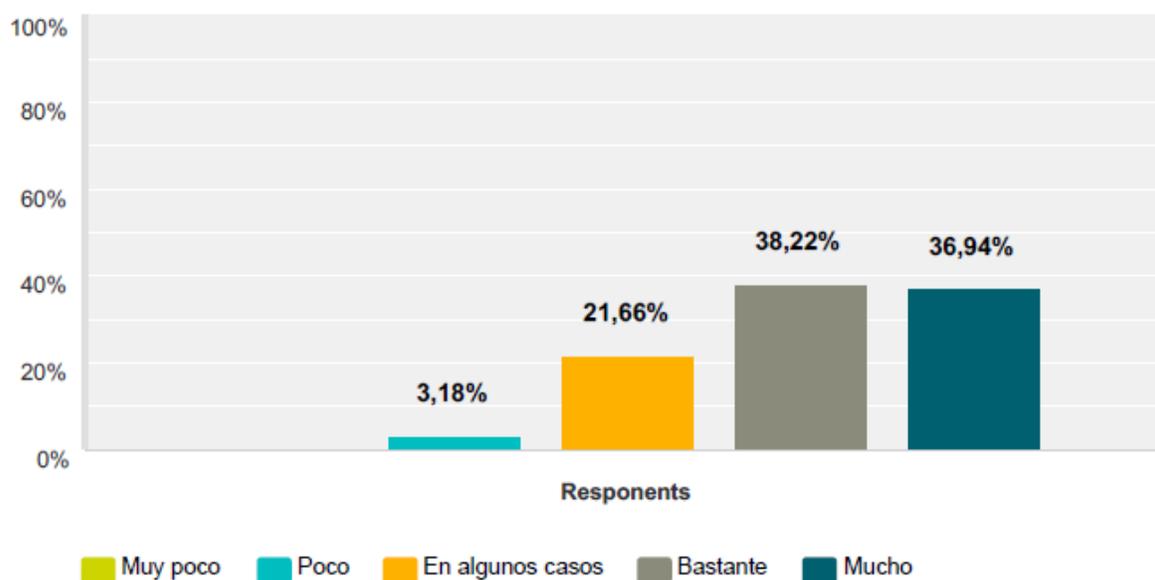


Figura 5.8. Porcentaje de alumnos en función del grado interés por nuevas herramientas educativas que complementen el material educativo actual.

Una gran mayoría de alumnos cree que una aplicación interactiva les hubiese ayudado a entender mejor los contenidos de la asignatura. Un 22% admiten que en algunos casos hubiese sido de utilidad, siendo despreciable los casos de alumnos que mantienen que no les hubiese ayudado (figura 5.8).

**Q8 ¿Qué esperas de esta aplicación?
(Valora de 1 (mucho) a 5 (muy poco) la
importancia de los siguientes temas)**

Respondido: 157 Omitido: 0

Esta pregunta (¿Qué esperas de esta aplicación?), contenía dos apartados, uno de respuestas abiertas y otras cerradas. A continuación, se muestran algunas de las respuestas abiertas que más se han repetido. Aunque contengan pequeñas modificaciones para hacerlas más comprensibles, la esencia de la respuesta se ha mantenido. Posteriormente se pueden ver las respuestas cerradas de los alumnos (tabla 5.3).

R.1. Que sea entretenida y bastante eficiente a la hora de memorizar los contenidos

R.2. Que permita competir y crear rivalidad para mejorar.

R.3. Que motive a estudiar y no sea tan pesado.

R.4. Que explique claramente los conceptos y que se entiendan.

R.5. Que sea concreta y explique conceptos básicos.

R.6. Que tenga explicaciones claras y cortas, fáciles de entender, y con definiciones de todos los conceptos con dibujos ilustrativos.

R.7. Que sea variada para que no aburra cuando hay que repetir.

R.8. Que sea bonita estéticamente, con buenos gráficos y música.

R.9. Que no sea infantil, que provoque ganas de seguir jugando.

Tabla 5.3. Porcentaje de alumnos en función del grado de importancia que le asignan a 7 preguntas relacionadas con lo que esperarían de una nueva herramienta de aprendizaje.

	Mucho	Bastante	En algunos casos	Poco	Muy poco	Total
1. Que represente, siempre que sea posible, los conceptos más abstractos de la asignatura de manera visual, con animaciones, etc.	35,5% 55	30,3% 47	23,9% 37	9% 14	1,3% 2	155
2. Que utilice juegos, siempre que se pueda, para consolidar conocimientos.	45,9% 72	30,6% 48	11,5% 18	4,5% 7	7,6% 12	157
3. Que ayude al alumno a consolidar conceptos impartidos en clase.	49% 76	25,2% 39	12,3% 19	6,5% 10	7,1% 11	155
4. Que puedas controlar tu evolución y tus progresos.	39,4% 61	29% 45	18,7% 29	7,1% 11	5,8% 9	155
5. Que pueda servir como herramienta de evaluación.	24,4% 38	35,9% 56	17,3% 27	16,7% 26	5,8% 9	156
6. Que te permira realizar trabajos en equipo.	22,9% 36	24,8% 39	33,1% 52	12,1% 19	7% 11	157
7. Que sea divertida y entretenida.	61,5% 96	12,8% 20	9% 14	7,1% 11	9,6% 15	156

Q9 Estoy dispuesto/a a utilizar una aplicación como complemento al material escolar.

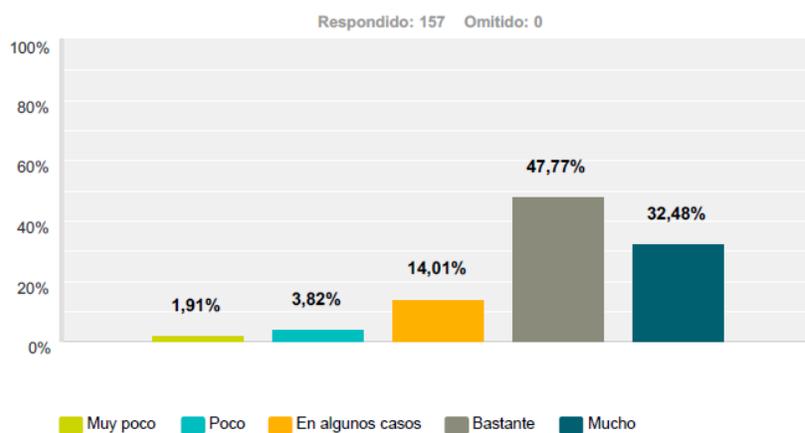


Figura 5.9. Porcentaje de alumnos en función del grado de disposición a utilizar herramientas TIC innovadoras en el aula, como complemento del material escolar.

El la gran mayoría de los alumnos están bastante o muy dispuestos a utilizar nuevas herramientas didácticas en el aula. Únicamente una cantidad despreciable se encuentra en desacuerdo, mientras que un 14% se mantiene equidistante (figura 5.9).

Q10 Me veo capaz de aprender conceptos difíciles sin el profesor, con la ayuda de una aplicación.

Respondido: 156 Omitido: 1

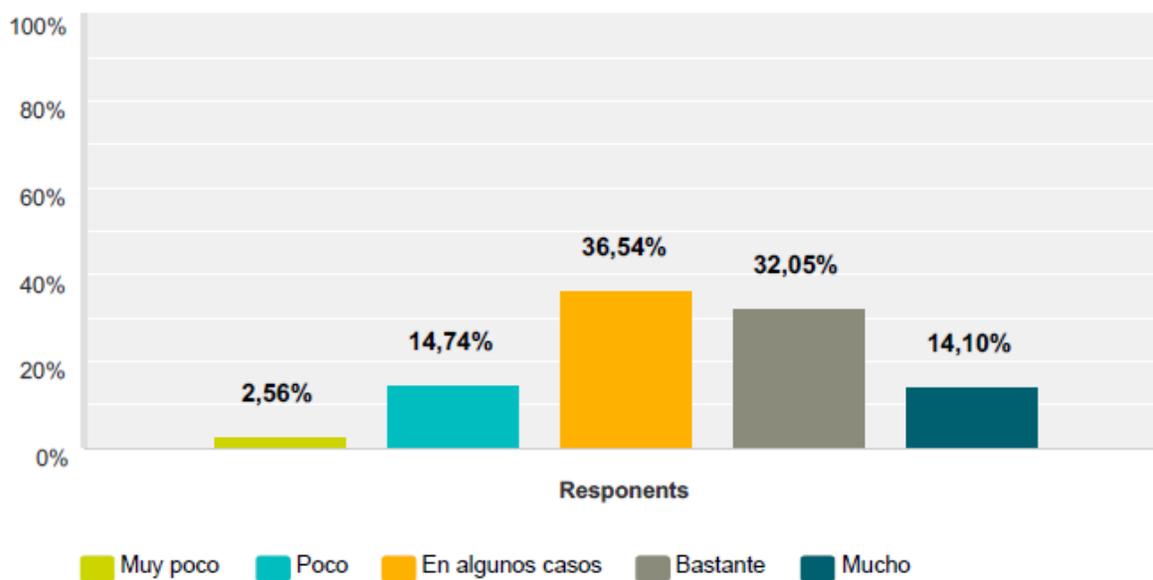


Figura 5.10. Porcentaje de alumnos en función del grado de confianza para aprender por sí solos, sin la ayuda del profesor, con una *app*.

Prácticamente la mitad del alumnado se ve capaz de entender conceptos difíciles por sí mismos, sin la ayuda de un profesor. Aproximadamente un tercio mantiene que sólo en algunos casos, y únicamente el 17% se sienten incapaces de hacerlo sin la ayuda del profesor (figura 5.10).

Q11 El esfuerzo que aplico al hacer deberes se ve recompensado y reconocido.

Respondido: 154 Omitido: 3

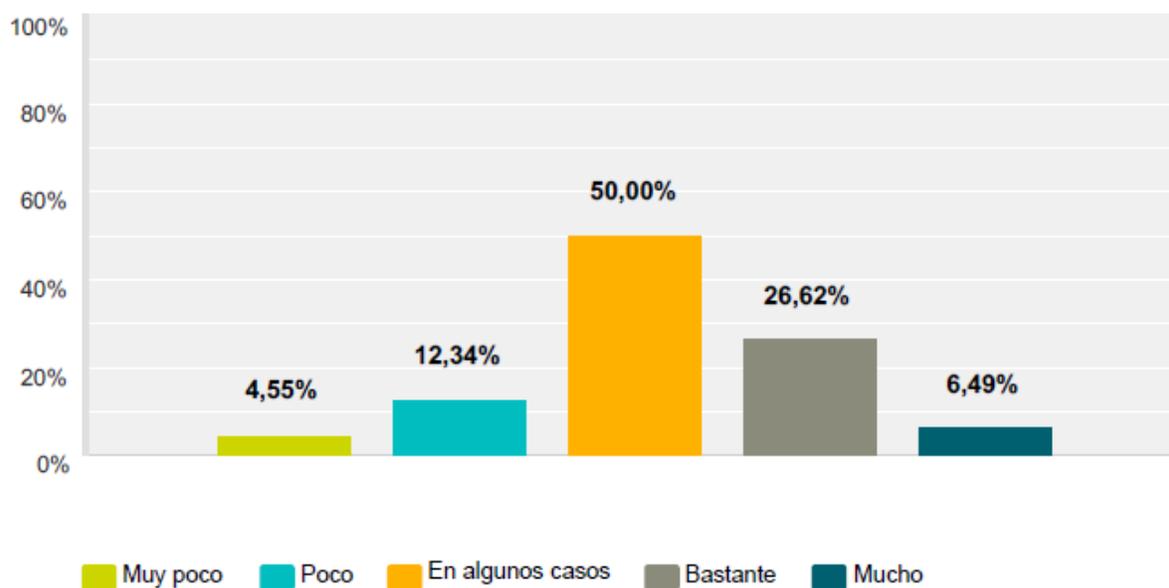


Figura 5.11. Porcentaje de alumnos en función del grado de satisfacción por el reconocimiento del esfuerzo aplicado a la realización de tareas y deberes.

Un tercio de los alumnos creen que su esfuerzo se ve mucho a bastante recompensado, el 50% mantiene que únicamente en algunos casos, mientras que el 17% del alumnado opina que su esfuerzo se se ve muy poco o poco recompensado (figura 5.11).

Q12 Me siento motivado/a a la hora de prestar atención y participar en clase.

Respondido: 156 Omitido: 1

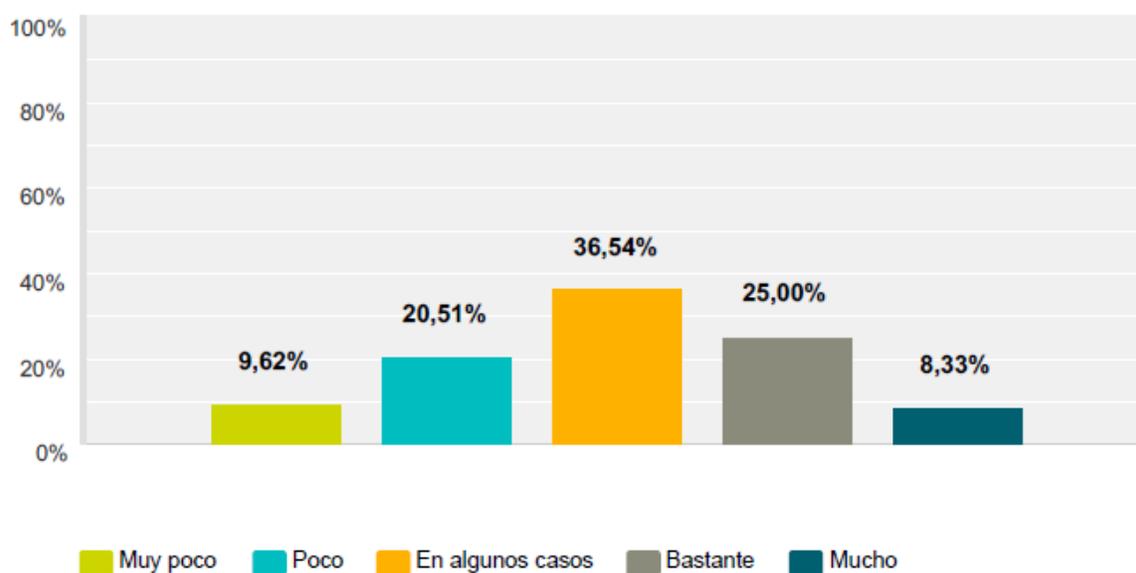


Figura 5.12. Porcentaje de alumnos en función del grado de motivación a la hora de participar y prestar atención en clase.

Un tercio del alumnado se siente, en general, bastante o muy motivado en clase. Otro tercio mantiene que en algunos casos. Por el contrario, aproximadamente el tercio restante de los alumnos reconocen tener poca o muy poca motivación para prestar atención o participar en clase (figura 5.12).

Q13 Me siento motivado/a a la hora de repasar en casa.

Respondido: 155 Omitido: 2

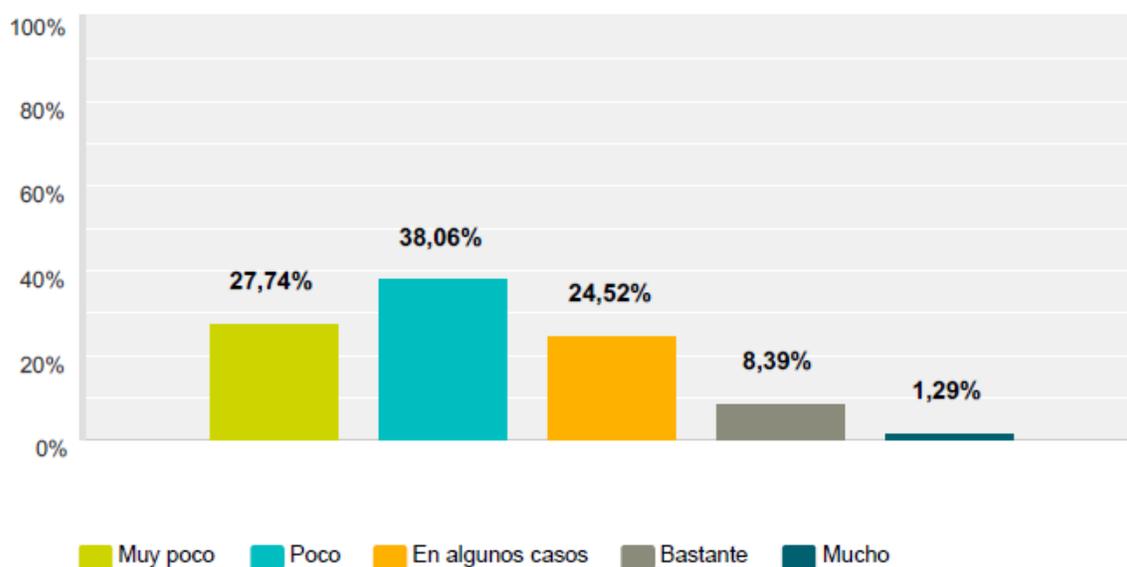


Figura 5.13. Porcentaje de alumnos en función del grado de motivación a la hora de repasar lo aprendido en casa.

Únicamente un 10% del alumnado manifiesta sentirse bastante o muy motivado a la hora de repasar en casa, frente a un 66% de los alumnos que dicen sentirse poco o muy poco motivados. Un 25% se mantienen de nuevo equidistantes (figura 5.13).

Q14 Me gusta competir con mis compañeros en los juegos.

Respondido: 155 Omitido: 2

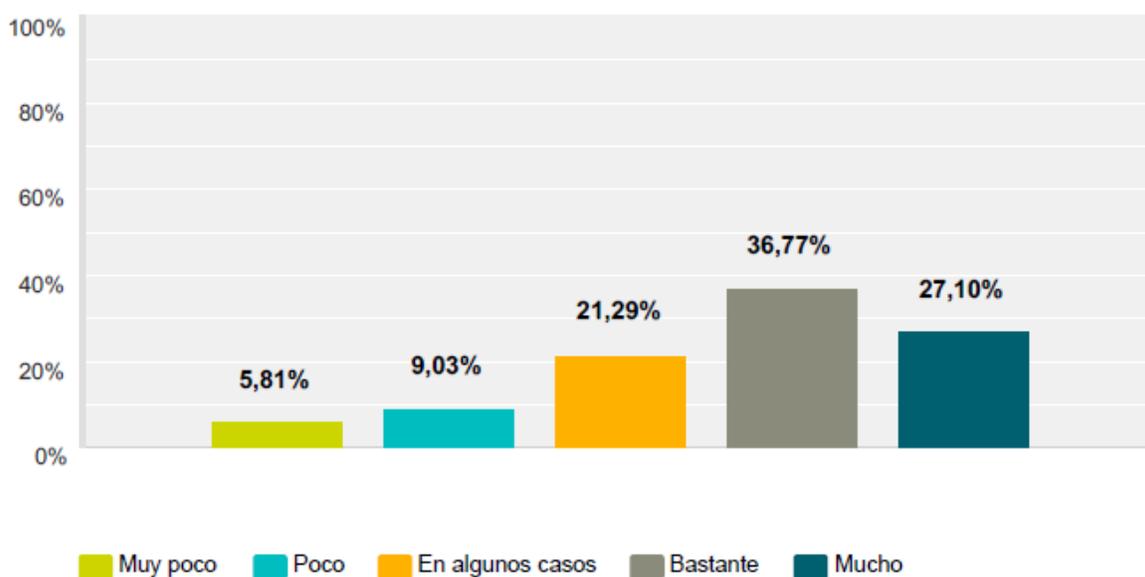


Figura 5.14. Porcentaje de alumnos en función del grado de competitividad.

Respecto a la competitividad, el 66% del alumnado mantiene que le gusta bastante o mucho, competir con los compañeros en los juegos. Únicamente un 15% opina lo contrario (figura 5.14).

**Q15 Recordando la asignatura de Física
y Química de 3º de ESO, marca los 5
temas que recuerdas que más te
costaron aprender.**

Respondido: 143 Omitido: 14

Opciones de respuesta	Respuestas	
1. Estequiometría- Ajustar reacciones	45,5%	65
2. Tabla Periódica	50,3%	72
3. Las cargas eléctricas	19,6%	28
4. Factores de conversión	21,7%	31
5. Tipos de enlaces	24,5%	35
6. Enlace químico	23,1%	33
7. Teoría Cinético-molecular	26,6%	38
8. Leyes de Comportamiento de los Gases	20,3%	29
9. Teoría atómica	28,0%	40
10. Reacciones químicas	25,9%	37
11. Mol y masa molar	49,0%	70
12. Corriente eléctrica	7,0%	10
13. Ley de Ohm	21,0%	30
14. Electromagnetismo	21,0%	30

Figura 5.15. Tabla de frecuencia de los contenidos teóricos que les resultan más difíciles de aprender a los alumnos.

Como puede observarse, los contenidos que les resultan más complejos a los alumnos pertenecen a la materia de química. Las tres temáticas más votadas y con diferencia con respecto al resto son, por orden de dificultad, el tema de la Tabla Periódica (50,3% de los votos), seguido del concepto de Mol y Masa molar (49%) y por último el tema de Estequiometría (45,5% de los votos) (figura 5.15).

5.2.2 Síntesis de resultados obtenidos

- Más de la mitad de los alumnos admiten no tener interés alguno en lo que están estudiando.
- Una amplia mayoría de alumnos coincide en que cuando saben concretamente qué se va a pedir de ellos para aprobar la asignatura, se sienten mucho más seguros y les ayuda.
- Dos tercios del alumnado admite, en mayor o menor medida, tener dificultades para comprender lo que se explica en la asignatura de FyQ.
- Una mayoría de alumnos, más del 80%, admiten que, en mayor o menor medida, han ido a examen sin haber entendido los conceptos, habiéndolos de memorizar sin realmente comprenderlos.
- Un 75% de los estudiantes creen, en mayor o menor medida, que los recursos tradicionales no fueron suficientes para entender la asignatura.
- Una gran mayoría, el 80%, declaman una aplicación divertida, que emplee juegos para aprender y que represente los contenidos más complejos de manera visual, interactiva y con animaciones.
- Únicamente el 17% del alumnado se ve incapaz de aprender sin la ayuda del profesor, el resto, en mayor o menor medida, confían en ser capaces de aprender únicamente utilizando un software.
- La gran mayoría de los alumnos mantienen que, en mayor o menor medida, se sienten desmotivados a la hora de prestar atención y participar en clase, únicamente un tercio reconoce sentirse motivado. A la hora de realizar tareas en casa, únicamente el 10% mantiene tener motivación.
- La mayoría de los alumnos, un 66% les gusta competir, frente a un 15%, que manifiestan que no les gusta.
- En cuanto a las temáticas que les suponen mayor dificultad, son todas de la materia de química, y ordenadas por nivel de dificultad descendiente tenemos, el bloque relacionado con la Tabla Periódica, seguido del concepto de Mol y Masa molar y finalmente el bloque relacionado con Estequiometría.

5.3 Fase II

5.3.1 Grado de dificultad de los bloques teóricos

5.3.1.1 ¿Existen diferencias en el grado de dificultad de los bloques teóricos que ofrece el LDG?

Los resultados obtenidos muestran que sí existen diferencias significativas entre las puntuaciones de los *tests* según el contenido tratado en cada bloque teórico ofrecida por *Top Chemist*. Las notas de los *tests* realizados por los alumnos en cada una de los 13 bloques teóricos varían en función del contenido de cada uno de ellos (figura 5.16).

Para abordar este aspecto, se efectuó un modelo lineal generalizado mixto en el que la variable respuesta era la nota de cada test, el factor fijo fueron los bloques teóricos y como factor aleatorio se escogió el alumno. Para evitar la heterogeneidad de varianzas se excluyeron del modelo los dos primeros bloques teóricos, puesto que su contenido resultaba de muy baja dificultad, lo que las hacía muy diferentes del resto de bloques. El *test* de Levene mostró que existía homogeneidad de varianzas cuando se eliminaron del análisis los dos primeros bloques teóricos, ($F= 1,4358$, g.l.=10, $p=0,1587$). El modelo se validó mediante la inspección visual de los residuos.

Los resultados obtenidos mostraron que la nota de cada *test* dependía de los bloques teóricos (Chi cuadrado=51,188; 10 g.l.; $p=0,000$).

Al realizar el análisis *post-hoc* con un contraste de Tukey, puede apreciarse que las puntuaciones de los *tests* de los bloques teóricos 11 y 13 son las únicas que se diferencian significativamente del resto, al mostrar unas puntuaciones significativamente más bajas, que sugieren fuertemente un mayor grado de dificultad (tabla 5.4. y figura 5.16.).

Tabla 5.4. Resultado de las pruebas *post-hoc* de Tukey en la comparación de las puntuaciones entre todas las lecciones seleccionada (de la 3 a la 13, ambas incluidas). *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Lecciones comparadas	z	p
3 – 4	-2.143	0.5234
3 – 5	-2.112	0.5467
3 – 6	-0.286	1.0000
3 – 7	-1.621	0.8621
3 – 8	-1.680	0.8328
3 – 9	-0.386	1.0000

Tabla 5.4. Resultado de las pruebas *post-hoc* de Tukey en la comparación de las puntuaciones entre todas las lecciones seleccionada (de la 3 a la 13, ambas incluidas). *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1% (Continuación).

Lecciones comparadas	z	p
3 – 10	-0.984	0.9958
3 – 11	-6.086	<0.01
3 – 12	-1.995	0.6316
3 – 13	-3.790	<0.01
4 – 5	-0.126	1.0000
4 – 6	1.456	0.9270
4 – 7	0.046	1.0000
4 – 8	-0.084	1.0000
4 – 9	1.005	0.9950
4 – 10	0.307	1.0000
4 – 11	-5.037	<0.01
4 – 12	-0.628	0.9999
4 – 13	-2.702	0.1846
5 – 6	1.529	0.9015
5 – 7	0.148	1.0000
5 – 8	0.018	1.0000
5 – 9	1.076	0.9915
5 – 10	0.384	1.0000
5 – 11	-4.933	<0.01
5 – 12	-0.531	1.0000
5 – 13	-2.612	0.2250
6 – 7	-1.238	0.9756
6 – 8	-1.309	0.9636
6 – 9	-0.149	1.0000
6 – 10	-0.732	0.9997
6 – 11	-5.716	<0.01
6 – 12	-1.665	0.8411
6 – 13	-3.480	0.0197
7 – 8	-0.115	1.0000
7 – 9	0.893	0.9981
7 – 10	0.254	1.0000
7 – 11	-4.852	<0.01
7 – 12	-0.615	0.9999
7 – 13	-2.604	0.2293
8 – 9	0.977	0.9960
8 – 10	0.344	1.0000
8 – 11	-4.726	<0.01
8 – 12	-0.504	1.0000
8 – 13	-2.491	0.2903
9 – 10	-0.540	1.0000
9 – 11	-5.255	<0.01
9 – 12	-1.358	0.9536
9 – 13	-3.120	0.0608
10 – 11	-4.664	<0.01
10 – 12	-0.768	0.9995
10 – 13	-2.573	0.2454
11 – 12	4.096	<0.01
11 – 13	1.966	0.6524
12 – 13	-1.967	0.6523

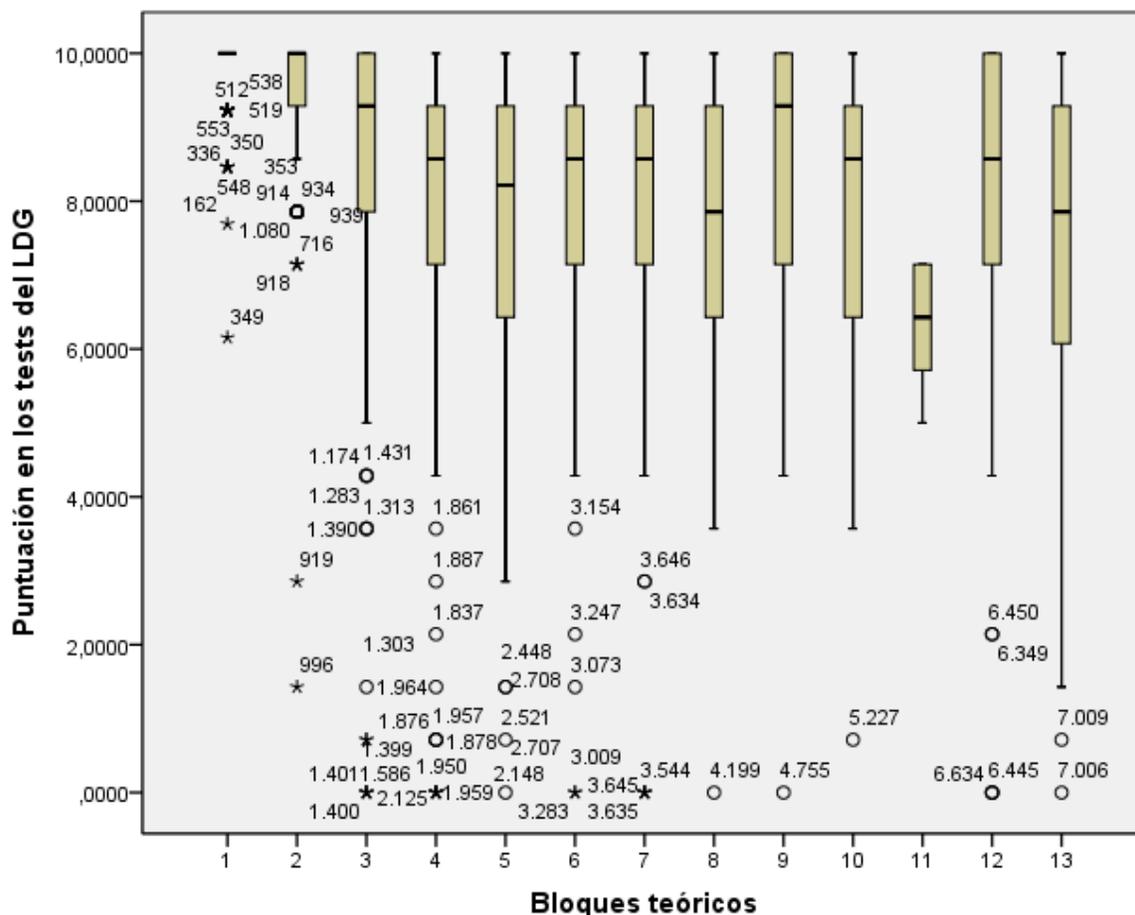


Figura 5.16. Gráfico de cajas que resume las puntuaciones obtenidas de los estudiantes en los 13 *tests*.

A continuación, se ha procedido a categorizar los 13 bloques teóricos según las puntuaciones que se han obtenido en sus *tests*, es decir, según cuán difíciles han resultado para los alumnos. Para ello, se obtuvieron los cuartiles de las calificaciones de los *tests* de cada bloque teórico. Esto ha permitido clasificar cada bloque en cuatro categorías según su grado de dificultad (tabla 5.5): baja (9,28 a 10 puntos), media-baja (8,57 a 9,27 puntos), media-alta (8,03 a 8,56 puntos) y alta (6,42 a 8,02 puntos).

Tabla 5.5. Mediana de las puntuaciones obtenidas en cada *test* y categorización de las lecciones según su grado de dificultad.

Bloque teórico	Mediana de Puntuación del Test	Grado de dificultad categorizado según cuartil global
I: Sustancias peligrosas	10	Baja
II: Materiales de laboratorio	10	Baja
III: Modelo de Rutherford	9,28	Baja
IV: Num. atómico y másico	8,57	Media-baja
V: Isótopos	8,21	Media-alta
VI: Niveles de Energía	8,57	Media-baja
VII: La Tabla periódica	8,57	Media-baja
VIII: Tipos de enlaces	7,85	Alta
IX: Concepto de mol	9,28	Baja
X: Masa atómica y molar	8,57	Media-baja
XI: Estequiometría	6,42	Alta
XII: La reacción química	8,57	Media-baja
XIII: Ajuste de reacciones	7,85	Alta

Para comprender mejor estos resultados, hay que tener en cuenta que en los dos primeros bloques teóricos que corresponden a Sustancias peligrosas y Materiales de laboratorio (dos de las cuatro lecciones con una baja dificultad), no se exige competencia matemática; únicamente hay que memorizar pictogramas o instrumentos de laboratorio. Es por ello por lo que los dos primeros *tests* demuestran que estas lecciones son de una dificultad muy baja y equivalente (ambos con una mediana de sus puntuaciones de 10, tabla 5.5). A partir de la lección III, la dificultad va *in crescendo*, requiriendo de forma general una mayor competencia matemática.

Siguiendo con los bloques que les han resultado de baja dificultad encontramos los bloques III y IX, que corresponden a las lecciones Modelo de Rutherford y Concepto de mol, cuyas medianas obtenidas en los *tests* son también sobresalientes (tabla 5.5.). Ambas lecciones combinan conocimientos teóricos y/o memorísticos con ejercicios matemáticos muy sencillos.

Las lecciones que demuestran resultarles de dificultad media baja corresponden a los bloques teóricos IV, VI, VII, X y XII. En todas ellas, de nuevo se combina el aprendizaje de contenidos teóricos a través de animaciones, con cálculos matemáticos simples que requieren operaciones matemáticas básicas de muy bajo grado de abstracción.

Por último, los bloques teóricos que les suponen mayor dificultad al alumnado son el VIII, XI y XIII. El primero corresponde al bloque teórico de los Tipos de enlaces. Este se trata, junto con el capítulo XI, del capítulo más denso y largo ofrecido por el LDG. Es un bloque eminentemente teórico cuya dificultad versa en que, en primer lugar, es el segundo bloque más extenso ofrecido por el LDG, y en segundo lugar, a su vez requiere de un exhaustivo conocimiento de todos los elementos de la Tabla Periódica, posiblemente el factor limitante que lo hace uno de los bloques teóricos que les han resultado más complejos. Los siguientes y últimos bloques que les resultan altamente difíciles son el bloque XI, dedicado a Estequiometría y el bloque XIII, dedicado al ajuste de reacciones, siendo el primero de los dos, el más difícil con diferencia. Ambos bloques requieren una competencia matemática alta y una capacidad de abstracción considerable; es evidente que son estos dos factores los que los hacen los dos bloques teóricos más difíciles para los alumnos.

5.3.1.2 *¿Coinciden el grado de dificultad hallado de los bloques teóricos del LDG con las opiniones iniciales de los alumnos?*

Algunos de estos resultados contrastan con la opinión que expresaban los 156 estudiantes de 4º de ESO que el año anterior habían cursado la asignatura de Física y Química de 3º de ESO, en las encuestas iniciales que se les pasó antes de la creación de *Top Chemist*. Paradójicamente, en dichas encuestas, el 50,3% de los alumnos encuestados mantenía que la lección correspondiente a la Tabla Periódica les había resultado una de los más difíciles. De igual manera, opinaban de la lección correspondiente al apartado teórico de la de la Masa atómica y Masa molar, en el que el 49% de los alumnos encuestados mantenían que era uno de los bloques teóricos más difíciles. Es pues evidente que *Top Chemist* ha logrado cambiar estas opiniones, demostrando ser una herramienta útil a la hora de hacer más comprensibles conceptos teóricos que inicialmente les resultaban complejos.

El bloque teórico V del LDG corresponde a la lección de los Isótopos y, sorprendentemente, les resultó ser de una dificultad media-alta. Al igual que las lecciones anteriores, también combina conceptos teóricos con cálculos matemáticos sencillos, que no requieren de ejercicios de abstracción alguna. Sin embargo, en la encuesta inicial esta lección, que estaría incluida en el

bloque de Teoría atómica, les resulta de especial dificultad únicamente al 28% de los alumnos encuestados. La explicación que el autor le atribuye a este hecho es que en el *test* de este bloque teórico se encontraron, a posteriori, tres preguntas cuyas respuestas estaban erróneas, es decir que los alumnos que elegían la respuesta correcta, el software la daba por errónea. Esto bien podría ser la causa de un rendimiento un poco más bajo en este apartado teórico que no supone, aparentemente, una gran dificultad.

Los tres últimos bloques teóricos que han resultado de mayor dificultad a los alumnos han sido los bloques VII, IX y XII, siendo el bloque XI (Estequiometría) el de mayor dificultad con diferencia. El bloque teórico VII corresponde a Tipos de enlaces. Si bien es cierto que aparentemente es una lección más teórica que práctica, resulta ser una lección muy densa, en la que los alumnos deben distinguir distintos tipos de uniones entre átomos, así como las características de las distintas sustancias que se forman, nombres y ejemplos. Es quizás por esta razón que se le puede atribuir una dificultad más notable. En las encuestas iniciales el 24,5% de los alumnos encuestados la señalaron de gran dificultad.

El siguiente bloque teórico que les resulta de muy alta dificultad corresponde a Estequiometría, obteniendo en los *tests* la mediana más baja (6,42). En este bloque se requiere aplicar todos los contenidos aprendidos hasta el momento a la hora de resolver los problemas. La competencia matemática es importante, especialmente el conocimiento y aplicación de factores de conversión. Así mismo, requiere de un ejercicio de abstracción considerable cuando se pretende entender los problemas que se están planteando. Esto encaja perfectamente con la opinión de los alumnos en la encuesta inicial, en la que el 45,5% de ellos mantiene que la lección de Estequiometría les resulta de las más complejas. Se hace evidente que, en este sentido, el bloque teórico correspondiente al apartado de Estequiometría de *Top Chemist*, todavía tiene margen de mejora.

Por último, tenemos el bloque teórico XIII, que corresponde a Ajuste de reacciones. Esta lección también les supone de una alta dificultad, probablemente porque aún y requiere del conocimiento de todos los anteriores bloques teóricos. Si bien es cierto que no llega al nivel de dificultad del bloque teórico XI, requiere de los conocimientos de este último, aunque los problemas no profundizan tanto en la Estequiometría y se centran un poco más en ajustar reacciones a través de problemas contextualizados. De nuevo este resultado encaja

perfectamente con las opiniones de los alumnos en la encuesta inicial, en las que el 45,5% de ellos mantenían que este bloque les suponía de una alta complejidad.

En global podemos afirmar que las opiniones de los alumnos se ajustan a los resultados obtenidos en la mayoría de los casos. Sin duda los resultados obtenidos en esta comparación serán de gran utilidad a la hora de mejorar el LDG en una versión futura, ya que ponen en evidencia las debilidades del software.

5.3.1.3 *¿Existen diferencias en el grado de dificultad de los bloques teóricos que ofrece el LDG según el curso en que se utilice?*

A continuación se muestra, separado por cursos (3º y 4º de ESO), la frecuencia absoluta de alumnos que realizan la teoría, los juegos y los que llegan a realizar los *tests* de cada uno de los 13 bloques teóricos (3º ESO: tabla 5.6.; figura 5.17 y 4º ESO: tabla 5.7.; figura 5.18.), así como el porcentaje de alumnos que son capaces de desbloquear el acceso a los *tests*. Esto último nos da información del grado de dificultad que supone para los alumnos cada uno de los bloques teóricos. Como puede apreciarse, a medida que se avanza en los bloques teóricos, va disminuyendo progresivamente el número de alumnos que empiezan nuevos bloques teóricos y consecuentemente que llegan a realizar los *tests*. Ello puede deberse a la tradicional dificultad para acabar el currículum, a que el grado de dificultad de la materia va aumentando, o a ambos factores a la vez.

Los alumnos de 4º de la ESO, no únicamente acceden más a la teoría, juegos y *tests* de los bloques teóricos más avanzados del LDG, que los alumnos de 3º ESO (figura 5.19.; figura 5.20; figura 5.21), algo razonable puesto que los contenidos ofrecidos corresponden a los contenidos curriculares de ese curso, sino que además demuestran ser más capaces de desbloquear los *tests* finales a medida que los bloques teóricos van aumentando de dificultad (figura 5.22.).

Tabla 5.6. Frecuencia absoluta de alumnos de 3º de ESO (N=480) que acceden a la teoría, los juegos y los *tests* finales, y porcentaje de alumnos que son capaces de desbloquear los *tests*.

Bloque teórico	Teoría	Juegos	<i>Tests</i>	Porcentaje de alumnos capaces de desbloquear los <i>tests</i>
I: Sustancias peligrosas	355	347	293	84,4%
II: Materiales de laboratorio	320	311	248	79,7%
III: Modelo de Rutherford	313	294	244	83,0%
IV: Número atómico y número másico	275	252	199	79,0%
V: Isótopos	247	214	153	71,5%
VI: Niveles de Energía	169	142	102	71,8%
VII: La Tabla periódica	138	121	86	71,1%
VIII: Tipos de enlaces	106	89	72	80,9%
IX: Concepto de mol	94	82	50	61,0%
X: Masa atómica y masa molar	74	63	42	66,7%
XI: Estequiometría	66	51	27	52,9%
XII: La reacción química	106	83	48	57,8%
XIII: Ajuste de reacciones	63	52	22	42,3%

Tabla 5.7. Frecuencia absoluta de alumnos de 4º de ESO (N=81) que acceden a la teoría, los juegos y los *tests* finales, y porcentaje de alumnos que son capaces de desbloquear los *tests*.

Bloque teórico	Teoría	Juegos	<i>Tests</i>	Porcentaje de alumnos capaces de desbloquear los <i>tests</i>
I: Sustancias peligrosas	62	55	42	76,4
II: Materiales de laboratorio	56	48	37	77,1
III: Modelo de Rutherford	54	49	45	91,8
IV: Número atómico y número másico	55	41	38	92,7
V: Isótopos	55	43	39	90,7
VI: Niveles de Energía	43	38	34	89,5
VII: La Tabla periódica	35	33	31	93,9
VIII: Tipos de enlaces	39	34	32	94,1
IX: Concepto de mol	32	27	24	88,9
X: Masa atómica y masa molar	23	22	19	86,4
XI: Estequiometría	12	11	8	72,7
XII: La reacción química	26	21	21	100,0
XIII: Ajuste de reacciones	23	21	17	81,0

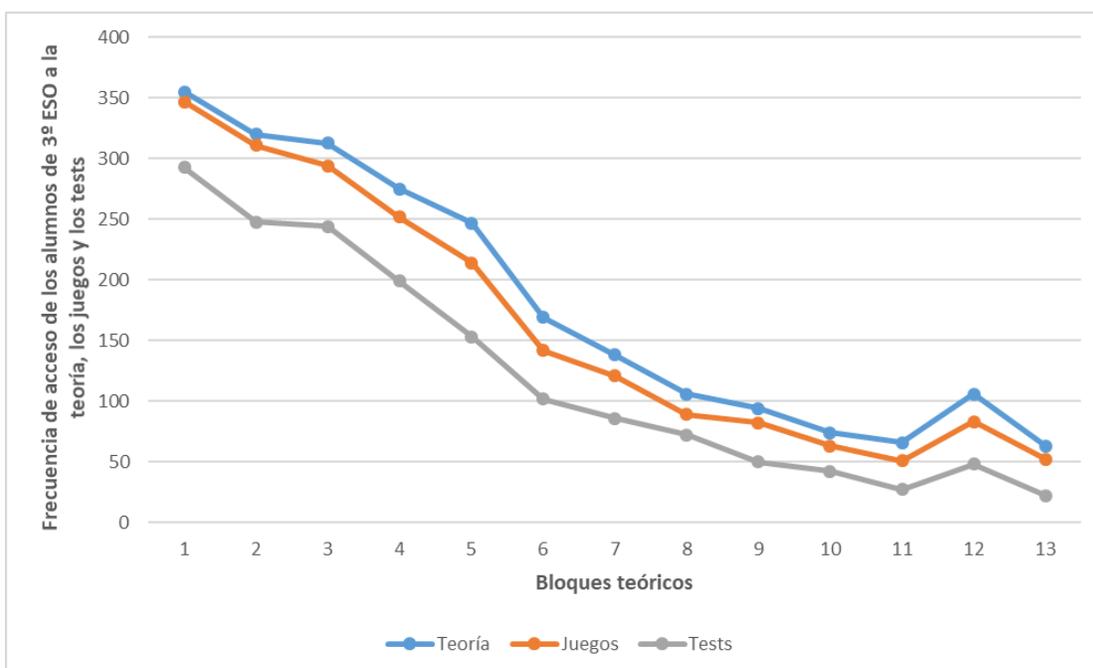


Figura 5.17. Frecuencia con que los alumnos de 3ºESO acceden a la teoría, los juegos y los *tests* finales de cada uno de los 13 bloques teóricos.

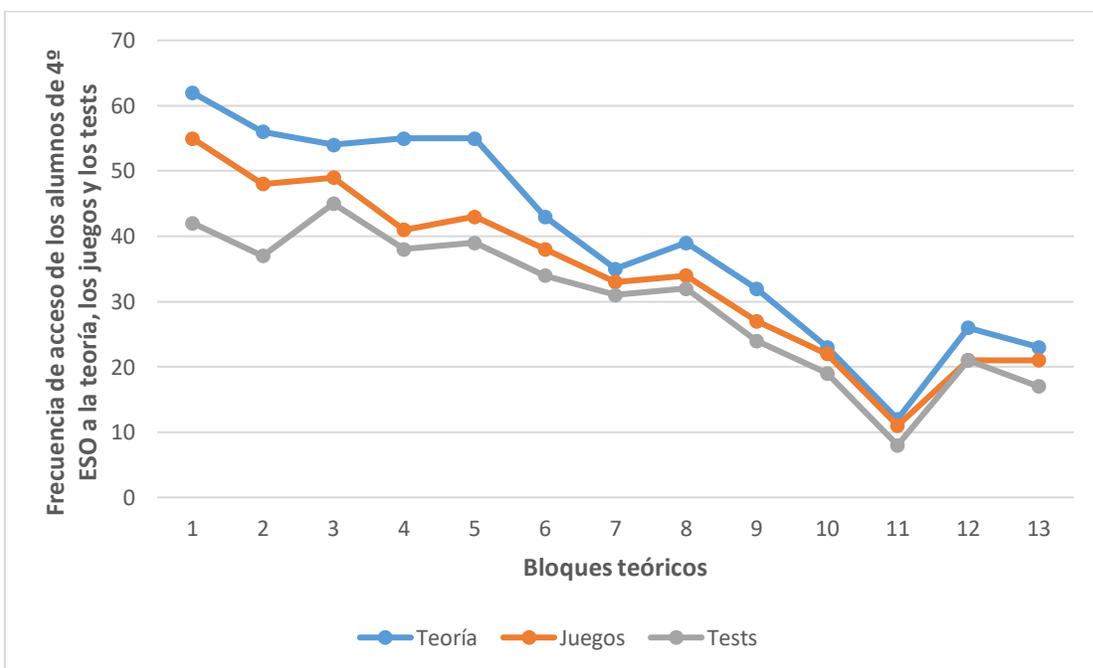


Figura 5.18. Frecuencia con que los alumnos de 4ºESO acceden a la teoría, los juegos y los *tests* finales de cada uno de los 13 bloques teóricos.

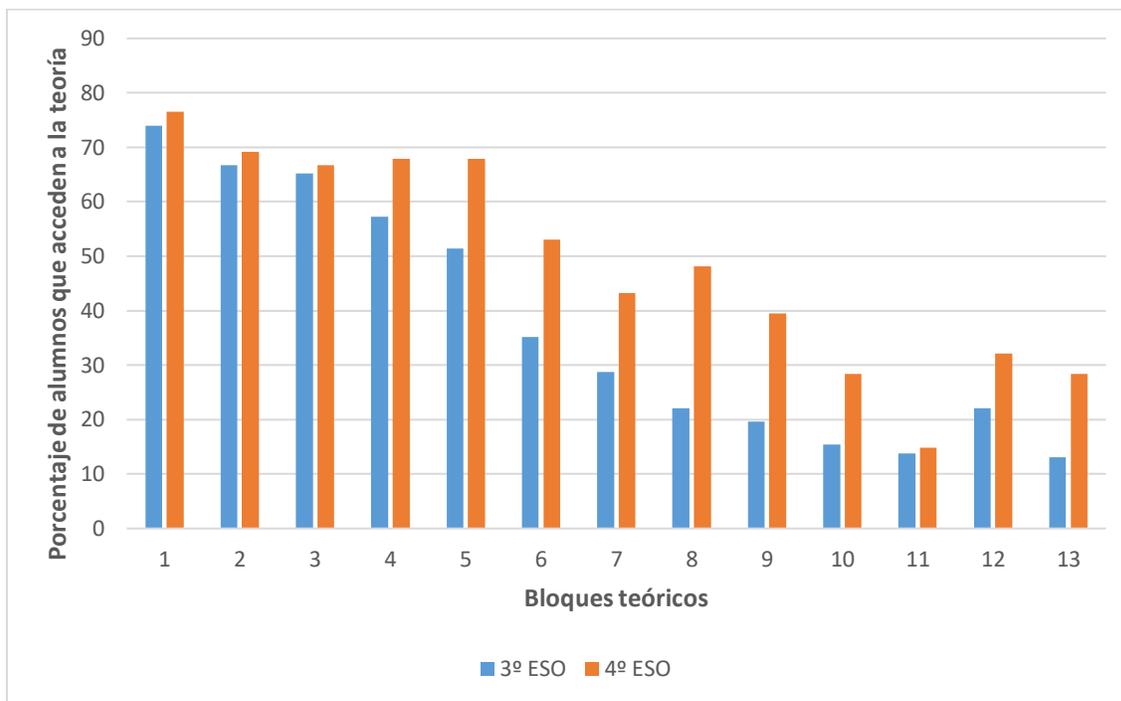


Figura 5.19. Comparativa del porcentaje de alumnado de 3º y 4º de ESO que accede a los contenidos teóricos del LDG.

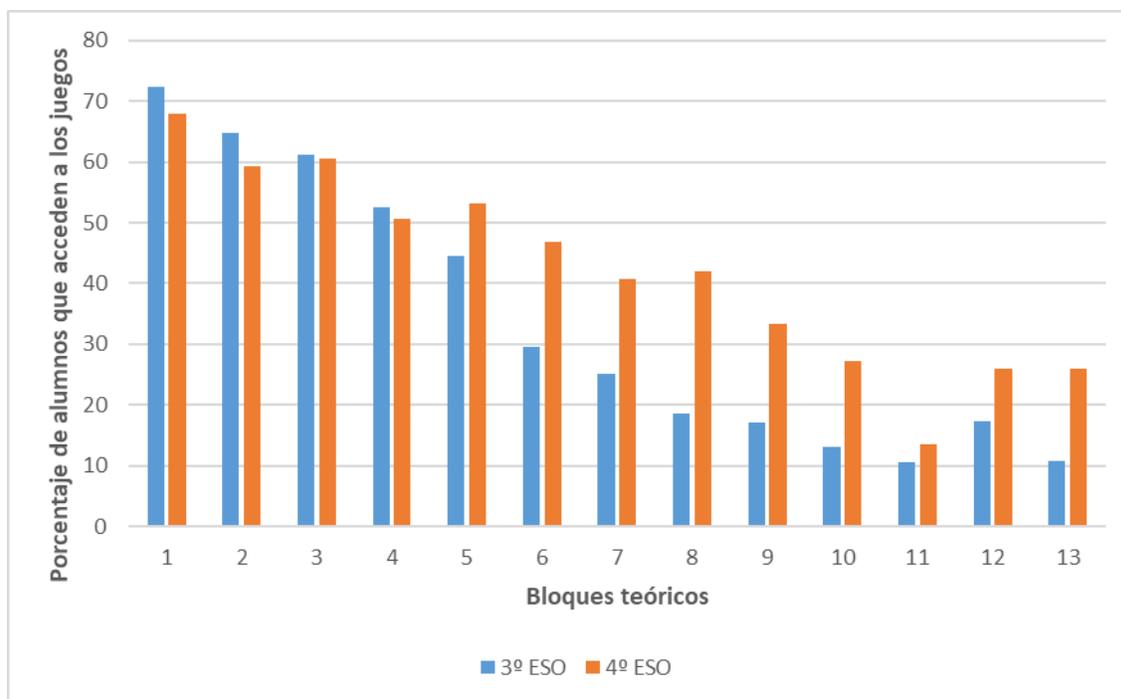


Figura 5.20. Comparativa del porcentaje de alumnado de 3º y 4º de ESO que accede a los juegos del LDG.

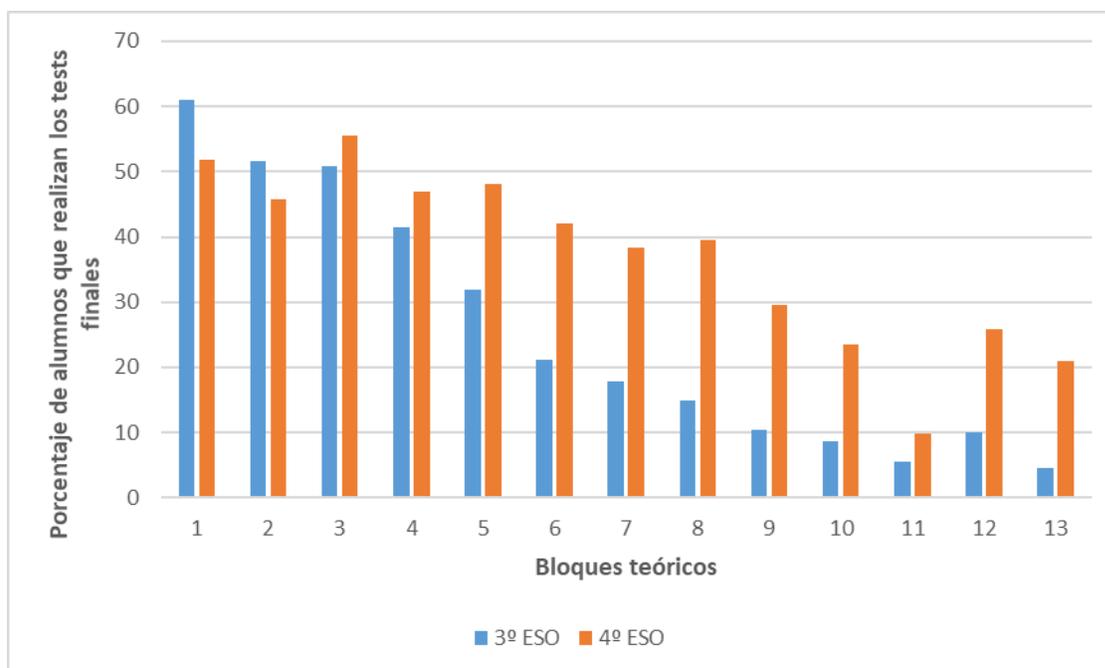


Figura 5.21. Comparativa del porcentaje de alumnado de 3º y 4º de ESO que accede a los *tests* finales del LDG.

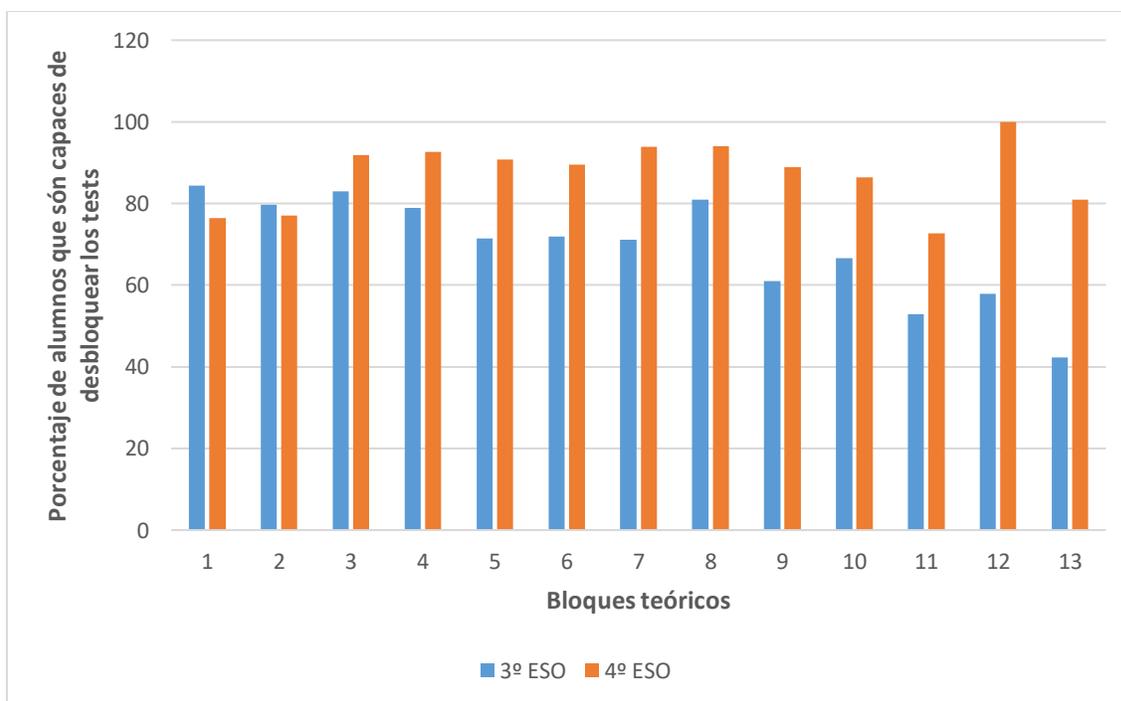


Figura 5.22. Porcentaje de alumnos de 3º y 4º de ESO capaces de desbloquear el acceso a los *tests* finales de cada bloque teórico.

El total de *tests* realizados, así como el porcentaje de participación en cada curso se recogen en la tabla 5.8.

Tabla 5.8. Cantidad total de *tests* realizados por los usuarios del LDG y % de participación de *tests* respecto al total.

Curso	Número de <i>Tests</i> realizados	Porcentaje de participación
3º ESO	1587	25,4 %
4º ESO	387	36,8%

Todos estos datos muestran que, en general, a partir de la lección 5 decae sustancialmente la realización del *test* entre los alumnos (figura 5.17. y figura 5.18), siendo más pronunciada entre los alumnos del 3º curso que entre los alumnos del 4º curso. Esta caída se debe principalmente a las dos razones anteriormente comentadas:

- La dificultad de abarcar todo el currículum. Cuanto más se avanza en el LDG, más se avanza en el currículum de Química (tablas 5.6. y 5.7.). Los contenidos ofrecidos por *Top Chemist*, exceden los contenidos curriculares que se tratan en 3º de la ESO, y recordemos que la gran mayoría de los usuarios del LDG, concretamente un 85%, pertenecían a 3º de la ESO. Esta es una de las razones por las que, a medida que se avanza en las lecciones, decae la cantidad de alumnos que las siguen.
- El grado de complejidad creciente de las lecciones. No todos los alumnos han sido capaces de desbloquear el acceso al *test* final, puesto que no han podido obtener una media de 7 sobre 10 en las tres últimas partidas del juego preparatorio. En las tablas 5.6. y 5.7., se puede apreciar el porcentaje de alumnos de 3º y 4º ESO, respectivamente, que llegan a desbloquear los *tests*. En las lecciones más difíciles como la 11 o la 13, únicamente el 52,9 % y el 42,3 % respectivamente, del alumnado de 3º ESO llega a desbloquear los *tests*, frente al 72,7% y el 81% del alumnado de 4º ESO.

Al comparar las puntuaciones de los 13 *tests* entre los alumnos de los cursos 3º y 4º de la ESO, puede apreciarse que aparecen diferencias significativas, con la excepción de los *tests* 1 y 11 (tabla 5.9.). Recordemos que el bloque teórico 1 estaba dentro del grupo de los de bajo grado de dificultad y que el 11 estaba dentro del grupo de los que entrañaban mayor dificultad (como muestran las medianas, era el bloque más complejo con diferencia). Todos los demás bloques varían en el sentido mostrado en las figuras 5.23. y 5.24. Por tanto, los resultados obtenidos

muestran que únicamente se igualan los resultados entre 3º y 4º de ESO cuando la dificultad del bloque temático analizado es extremadamente baja o extremadamente alta.

En todo caso cabe señalar que, puesto que en algunos bloques el tamaño de la muestra (especialmente de 3º de ESO) es muy bajo, llegando a ser del 4,6% (ver tabla 5.6.), algunas de estas comparaciones deben tomarse con prudencia, ante el riesgo que exista un posible sesgo en la muestra.

Tabla 5.9. Resultado de las pruebas de U de Mann-Whitney en la comparación de los resultados de los 13 *tests* entre los cursos 3º y 4º de la ESO. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Bloque teórico	U Mann-Whitney
1	U= 6068,5; 333 g.l.; p= 0,808
2	U= 3477,5; 283 g.l.; p= 0,007**
3	U= 3575; 287 g.l.; p= 0,000**
4	U= 2076,0; 235 g.l.; p= 0,000**
5	U= 1854,5; 235 g.l.; p= 0,000**
6	U= 857,0; 190 g.l.; p= 0,000**
7	U= 908,0; 134 g.l.; p= 0,006**
8	U= 749,5; 102 g.l.; p= 0,004**
9	U= 367,0; 72 g.l.; p= 0,006**
10	U= 274,0; 59 g.l.; p= 0,048**
11	U= 95,0; 33 g.l.; p= 0,630
12	U= 256,5; 67 g.l.; p= 0,001**
13	U= 87,5; 37 g.l.; p= 0,004**

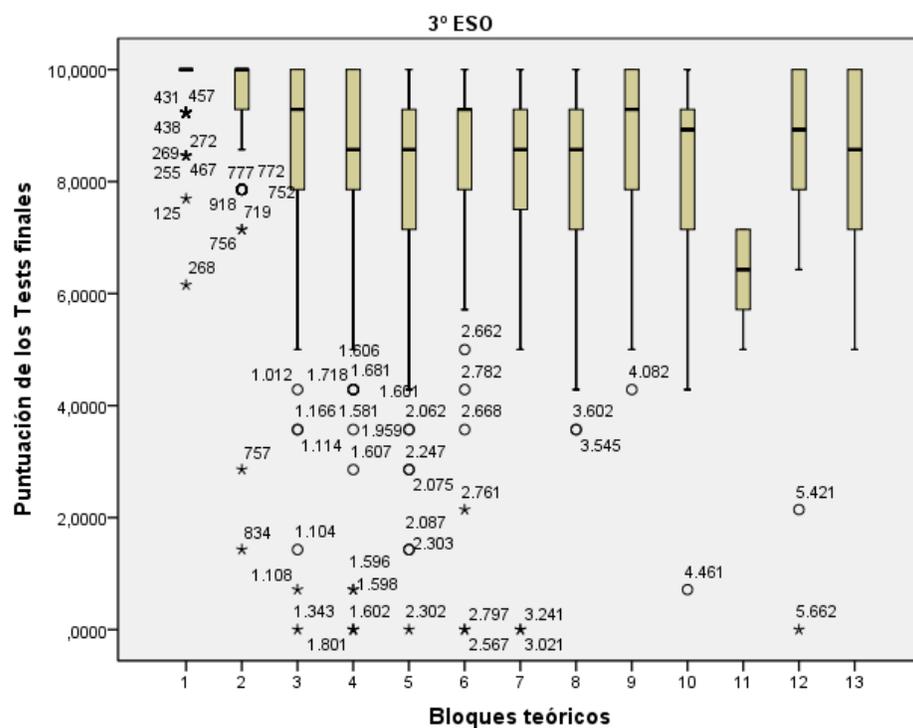


Figura 5.23. Puntuaciones obtenidas por los estudiantes de 3º ESO en los 13 tests.

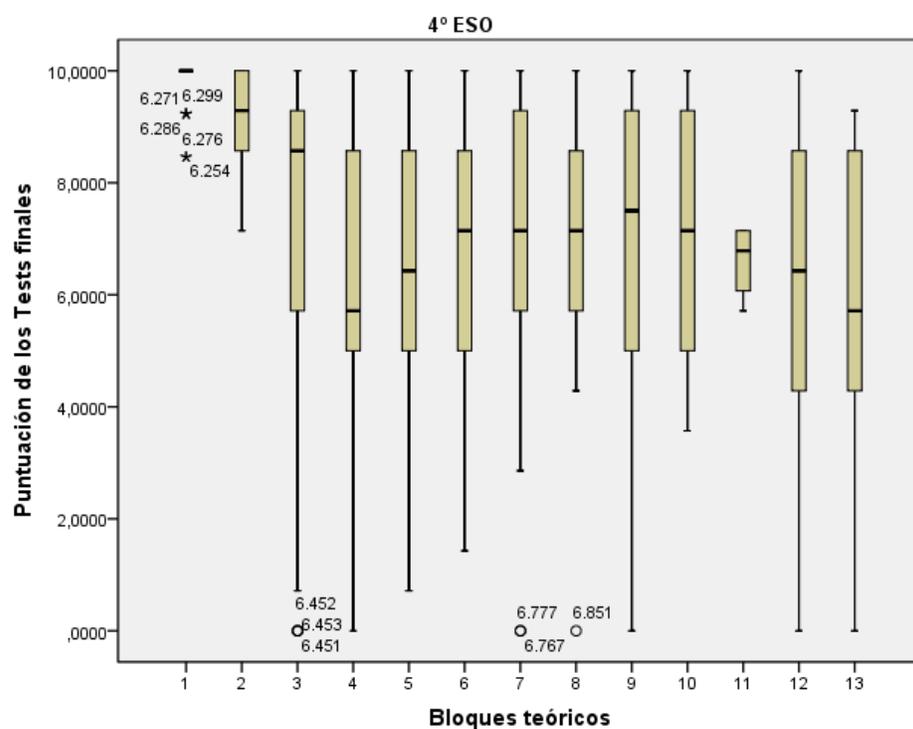


Figura 5.24. Puntuaciones obtenidas por los estudiantes de 4º ESO en los 13 tests.

5.3.2 Nivel de mejora en el LDG.

5.3.2.1 ¿Existen diferencias entre las puntuaciones obtenidas en cada bloque teórico la primera vez que jugaron y las puntuaciones obtenidas en los tests finales?

Al comparar las notas obtenidas en cada uno de los 13 bloques teóricos por cada alumno la primera vez que jugó (juego inicial) con la nota del *test* final (después de haber jugado), se observa que estas diferencias son significativas en todos ellos, excepto en el bloque teórico XI, correspondiente al bloque de Estequiometría (tabla 5.10.). Este resultado confirma los resultados obtenidos en el modelo lineal generalizado mixto anterior, y demuestra que la lección 11, correspondiente a Estequiometría, sigue siendo un bloque difícil, incluso después del uso del LDG. Este resultado hace pensar que, para superar estas dificultades, este bloque teórico debería mejorarse para una próxima versión del LDG.

Tabla 5.10. Resultado del *test* de Wilcoxon de comparación de los resultados obtenidos en el juego inicial y el *test*, para cada una de las 13 lecciones. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Bloque teórico	Juego inicial/Test	Mediana	Rango intercuartílico	<i>Test</i> Wilcoxon	p	N
I: Sustancias peligrosas	Juego Inicial	1	4,31	Z=-15,169	0,000**	335
	<i>Test</i> Final	10	0			
II: Materiales de laboratorio	Juego Inicial	1,11	2,45	Z= -14,364	0,000**	285
	<i>Test</i> Final	10	0,72			
III: Modelo de Rutherford	Juego Inicial	3,75	6,25	Z=-12,753	0,000**	266
	<i>Test</i> Final	9,28	2,15			
IV: Número atómico y número másico	Juego Inicial	2,5	6,25	Z=-11,622	0,000**	208
	<i>Test</i> Final	8,57	2,14			
V: Isótopos	Juego Inicial	1,25	3,75	Z=-10,861	0,000**	166
	<i>Test</i> Final	8,21	2,86			
VI: Niveles de Energía	Juego Inicial	2,5	5	Z=-8,737	0,000**	117
	<i>Test</i> Final	8,57	2,14			
VII: La Tabla periódica	Juego Inicial	2,5	3,75	Z=-8,451	0,000**	101
	<i>Test</i> Final	8,57	2,38			

Tabla 5.10. Resultado del *test* de Wilcoxon de comparación de los resultados obtenidos en el juego inicial y el *test*, para cada una de las 13 lecciones. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1% (Continuación).

VIII: Tipos de enlaces	Juego Inicial	2,5	6,25	Z=-7,578	0,000**	90
	<i>Test</i> Final	7,85	2,86			
IX: Concepto de mol	Juego Inicial	1,25	5,31	Z=-6,528	0,000**	64
	<i>Test</i> Final	9,28	2,86			
X: Masa atómica y masa molar	Juego Inicial	3,13	7,5	Z=-5,006	0,000**	51
	<i>Test</i> Final	8,57	2,86			
XI: Estequiometría	Juego Inicial	4,28	6,08	Z=-1,160	0,246	35
	<i>Test</i> Final	6,42	1,43			
XII: La reacción química	Juego Inicial	1,25	5	Z=-6,126	0,000**	58
	<i>Test</i> Final	8,57	2,86			
XIII: Ajuste de reacciones	Juego Inicial	1,25	6,25	Z=-4,166	0,000**	32
	<i>Test</i> Final	7,85	3,57			

5.3.3 Síntesis de los resultados obtenidos

- Los 13 bloques teóricos presentan grados de dificultad distintos para los alumnos.
- Los más sencillos son aquellos en los que no se exige competencia matemática y van aumentando el grado de dificultad a medida que los bloques teóricos requieren mayor nivel de abstracción y competencia matemática.
- De forma mayoritaria el LDG ha demostrado ser una herramienta útil a la hora de ayudar a hacer más comprensibles algunos contenidos que los alumnos, inicialmente calificaban de muy complejos.
- Los bloques teóricos correspondientes a Estequiometría y Ajuste de reacciones continúan resultándoles de una alta dificultad. Se hace pues evidente que el LDG tiene todavía un margen de mejora, para ayudar a los estudiantes a superar las barreras que dichos contenidos suponen para los estudiantes.

- A diferencia de los alumnos de 3° ESO, los alumnos de 4° ESO aprovechan más el LDG, llegando a las lecciones más avanzadas, y demuestran mayor capacidad para desbloquear los *tests*, a medida que los bloques teóricos aumentan de dificultad. Esto resulta ser completamente lógico, puesto que el currículum de 4° va más allá de lo que el LDG ofrece, no ocurriendo lo mismo con 3° ESO, que en su mayoría demuestran no ser capaces de terminar el currículum.
- De forma general, a medida que se avanza en el LDG, en porcentaje respecto al total, los alumnos de 4° ESO acceden más a contenidos teóricos, los juegos y los *tests* ofrecidos por el LDG, que los alumnos de 3° ESO.
- En todos los bloques teóricos, los alumnos de 4° ESO muestran un porcentaje de acceso a los contenidos teóricos mayor que los de 3° ESO.
- Los alumnos de 3° ESO se muestran más proclives al juego, y muestran un mayor porcentaje de accesos a los juegos en los cuatro los primeros bloques teóricos. A partir del quinto, y a medida que la dificultad aumenta, se invierte esta tendencia, y son los alumnos de 4° ESO los que más acceden a los juegos.
- Exceptuando los dos primeros bloques teóricos, que resultan ser de menor dificultad, los alumnos de 4° ESO acceden más a los *tests* finales que los de 3° ESO.
- El LDG demuestra ser una herramienta útil para aprender, puesto que, en doce de los trece contenidos teóricos tratados, los alumnos mejoran significativamente sus calificaciones en los *tests* finales después de utilizarlo. Únicamente es en el bloque teórico correspondiente a Estequiometría en el que, pese a verse un incremento en sus calificaciones tras usar *Top Chemist*, este no es significativo (tabla 5.10.). Razón de más para pensar que dicho apartado del LDG debe mejorarse.

5.4 Fase III

5.4.1 Rendimiento académico de química por escuelas.

5.4.1.1 ¿Existen diferencias en el Rendimiento académico de química por escuelas?

Se ha podido constatar que sí existen diferencias significativas en los Rendimientos académicos de química entre las 10 escuelas que participaron en el cuasi-experimento (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=120,950$; 9 g.l.; $p=0,000$). Efectuando las correspondientes comparaciones *post-hoc* (tabla 5.11.), se apreció que la escuela americana (Escuela 1) era la única que se diferenciaba significativamente del resto de escuelas en cuanto a sus calificaciones en la materia de química (tabla 5.11). Estas calificaciones estaban, claramente, muy por encima del resto de centros españoles (figura 5.25.), sugiriendo fuertemente que el grado de exigencia del centro estadounidense es menor que el de los centros españoles; la experiencia personal del autor de esta tesis doctoral refuerza sin lugar a dudas esta idea. Este hecho ha condicionado posteriores análisis, en los que se ha tenido que, de forma puntual, diferenciar entre el centro americano y los centros españoles.

Tabla 5.11. Pruebas *post-hoc* de comparación del Rendimiento académico de química entre la escuela americana (Escuela 1) y el resto de centros españoles (Escuelas 2 a 10) que han participado en esta experiencia, tomadas dos a dos. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Escuelas comparadas	U	p	g.l.
1 – 2	810,50	0,000**	122
1 – 3	542	0,000**	100
1 – 4	170	0,000**	79
1 – 5	188	0,000**	91
1 – 6	180	0,000**	123
1 – 7	296	0,000**	91
1 – 8	823	0,000**	135
1 – 9	996	0,000**	175
1 – 10	742	0,000**	127

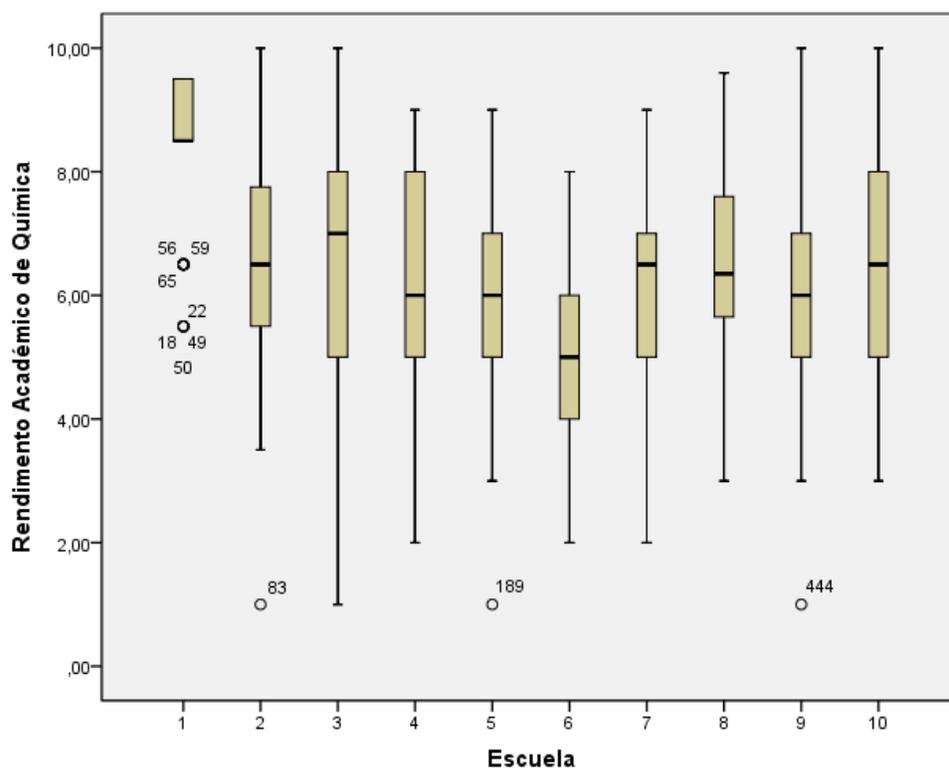


Figura 5.25. Rendimiento académico de química por escuelas.

5.4.2 Factores intrínsecos al alumno

5.4.2.1 *Competitividad*

5.4.2.1.1 *¿Está la Competitividad asociada al Rendimiento académico global del alumno?*

Después de realizar el análisis de la competitividad en estas dos cuestiones (Pregunta 3 y 4 respectivamente), no se puede afirmar que la competitividad de los individuos esté asociada con el Rendimiento académico global del alumno (Pregunta 3: $\chi^2 = 1,279$; 3 g.l.; $p = 0,734$; Pregunta 4: $\chi^2 = 3,709$; 6 g.l.; $p = 0,716$).

5.4.2.1.2 *¿Hay diferencias de competitividad en función del rendimiento académico global de los alumnos?*

No existe una asociación estadísticamente significativa entre los alumnos que creen que competir les ha ayudado a aprender más (pregunta 3) y el cuartil de rendimiento global al que pertenecen (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=7,118$; g.l.=4; $p=0,130$). Al comparar la competitividad declarada en la pregunta 4 entre los distintos cuartiles de rendimiento académico global, se aprecia que tampoco existen diferencias estadísticamente significativas (*test* de Kruskal-Wallis $\chi^2=0,221$; g.l.=1; $p=0,639$).

5.4.2.1.3 *Competitividad y género*

5.4.2.1.3.1 *¿Hay diferencias en la opinión sobre la eficacia de la competitividad según el género?*

Existen diferencias significativas entre chicos y chicas cuando se les pregunta si creen que la competitividad les ha ayudado a aprender más (Pregunta 3: *test* de U de Mann-Whitney: $U=3234; 190$ g.l.; $p=0,000$); los chicos creen más que las chicas que competir la competitividad está ligada al aprendizaje (figura 5.26.).

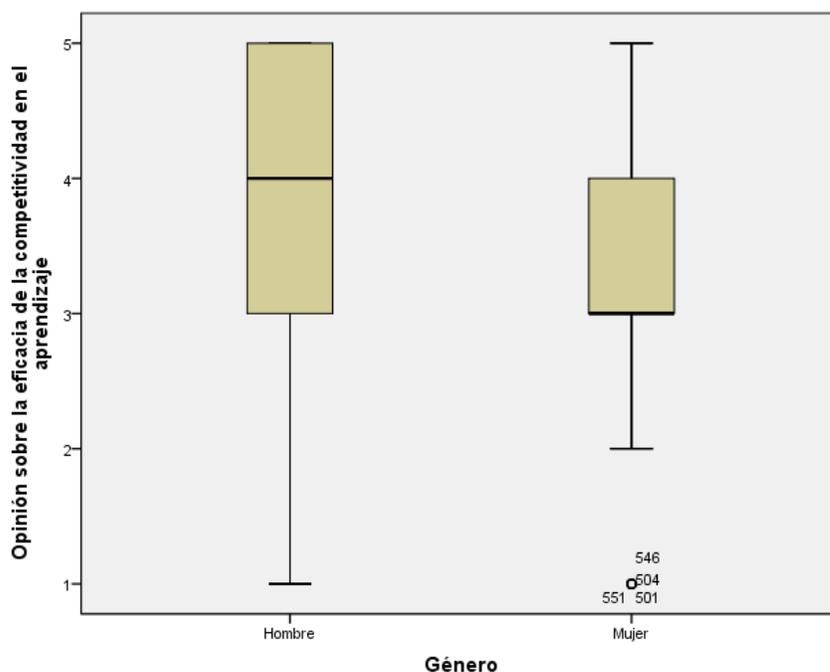


Figura 5.26. Opinión sobre la eficiencia de la competitividad en el aprendizaje entre chicos y chicas.

5.4.2.1.3.2 *¿Está el nivel de competitividad asociado al género?*

En cambio, a la pregunta de si les gustaría participar en ligas y competiciones, no hay una asociación estadísticamente significativa entre géneros, aunque por poco (Pregunta 4: χ^2 de Pearson= 5,620; g.l.=2; p= 0,060). Por tanto, aunque los chicos creen más en la competitividad como factor de aprendizaje, no son significativamente más competitivos que las chicas.

5.4.2.1.4 *Competitividad y Aprovechamiento del LDG*

5.4.2.1.4.1 *¿Hay diferencias en el Aprovechamiento del LDG según cuál sea la creencia de que la competitividad influye en el aprendizaje?*

Sí se han hallado diferencias significativas entre el Aprovechamiento del LDG del alumnado y su creencia de que la competitividad influye en el aprendizaje (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=12,568$; 4 g.l.; p=0,014). Efectuando las correspondientes comparaciones *post-hoc* (tabla 5.12.), se aprecia que son los alumnos que consideran que la competitividad no les ha ayudado a aprender tanto los que se diferencian del resto de alumnos, que son a su vez los que han hecho un mayor uso del LDG (figura 5.27.); aunque este resultado debe tomarse con prudencia, ya que el tamaño de la muestra de este grupo es bajo (n=12), sugiere que el LDG es un producto atractivo para el alumnado que no cree en la competitividad como factor de aprendizaje.

Tabla 5.12. Pruebas *post-hoc* de comparación del Aprovechamiento del LDG entre las distintas opiniones sobre la eficiencia de la competitividad en el aprendizaje (respuestas R₁ a R₅) tomadas dos a dos.*: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅
R ₁		U=52,500 25 g.l. p= 0,067	U=344,500 69 g.l. p= 0,287	U=545,00 95 g.l. p= 0,484	U=251,500 52 g.l. p= 0,428
R ₂			U=115,000 66 g.l. p= 0,000**	U=230,500 92 g.l. p= 0,003**	U=94,000 49 g.l. p= 0,002**
R ₃				U=2135,00 136 g.l. p= 0,484	U=1002,00 93 g.l. p= 0,495
R ₄					U=1595,00 119 g.l. p= 0,982

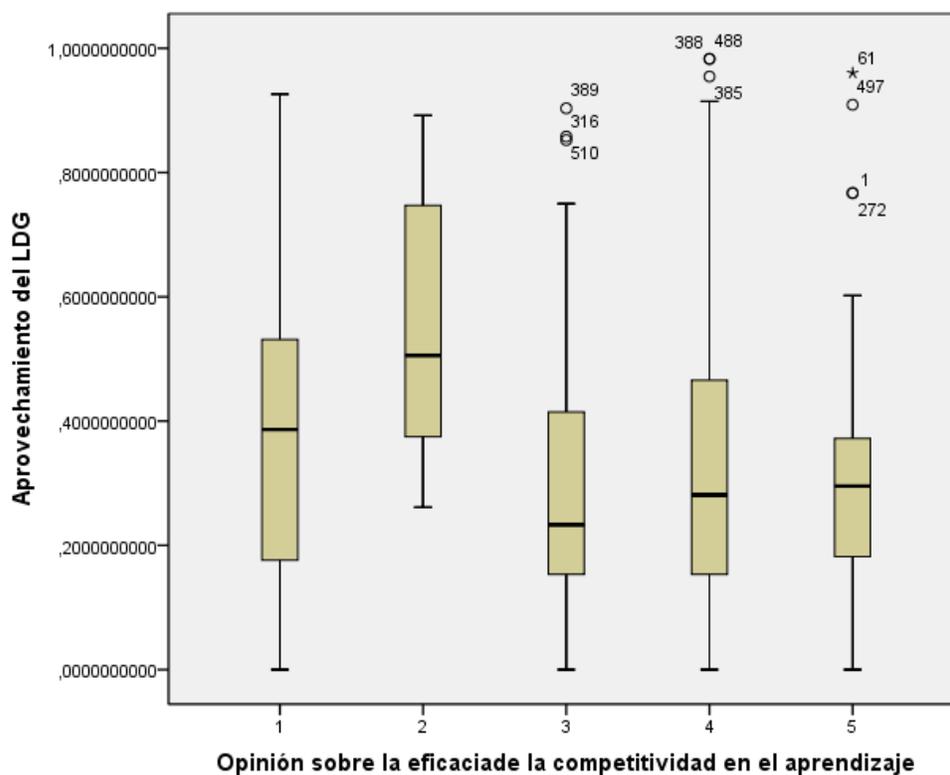


Figura 5.27. Aprovechamiento del LDG entre los grupos de alumnos con distintas opiniones sobre la eficacia de la competitividad en el aprendizaje.

5.4.2.1.4.2 *¿Hay diferencias en el Aprovechamiento del LDG según cual sea la competitividad declarada por el alumnado?*

No existen diferencias significativas entre los tres grupos de alumnos definidos por la pregunta 4 con respecto a la variable “Aprovechamiento del LDG” (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=1,081$; 2 g.l.; $p=0,582$). Por tanto, la competitividad declarada del alumnado no implica un mayor grado de aprovechamiento del LDG.

Tampoco existen diferencias significativas si comparamos los alumnos que han manifestado que les gusta competir, ya sea con su nombre o con un pseudónimo, y aquellos que declaran que no les gusta (*test* de U de Mann-Whitney: $U=4530$; 202 g.l.; $p=0,379$).

5.4.2.1.5 Competitividad y tipo de uso del LDG

5.4.2.1.5.1 ¿Hay diferencias en la creencia de que la competitividad influye en el aprendizaje según el Tipo de uso hecho del LDG?

Existen diferencias estadísticamente significativas entre el alumnado con distintas opiniones sobre la eficacia de competir para el aprendizaje y el tipo de uso que se ha hecho del LDG (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=23,838$; 2 g.l.; $p=0,000$). Paradójicamente, estas diferencias se deben a que los alumnos de aquellos centros que han participado en liga son más escépticos a la hora de afirmar que la competición contra otros compañeros les ha ayudado a aprender más, como se muestra en los correspondientes contrastes *post-hoc* (tabla 5.13. y figura 5.28.).

A pesar de eso, el 43% de los alumnos que han participado en liga creen que competir les ha ayudado bastante o mucho a la hora de aprender (figura 5.29), frente al 66% de los que han hecho un uso doméstico del LDG (figura 5.30.) o el 64% de los que han hecho un uso del LDG en el aula (figura 5.31.).

Tabla 5.13. Pruebas *post-hoc* de comparación de la creencia de que la competitividad influye en el aprendizaje en función de los tipos de usos que se ha hecho del LDG tomados dos a dos. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

	Recurso fuera del aula	Recurso dentro del aula	Creación de liga (competición)
Recurso fuera del aula		U=1128,000 120 g.l. p= 0,112	U=911,500 110 g.l. p= 0,028*
Recurso dentro del aula			U=2554,000 172 g.l. p= 0,000**

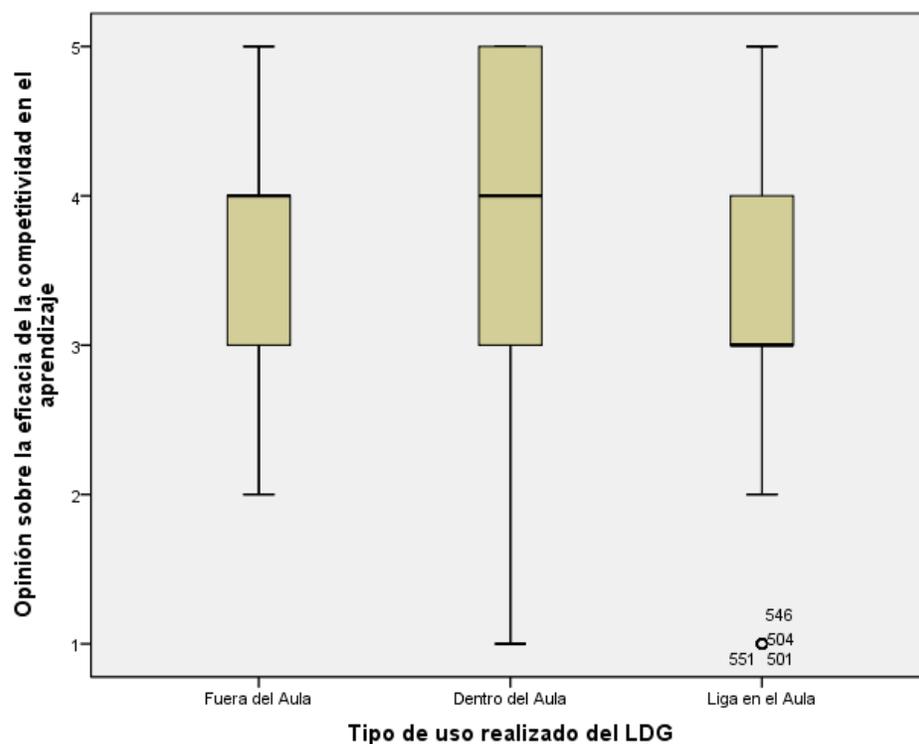


Figura 5.28. Creencia de los alumnos sobre la importancia de competir para el aprendizaje entre alumnos que han hecho distintos usos del LDG.

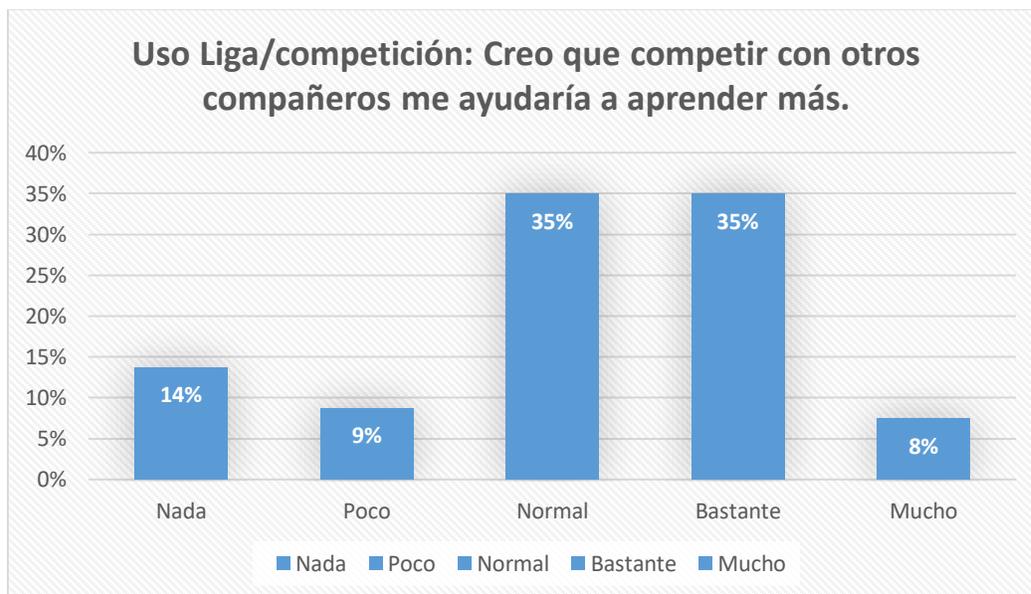


Figura 5.29. Creencia sobre la importancia que ha tenido competir en el aprendizaje, expresada en porcentaje, de los alumnos que han participado en una liga.

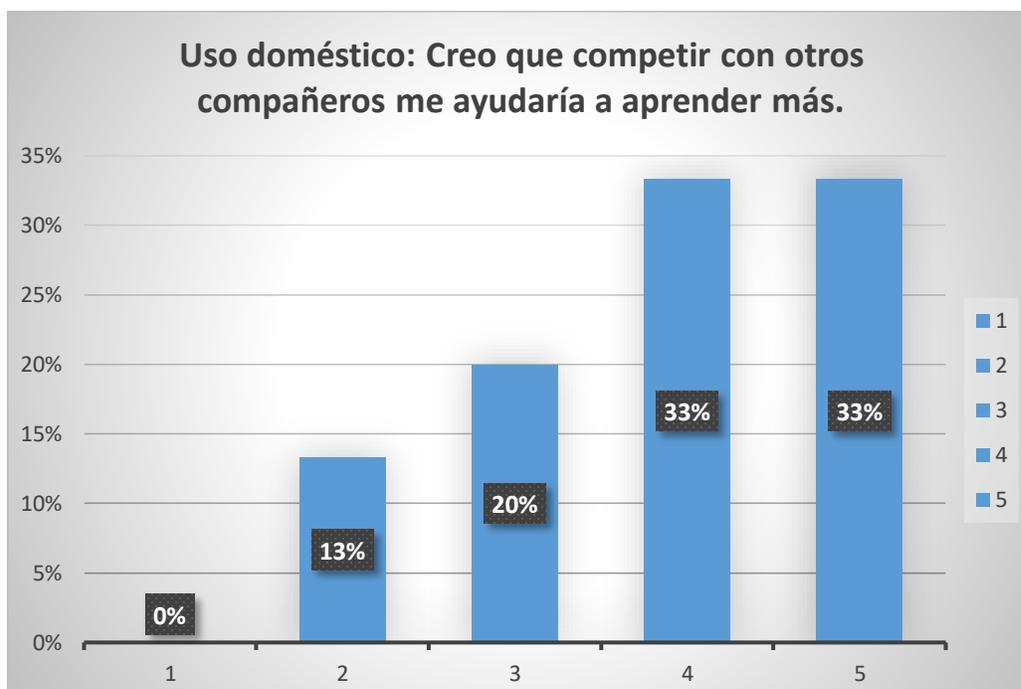


Figura 5.30. Creencia sobre la importancia que ha tenido competir en el aprendizaje, expresada en porcentaje, de los alumnos que han realizado un uso doméstico del LDG.



Figura 5.31. Creencia sobre la importancia que ha tenido competir en el aprendizaje, expresada en porcentaje, de los alumnos que han realizado un uso doméstico del LDG.

5.4.2.1.6 *Competitividad y Rendimiento académico de Química*

5.4.2.1.6.1 *¿Existe una asociación entre la creencia de que competir influye en el aprendizaje y el Rendimiento académico de Química?*

Dado que la escuela americana mostró tener un Rendimiento académico de Química muy superior al del resto de escuelas, en este caso se ha optado por realizar dos análisis separados: uno para la escuela americana y otro para las 9 escuelas españolas restantes.

En ninguno de ambos análisis existe una correlación estadísticamente significativa entre la creencia de que la competitividad ayuda al aprendizaje y el Rendimiento en la asignatura de Química (Escuela Americana: $r_s = 0,201$; $N = 30$; $p = 0,287$; figura 5.32.; Escuelas Españolas: $r_s = 0,040$; $N = 174$; $p = 0,602$; figura 5.33.).

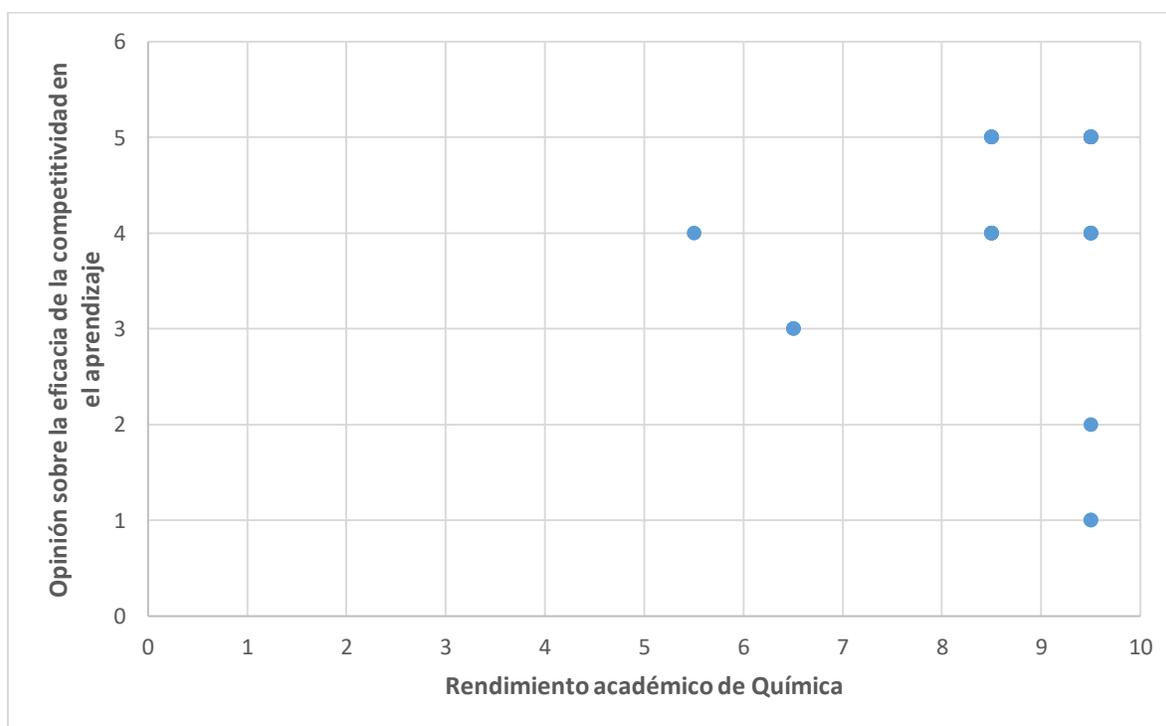


Figura 5.32. Creencia de que la competitividad influye en el aprendizaje y rendimiento en la asignatura de química en la escuela americana.

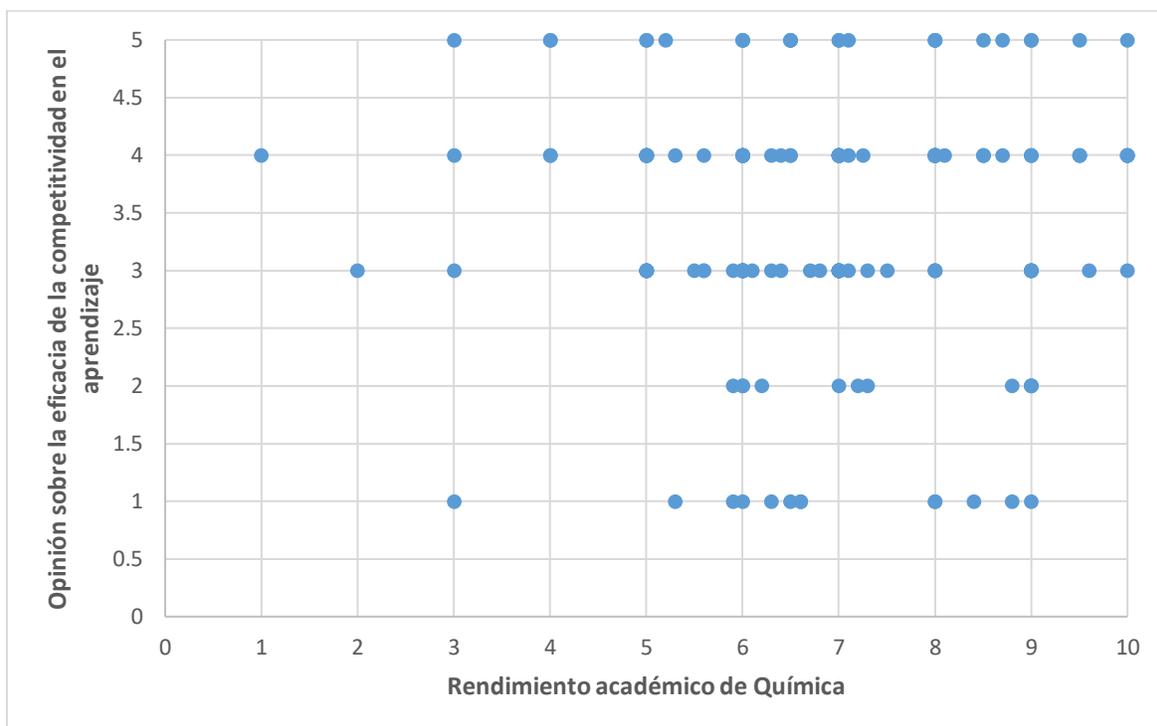


Figura 5.33. Creencia de que la competitividad influye en el aprendizaje y rendimiento en la asignatura de química en los centros españoles.

Sin embargo, sí existen diferencias significativas en la escuela americana con respecto al rendimiento académico de Química entre los distintos grupos de alumnos en función de sus opiniones sobre la eficacia de la competición en el aprendizaje (Escuela Americana: *test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=9,575$; 4 g.l.; $p=0,048$).

Efectuando las correspondientes comparaciones *post-hoc* (tabla 5.14.), se aprecia que únicamente se diferencian en el rendimiento académico los alumnos que opinan que competir tiene una influencia normal cuando se comparan con los que opinan que competir tiene bastante influencia en el aprendizaje, siendo los primeros los que obtienen rendimientos académicos significativamente más bajos (figura 5.34.). Se aprecia claramente que las calificaciones de la escuela americana están muy por encima del resto de centros españoles. Este hecho ha condicionado el presente análisis, que ha tenido que, de forma puntual, diferenciar entre la escuela americana y los centros españoles.

Tabla 5.14. Pruebas *post-hoc* de comparación en la escuela americana del Rendimiento académico de química entre los alumnos en función de sus opiniones de la eficacia de la competición en el aprendizaje, tomadas dos a dos. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Opiniones comparadas	U	p	g.l.
1 – 2	1,00	1,00	1
1 – 3	0,000	0,083	2
1 – 4	4,000	0,151	10
1 – 5	10,000	0,346	15
2 – 3	0,000	0,157	1
2 – 4	2,000	0,294	9
2 – 5	5,000	0,500	14
3 – 4	5,000	0,069	10
3 – 5	0,000	0,011*	15
4 – 5	52,500	0,153	23

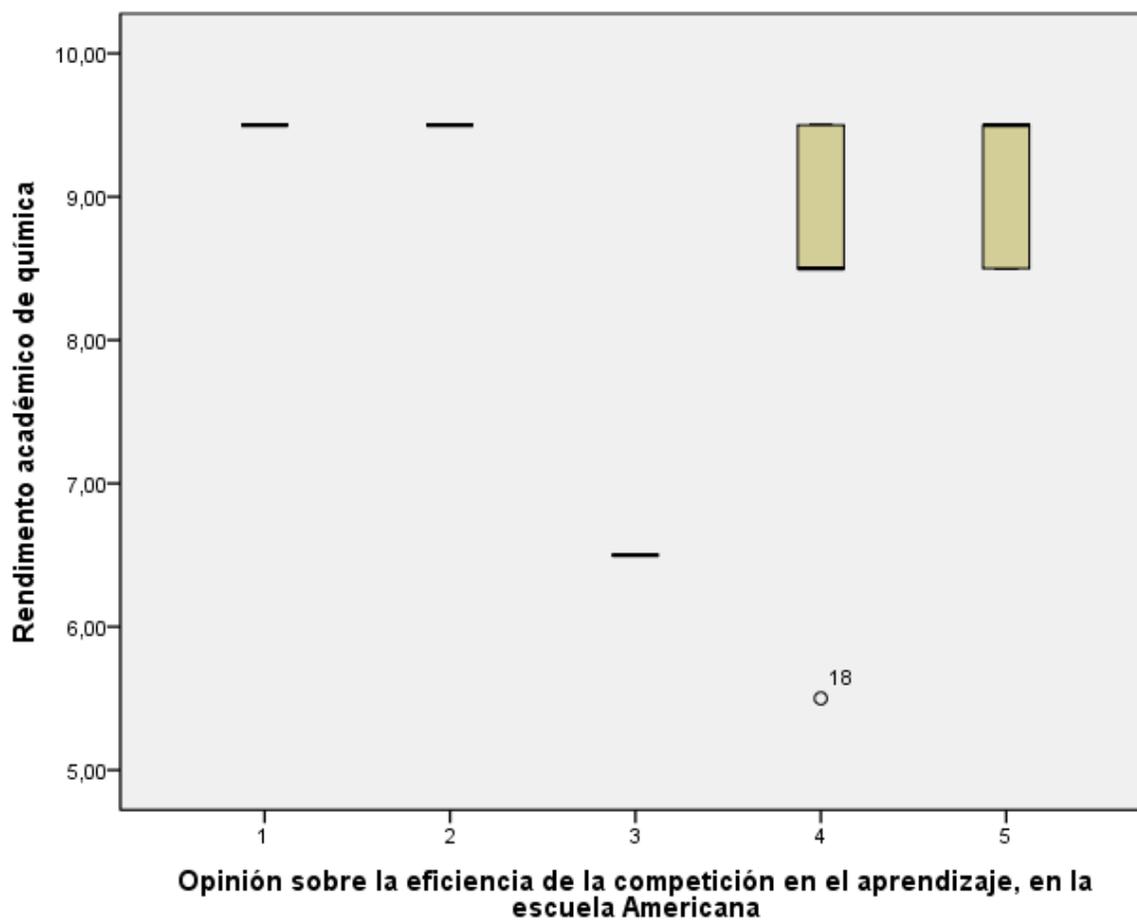


Figura 5.34. Rendimiento académico en química según la importancia atribuida a la competición en el aprendizaje en la Escuela americana

En el caso de los centros españoles, no se observan diferencias significativas en el rendimiento académico de Química entre los distintos grupos de alumnos en función de sus opiniones sobre la eficacia de la competición en el aprendizaje (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=3,861$; 4 g.l.; $p=0,425$, figura 5.35.).

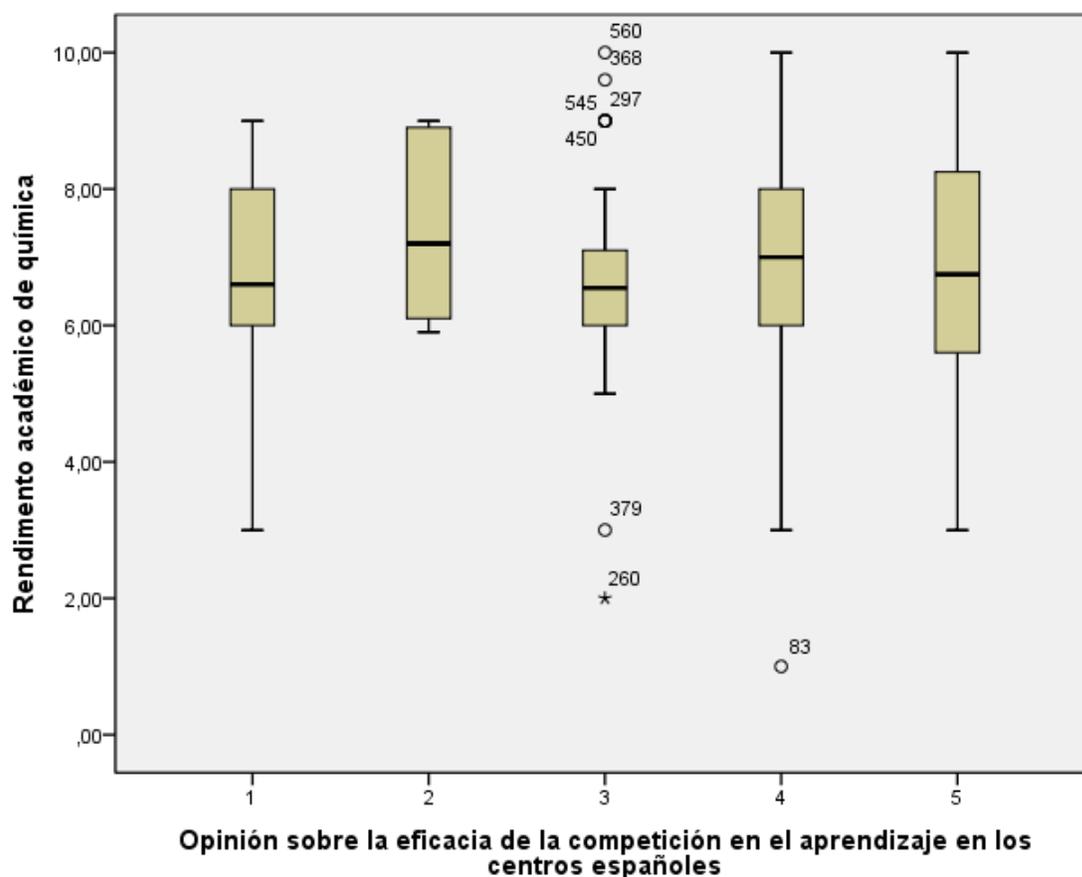


Figura 5.35. Rendimiento académico en química según la importancia atribuida a la competición en el aprendizaje en los centros españoles.

Con la finalidad de averiguar si existían diferencias significativas en el Rendimiento de química entre los alumnos que se declaran competitivos y los que no, se ha efectuado una prueba U de Mann-Whitney. Los resultados obtenidos muestran que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los alumnos más o menos competitivos ni en la escuela americana (*test* de U de Mann-Whitney: $U=94,5$; 28 g.l.; $p=0,449$, figura 5.36.), ni en los centros españoles (*test* de U de Mann-Whitney: $U=3346,5$, 172 g.l., $p=0,586$, figura 5.37.).

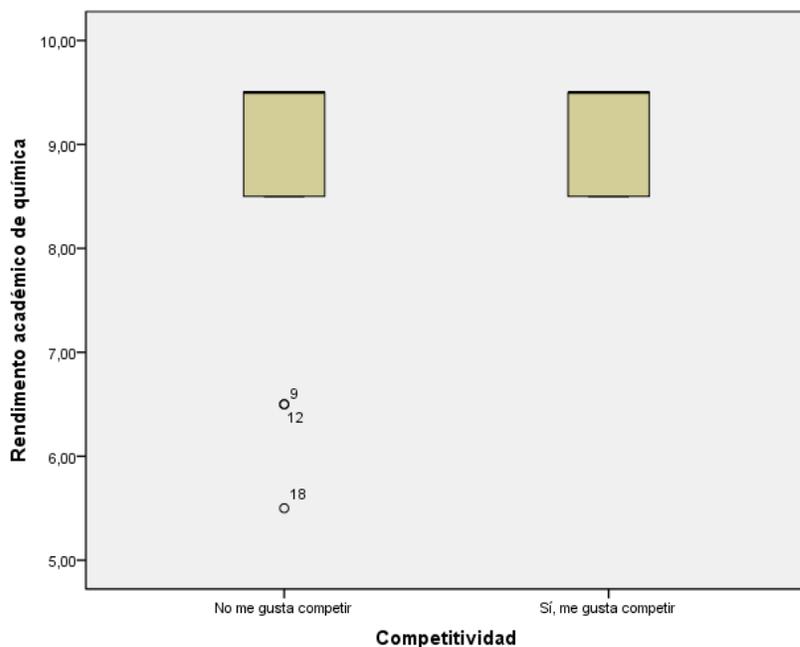


Figura 5.36. Rendimiento académico en química entre los alumnos de la escuela americana que se declaran competitivos y los que se declaran no competitivos.

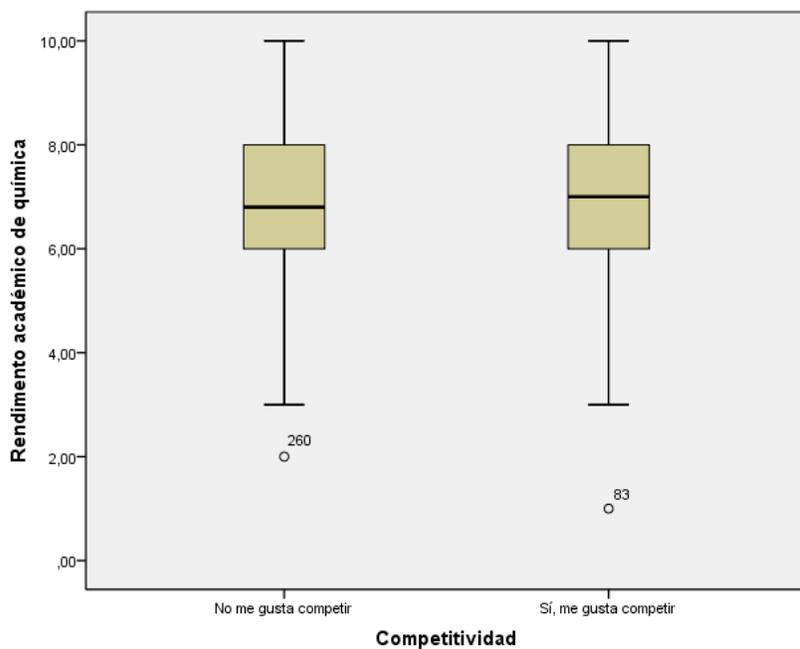


Figura 5.37. Rendimiento académico en química entre los alumnos de centros españoles que se declaran competitivos y los que se declaran no competitivos.

5.4.2.1.6.2 *¿Son los alumnos con mayores rendimientos académicos los que más firmemente creen que competir influye en el aprendizaje?*

Tampoco existen diferencias significativas entre los alumnos de los distintos cuartiles de rendimiento académico de química en cuanto a sus opiniones sobre la eficacia de la competición en el aprendizaje (Escuela americana: *test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=4,525$; 2 g.l.; $p=0,104$; figura 5.38.; Centros españoles: *test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=4,238$; 3 g.l.; $p=0,237$; figura 5.39.).

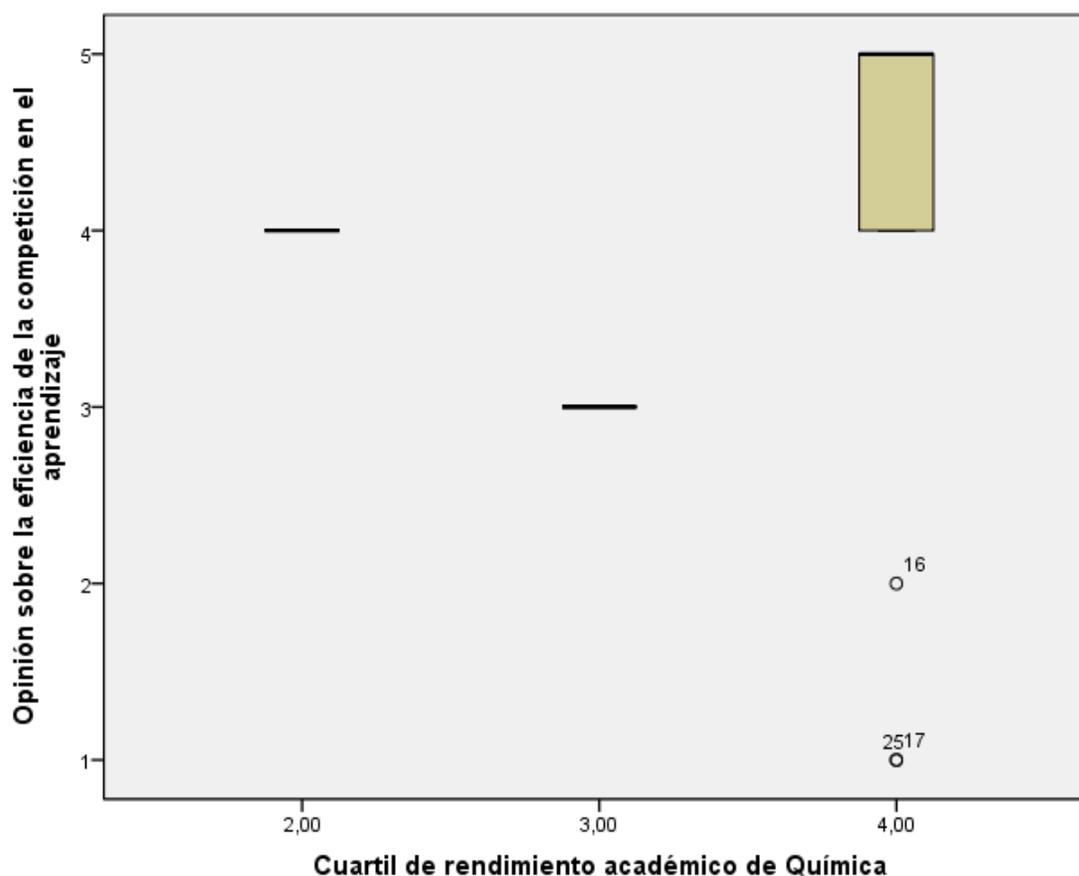


Figura 5.38. Opinión sobre la influencia de la competición en el aprendizaje entre los cuartiles de rendimiento académico de química en la escuela americana.

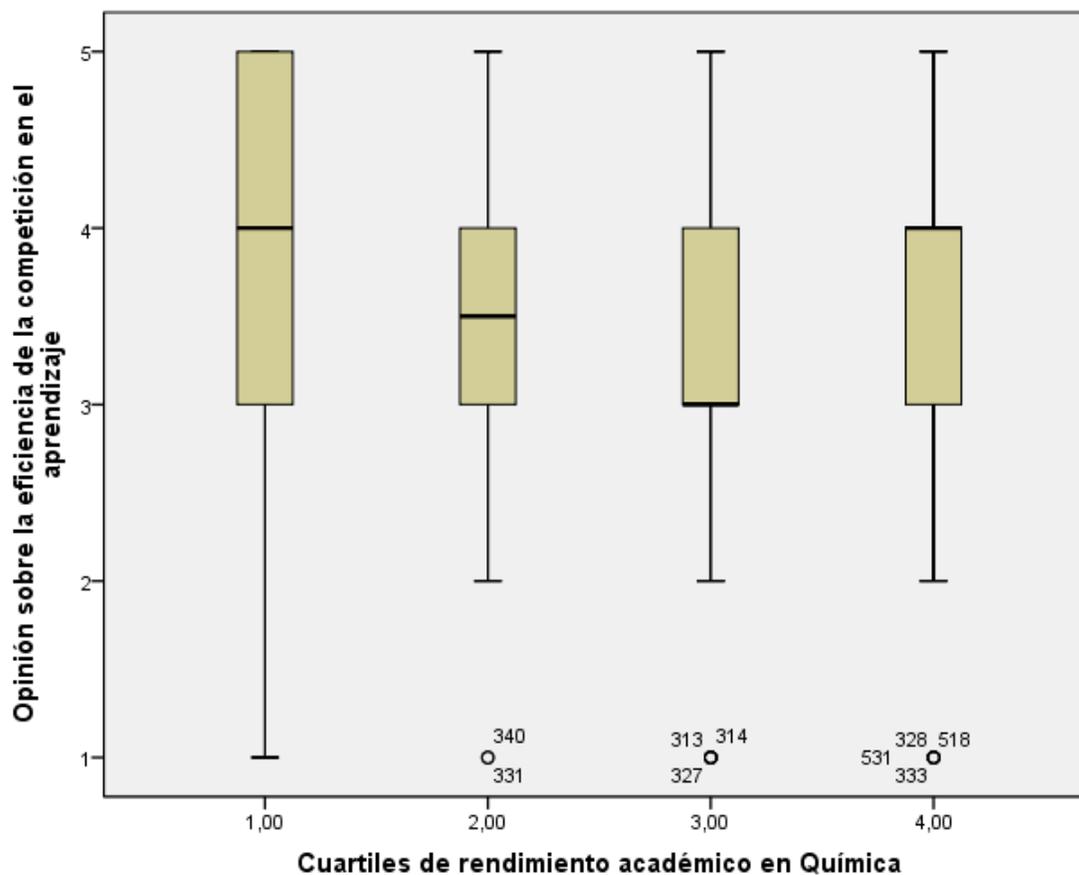


Figura 5.39. Opinión sobre la influencia de la competición en el aprendizaje entre los cuartiles de rendimiento académico de química en los centros españoles.

5.4.2.1.6.3 ¿Son los alumnos con mayores rendimientos académicos, los más competitivos?

En este caso, tampoco existen diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento académico de química entre los alumnos más competitivos y los menos competitivos (Escuela americana: *test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=4,214$; 2 g.l.; $p=0,122$ y Centros españoles: *test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=1,324$; 3 g.l.; $p=0,724$).

5.4.2.1.6.4 *¿Hay diferencias en la opinión de los alumnos a cerca de la influencia de la competición en el aprendizaje según el Rendimiento Académico de Química y el tipo de uso del LDG que se haga?*

Dado que en la escuela americana no hubo distintos tipos de uso del LDG, para este análisis únicamente se tuvieron en cuenta los centros españoles, entre los cuales sí hubo diversidad de tipos de uso del LDG.

Los resultados obtenidos muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los cuartiles de rendimiento académico de química cuando opinan sobre la eficacia de la competición en el aprendizaje en ninguno de los tres tipos de uso del LDG (Recurso fuera del aula: *test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=2,689$; 3 g.l.; $p=0,442$; Recurso en el aula: *test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=3,350$; 3 g.l.; $p=0,341$; Creación de liga: *test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=6,229$; 3 g.l.; $p=0,101$).

5.4.2.1.6.5 *¿Hay diferencias en la competitividad del alumnado para cada Tipo de uso del LDG según el Rendimiento Académico de Química?*

Por la misma razón argumentada anteriormente, únicamente se ha podido realizar el análisis para los nueve centros españoles.

Los resultados muestran que que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los cuartiles de rendimiento académico de química cuando los alumnos se declaran más competitivos o menos competitivos al segmentar la muestra por el tipo de uso del LDG (Recurso fuera del aula: *test* de Kruskal-Wallis $\chi^2=2,149$; 3 g.l.; $p=0,542$; Recurso en el aula: *test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=4,109$; 3 g.l.; $p=0,250$; Creación de liga: *test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=3,430$; 3 g.l.; $p=0,330$).

5.4.2.1.7 Competitividad y nacionalidad

5.4.2.1.7.1 ¿Existen diferencias en la creencia de los alumnos de que la competitividad mejora el aprendizaje entre los alumnos de los centros españoles con respecto a los de los Estados Unidos?

Considerando que en el centro americano se ha hecho un uso del LDG como recurso en el aula, se ha efectuado una comparación con los alumnos españoles que han también han hecho un uso dentro del aula. Los resultados obtenidos muestran que existen diferencias estadísticamente significativas en la opinión que cada grupo tiene sobre la importancia de la competición a la hora de aprender (*test* de U de Mann-Whitney: $U=390,5$, 359 g.l., $p=0,015$), siendo los alumnos americanos, los que opinan que competir ayuda más a aprender (figura 5.40). Por tanto, esta creencia está fuertemente condicionada por factores culturales, muy diferentes en ambos países.

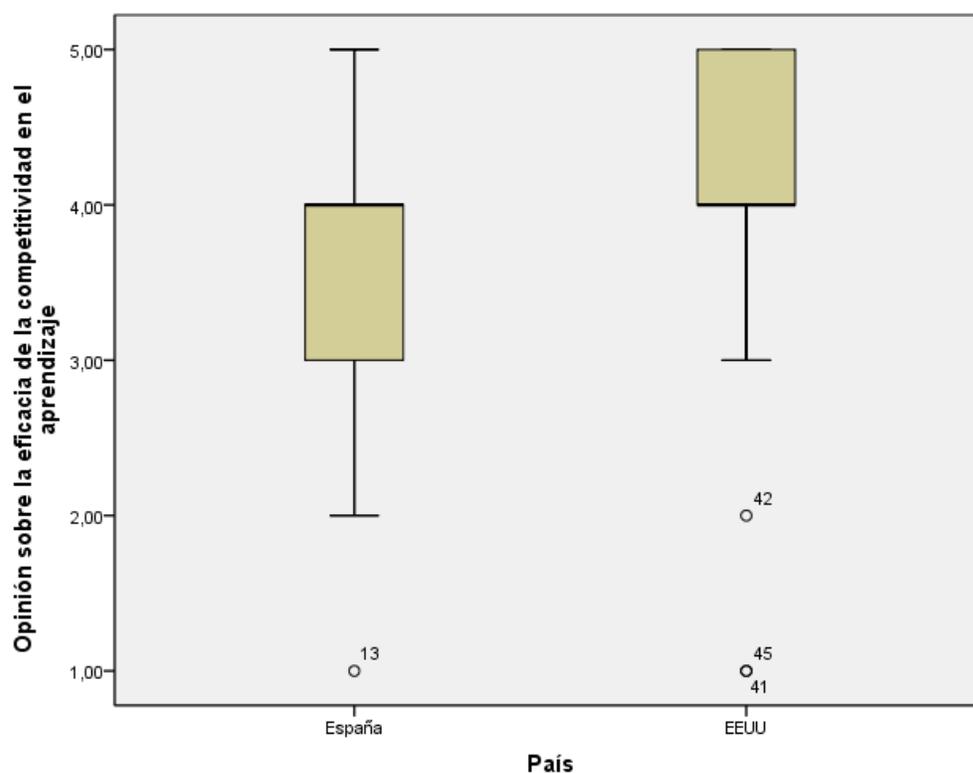


Figura 5.40. Opinión sobre la eficacia de competir en el aprendizaje declarada por los alumnos de los distintos países que han hecho el mismo tipo de uso del LDG (recurso en el aula).

5.4.2.1.7.2 *¿Existen diferencias en la competitividad entre los alumnos de los centros españoles y el estadounidense?*

Sin embargo, no existe asociación entre la competitividad declarada por el alumnado de la escuela norteamericana y la del alumnado de las escuelas españolas (*test* de U de Mann-Whitney: $U=2425$; 202 g.l.; $p= 0,504$).

5.4.2.1.8 *Síntesis de los resultados obtenidos*

- Declararse más o menos competitivo y creer en mayor o menor medida en la competitividad como factor de aprendizaje, no están relacionados con ser un estudiante del primer o del cuarto cuartil de Rendimiento académico global. Por tanto, estas variables no predeterminan el rendimiento académico global del alumno.
- Los chicos tienden a creer más que las chicas, que la competitividad influye en el aprendizaje, también tenemos constancia que existen diferencias marginalmente significativas en el nivel de competitividad declarada entre ambos géneros.
- La competitividad declarada no implica un mayor aprovechamiento del LDG.
- Los alumnos de los centros que han participado en ligas son más escépticos que los que han hecho otro tipo de uso del LDG a la hora de afirmar que la competición contra otros compañeros les ha ayudado a aprender más.
- No existe una relación estadísticamente significativa entre la competitividad y el Rendimiento académico de química.
- Aunque no existen diferencias en el nivel de competitividad declarado entre los centros españoles y el centro estadounidense, los alumnos de este último, creen más firmemente que competir ha influido en mayor medida en el aprendizaje de la asignatura.

5.4.2.2 Rendimiento académico global del alumno

5.4.2.2.1 ¿Está el Aprovechamiento del LDG asociado al Rendimiento académico global?

Existe una correlación positiva entre el Aprovechamiento del LDG y el Rendimiento académico global; ($r= 0,260$; $N=434$; $p= 0,000$; figura 5.41.), aunque el porcentaje de la varianza explicada para esta asociación es baja, concretamente del 6,76%. Por tanto, los alumnos que más lejos han llegado dentro del LDG son los que presentan un rendimiento académico global más alto.

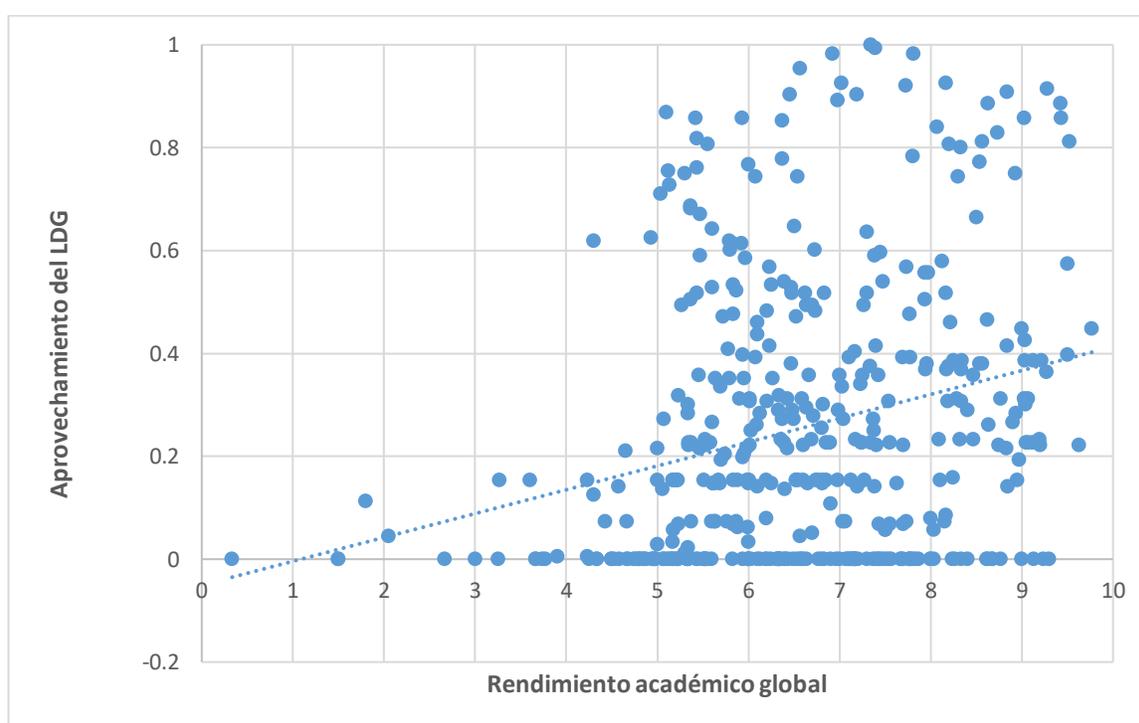


Figura 5.41. Correlación entre el Aprovechamiento del LDG y el rendimiento académico global del alumno.

5.4.2.2.2 ¿Está asociado al Rendimiento académico global con el Uso del LDG?

También existe una correlación positiva entre el Uso del LDG y el Rendimiento académico global; ($r= 0,234$; $N=434$; $p= 0,000$; figura 5.42.). Ello implica que los alumnos con un rendimiento académico global más alto utilizan más el LDG que los que tienen un rendimiento académico global menor. Sin embargo, debe tenerse presente que esta asociación explica únicamente el 5,47% de la varianza de los datos.

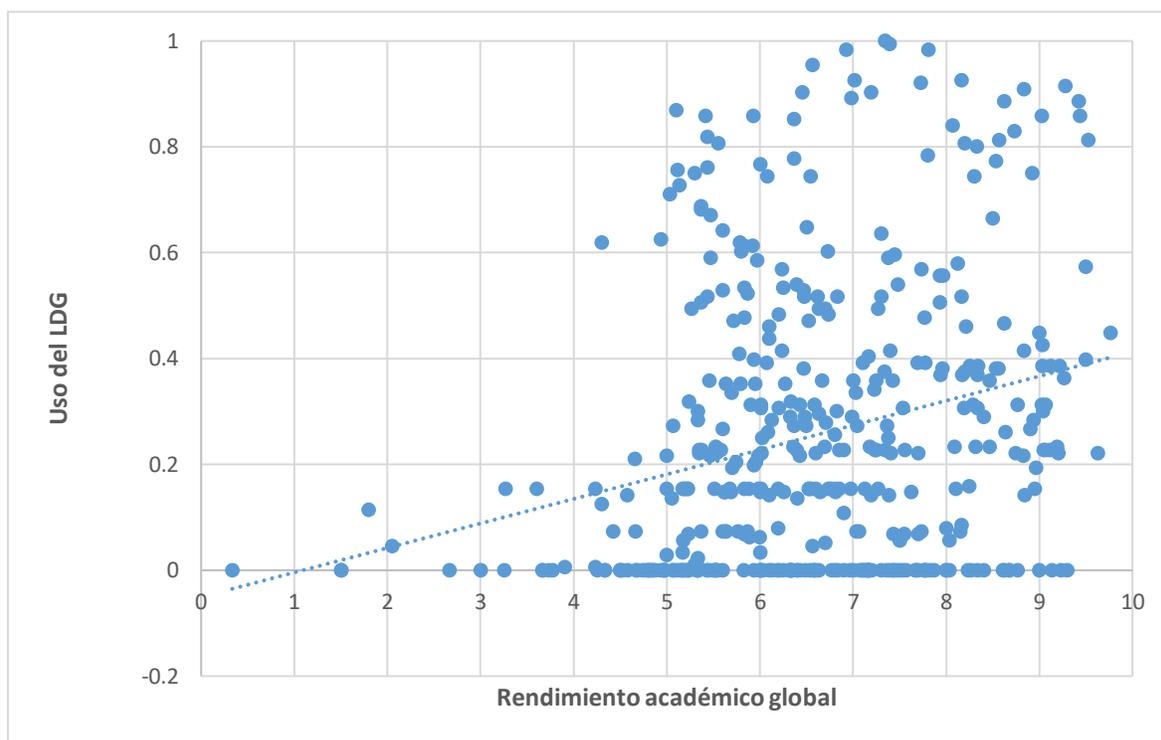


Figura 5.42. Correlación entre el Uso del LDG y el rendimiento académico global del alumno.

5.4.2.2.3 *¿Son los alumnos de mayor rendimiento académico los que hacen un mayor uso del LDG?*

Por otra parte, existen diferencias significativas en el uso que se ha hecho del LDG entre los alumnos en función del cuartil de rendimiento académico global al que pertenecen (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=36,167$; 3 g.l.; $p=0,000$). Efectuando los correspondientes análisis *post-hoc* de comparación por cuartiles dos a dos, se aprecia que los alumnos de cuartil de rendimiento académico global menor se diferencian significativamente del resto de los grupos, haciendo un uso del LDH significativamente menor. Los alumnos del cuartil 2 no se diferencian de los de los cuartiles 3 y 4, aunque sí existen diferencias significativas entre el uso que hacen los alumnos del cuartil 3 y los del cuartil 4. Claramente los alumnos de mayor rendimiento académico global han hecho un uso más intensivo del LDG. Los alumnos del cuartil 2 también han hecho un uso elevado del LDG, casi al mismo nivel que los alumnos de rendimiento académico global mayor (tabla 5.15., figura 5.43.).

Tabla 5.15. Pruebas *post-hoc* de comparación del uso realizado del LDG entre los distintos cuartiles de rendimiento académico global (QRAG). *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

	QRAG 1	QRAG 2	QRAG 3	QRAG 4
QRAG 1		U=3545 p= 0,000**	U=4169 p= 0,000**	U=4880 p= 0,000**
QRAG 2			U=4971,500 p= 0,077	U=5456 p= 0,480
QRAG 3				U=4759,5 p= 0,020*

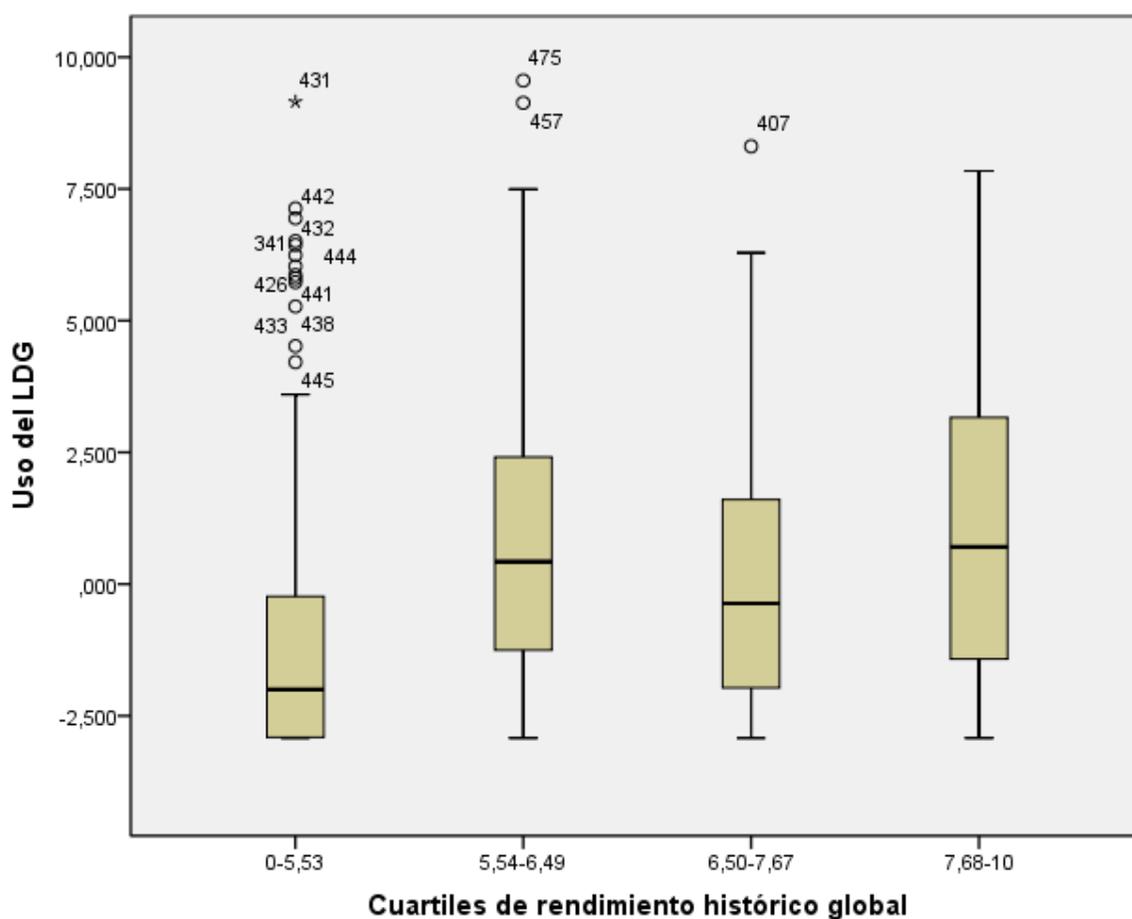


Figura 5.43. Uso del LDG de los alumnos de distintos cuartiles de rendimiento académico global.

5.4.2.2.4 *¿Son los alumnos de mayor rendimiento académico los que más aprovechan el LDG?*

También se ha observado que existen diferencias significativas en el Aprovechamiento del LDG entre los alumnos de los diferentes cuartiles de rendimiento académico global (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=34,655$; 3 g.l.; $p=0,000$). Efectuando los análisis *post-hoc* de comparación de los cuartiles tomados dos a dos, se aprecia que los alumnos de cuartil de rendimiento académico global menor se diferencian significativamente del resto de los grupos al mostrar un menor aprovechamiento del LDG, con una mediana de aprovechamiento del 0%. Los alumnos del cuartil 2 no se diferencian de los del tercero, aunque sí existe una diferencia marginalmente significativa con los del cuarto cuartil. Por último, sí existe una diferencia significativa entre los alumnos de los cuartiles de rendimiento académico global 3 y 4 (tabla 5.16). Contrariamente, los que más han aprovechado el LDG son los alumnos históricamente con mayores rendimientos académicos, con una mediana de aprovechamiento del LDG del 31,2%. Los alumnos pertenecientes al 2º cuartil presentan un porcentaje de aprovechamiento del 21,6%, mayor del 15,35% de aprovechamiento presentado por los alumnos del 3º cuartil de rendimiento académico global (figura 5.44.).

Tabla 5.16. Resultado de las pruebas *post-hoc* en la comparación del aprovechamiento del LDG entre los distintos cuartiles de rendimiento académico global (QRAG). *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

	QRAG 1	QRAG 2	QRAG 3	QRAG 4
QRAG 1		U=3901 p= 0,000**	U=4356,5 p= 0,001**	U=3385 p= 0,000**
QRAG 2			U=5347,500 p= 0,341	U=4897 p= 0,052
QRAG 3				U=4601,5 p= 0,007**

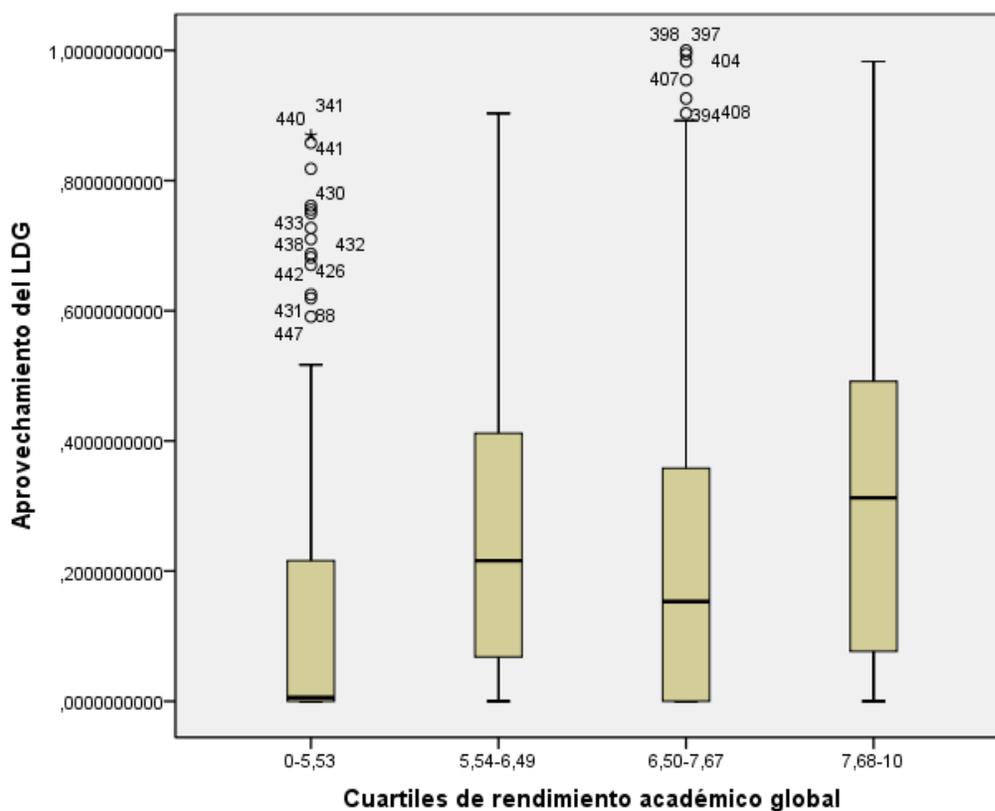


Figura 5.44. Aprovechamiento del LDG de los alumnos de distintos cuartiles de rendimiento académico global.

5.4.2.2.5 *¿Son los alumnos con mayores rendimientos académicos los que dedican más tiempo a la teoría?*

Existen diferencias significativas en el tiempo total dedicado a teoría entre los alumnos en función del cuartil de rendimiento académico global al que pertenecen (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=39,510$; 3 g.l.; $p=0,000$). Al realizar el análisis *post-boc*, se observa que el tiempo total dedicado a la teoría de los alumnos del cuartil 1 de rendimiento académico global es significativamente más bajo que el del resto de los cuartiles. Se evidencia que los alumnos que pertenecen al cuartil más bajo de rendimiento global son los que le dedican menos tiempo a la teoría (mediana=231 s); en el extremo opuesto, los de cuartil de rendimiento más alto le dedican a la teoría 1837 s de mediana. Los cuartiles intermedios no se diferencian significativamente en el tiempo que dedican a la teoría, siendo de 1126 s de mediana para los del cuartil 2 y de 751,5 s para los del cuartil 3 de rendimiento académico global (tabla 5.17. y figura 5.45.).

En coherencia con lo hallado anteriormente, al analizar la composición del tipo de alumnado que más y menos tiempo dedican a la teoría, se aprecia que los alumnos de los cuartiles de rendimiento académico global más elevados son los que mayor tiempo dedican a la teoría que proporciona el LDG. Y, al contrario, los alumnos que menos tiempo le dedican a los contenidos teóricos de *Top Chemist* son aquellos alumnos de más bajo rendimiento académico global (figuras 5.46. y 5.47.).

Tabla 5.17. Resultado de las pruebas de U de Mann-Whitney en la comparación del tiempo total dedicado a teoría, entre alumnos de cuartiles de distinto rendimiento académico global. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Cuartiles comparados	U de Mann-Whitney	p	g.l.
1 – 2	3721,5	0,000**	213
1 – 3	4555,5	0.005**	214
1 – 4	3208,5	0,000**	214
2 – 3	4984,5	0,081	213
2 – 4	4997	0,087	213
3 – 4	4253,5	0,001**	215

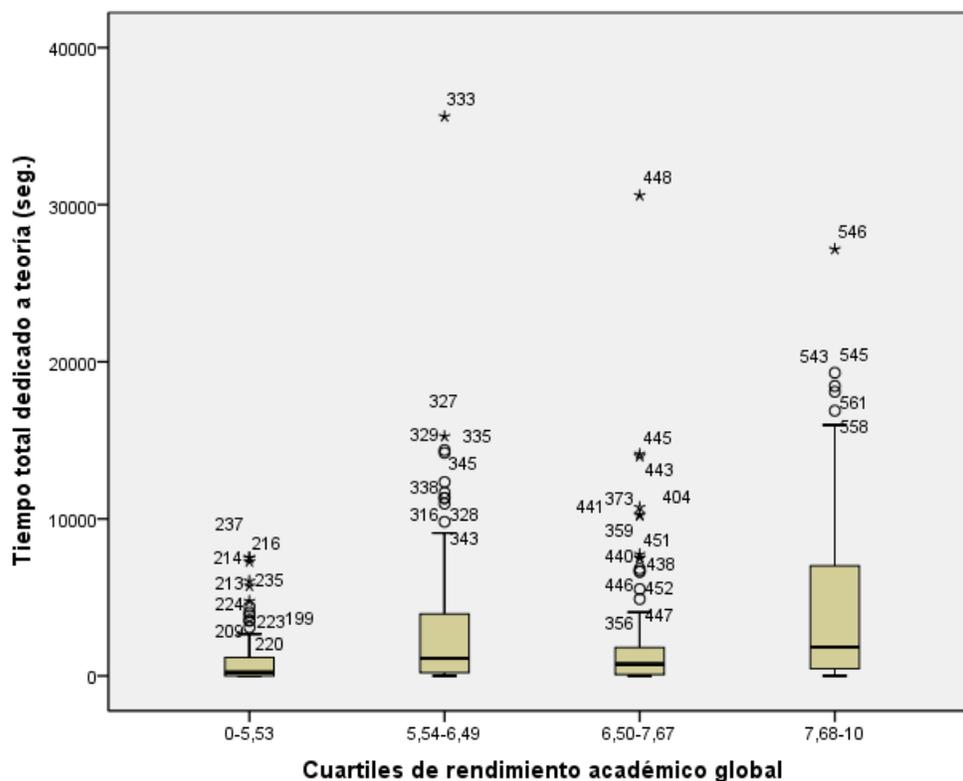


Figura 5.45. Tiempo total dedicado a teoría según cuartil de rendimiento académico global.

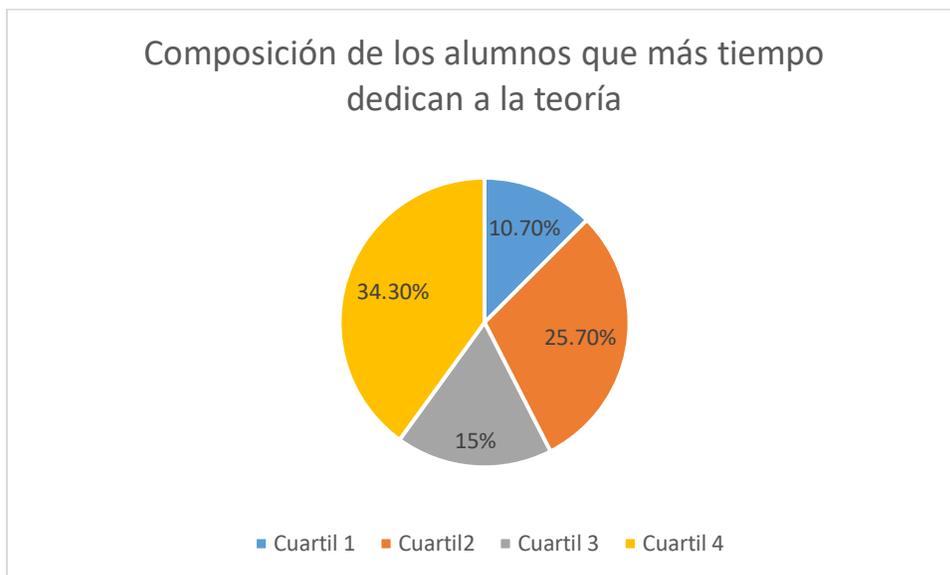


Figura 5.46. Composición del tipo de alumnado que más tiempo dedica a la teoría, en función del cuartil de rendimiento académico global al que pertenecen.

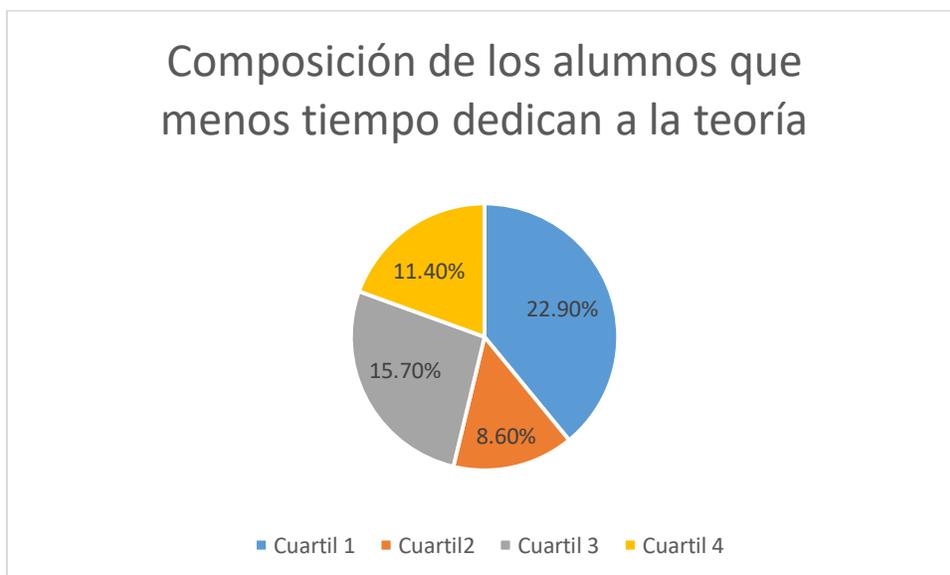


Figura 5.47. Composición del tipo de alumnado que menos tiempo dedican a la teoría, en función del cuartil de rendimiento académico global al que pertenecen.

Si se clasifica al alumnado en dos tipos (los que están por encima o por debajo de la mediana de tiempo total dedicado a los contenidos teóricos) y se analiza su relación con el cuartil de

rendimiento académico global al que pertenece, se vuelve a confirmar que existe una asociación estadísticamente significativa entre estas dos variables ($\chi^2= 24,850$; 3 g.l.; $p= 0,000$). Por lo tanto, se observan diferencias significativas en términos proporcionales según el tiempo que se haya invertido a la teoría. Los alumnos de mayor rendimiento académico global dedican más tiempo a los contenidos teóricos ofrecidos por el LDG. Y, por su parte, los alumnos que menos tiempo dedican a la teoría resultan pertenecer a los cuartiles de rendimiento académico global más bajos (tabla 5.18).

Tabla 5.18. Frecuencia absoluta y porcentaje entre los alumnos que menos y que más tiempo dedican a la teoría en función del cuartil de rendimiento académico global al que pertenecen.

Cuartil de rendimiento académico global	Menor tiempo dedicado a los contenidos teóricos	Mayor tiempo dedicado a los contenidos teóricos
1	71 (35%)	37 (16,2%)
2	44 (21,7%)	63 (27,6%)
3	52 (25,6%)	56 (24,6%)
4	36 (17,7%)	72 (31,6%)

5.4.2.2.6 *¿Son los alumnos con mayores rendimientos académicos los que dedican más tiempo a los juegos?*

Existen diferencias significativas en el tiempo dedicado a juegos entre los alumnos de distintos cuartiles de rendimiento académico global (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=24,748$; 3 g.l.; $p=0,000$). Al realizar los correspondientes análisis *post-hoc*, se aprecia que los alumnos que más tiempo dedican a jugar son los del cuartil 4 de rendimiento académico global, dedicando una mediana de 5521,5 segundos, seguidos de los del cuartil 2, con 4966 segundos. A más distancia se encuentran los alumnos del cuartil 3, que dedican una mediana de 3820 segundos. Por último, aparecen los alumnos pertenecientes al cuartil más bajo de rendimiento académico global, que son los que le dedican menos tiempo a jugar, con una mediana de tiempo de 1314 segundos (tabla 5.19. y figura 5.48.).

A diferencia de lo que ocurría con la teoría, el tiempo total dedicado a los juegos está más repartido entre los alumnos de los diversos cuartiles de rendimiento académico global. Pese a ello, son todavía los alumnos de más bajo rendimiento académico global los que menos tiempo dedican a utilizar los juegos del LDG (figuras 5.49. y 5.50.).

Tabla 5.19. Resultado de las pruebas de U de Mann-Whitney en la comparación del tiempo total dedicado a los juegos entre alumnos de cuartiles de distinto rendimiento académico global. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Cuartiles comparados	U de Mann-Whitney	p	g.l.
1 – 2	3743,5	0,000**	213
1 – 3	4628,5	0,008**	214
1 – 4	4041,5	0,000**	214
2 – 3	4842	0,040*	213
2 – 4	5562	0,635	213
3 – 4	5074	0,098	215

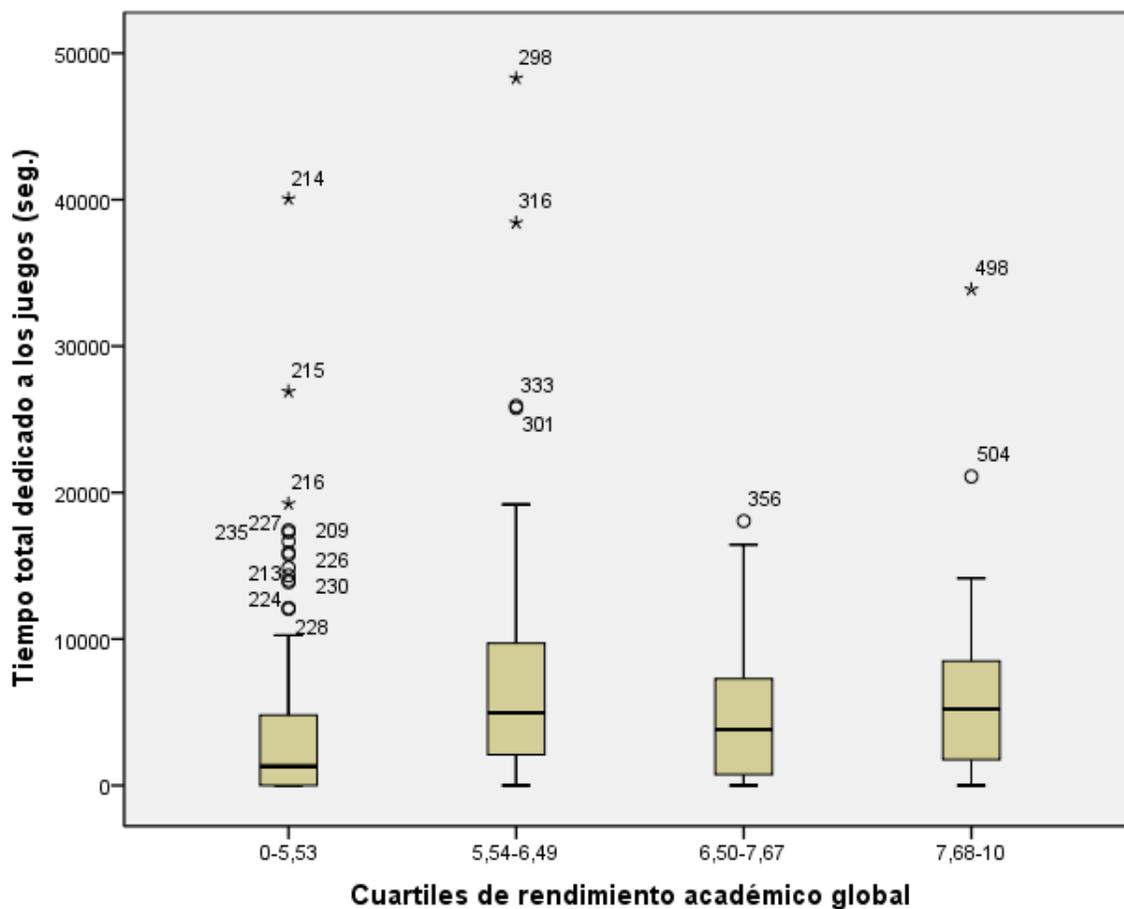


Figura 5.48. Tiempo total dedicado a jugar en cada cuartil de rendimiento académico global.

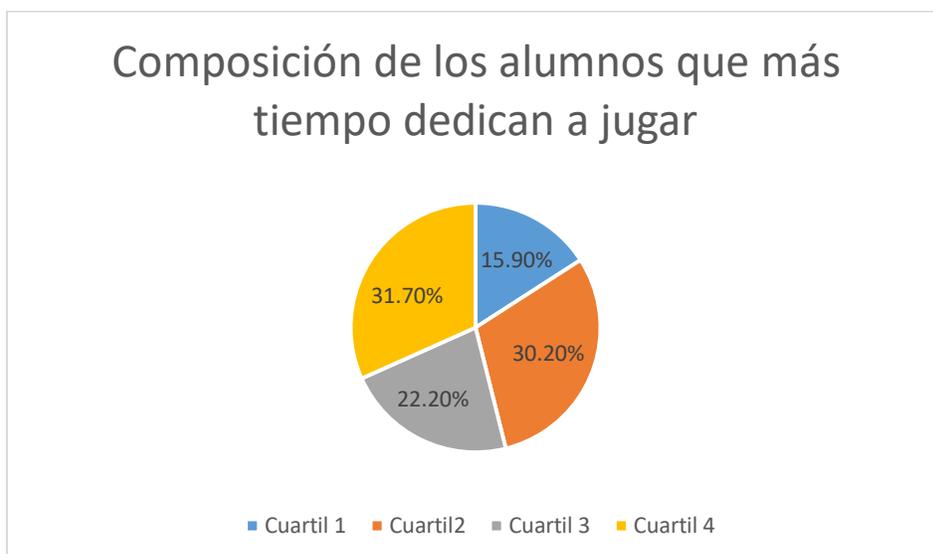


Figura 5.49. Composición del tipo de alumnado que más tiempo dedica a jugar en función del cuartil de rendimiento académico global al que pertenecen.

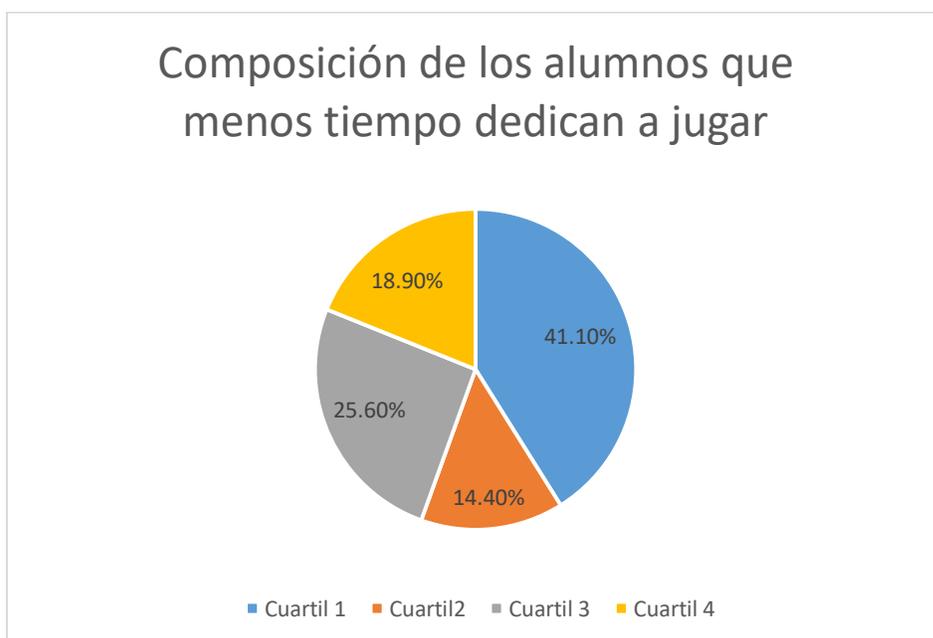


Figura 5.50. Composición del tipo de alumnado que menos tiempo dedica a jugar, en función del cuartil de rendimiento académico global al que pertenecen.

Si se clasifica al alumnado en dos tipos (los que están por encima o por debajo de la mediana de tiempo total dedicado a juegos) y se analiza su relación con el cuartil de rendimiento académico global al que pertenece, se vuelve a confirmar que existe una asociación estadísticamente

significativa entre estas dos variables ($\chi^2= 20,599$; 3 g.l.; $p= 0,000$). Por lo tanto, se observa que hay diferencias significativas en términos proporcionales según se haya hecho un uso más o menos intensivo de los juegos. Los alumnos de mayor rendimiento académico global dedican más tiempo a jugar, siendo los alumnos que menos juegan los que pertenecen a los cuartiles de rendimiento académico global más bajos (tabla 5.20).

Tabla 5.20. Frecuencia absoluta y porcentaje entre los alumnos que menos y que más tiempo dedican a los juegos en función del cuartil de rendimiento académico global al que pertenecen.

Cuartil de rendimiento académico global	Menor tiempo dedicado a los juegos	Mayor tiempo dedicado a los juegos
1	71 (34,6%)	37 (16,4%)
2	42 (20,5%)	65 (28,8%)
3	50 (24,4%)	58 (25,7%)
4	42 (20,5%)	66 (29,2%)

5.4.2.2.7 *¿Existe alguna asociación entre el Rendimiento académico global del alumno y el Tiempo efectivo dedicado al LDG?*

No existe una correlación significativamente diferente de cero entre la variable Tiempo efectivo dedicado al LDG y el Rendimiento académico global del alumno ($r= 0,07$; $N=511$; $p= 0,164$). Por tanto, no hay una asociación entre ambas variables.

5.4.2.2.8 *Síntesis de resultados*

- Los alumnos con un Rendimiento académico global más elevado son, de forma general, aquellos que aprovechan más el LDG y los que un mayor uso hacen del mismo.
- Por el contrario, los alumnos que menor uso hacen del LDG son, nuevamente, los que pertenecen al cuartil más bajo de Rendimiento académico global.
- En cuanto a Tiempo total dedicado a la teoría y a los juegos ofrecidos por el LDG son, de nuevo, los alumnos de mayor Rendimiento académico global los que más tiempo le dedican. Por su parte, los alumnos del cuartil 1 son los que menos tiempo dedican de todo.

- No existe una asociación estadísticamente significativa entre el Rendimiento académico global del alumno y la calidad del tiempo que dedica al LDG (Tiempo efectivo dedicado al LDG).

5.4.2.3 Género

5.4.2.3.1 ¿Existe alguna asociación entre el Género del alumno y el Rendimiento académico global?

Con la finalidad de determinar si el género del alumno podía constituir un factor de sesgo, se ha analizado si había algún tipo de asociación entre el rendimiento académico global del alumno y el género; para ello, se ha realizado una prueba de la Chi-cuadrado, que ha resultado ser altamente significativa ($\chi^2=21,59$; 3 g.l.; $p=7.929e-05$). Ello se debe a que, como se aprecia en la figura 5.51, las chicas tienden a concentrarse en los cuartiles superiores de rendimiento académico global y los chicos en los inferiores.

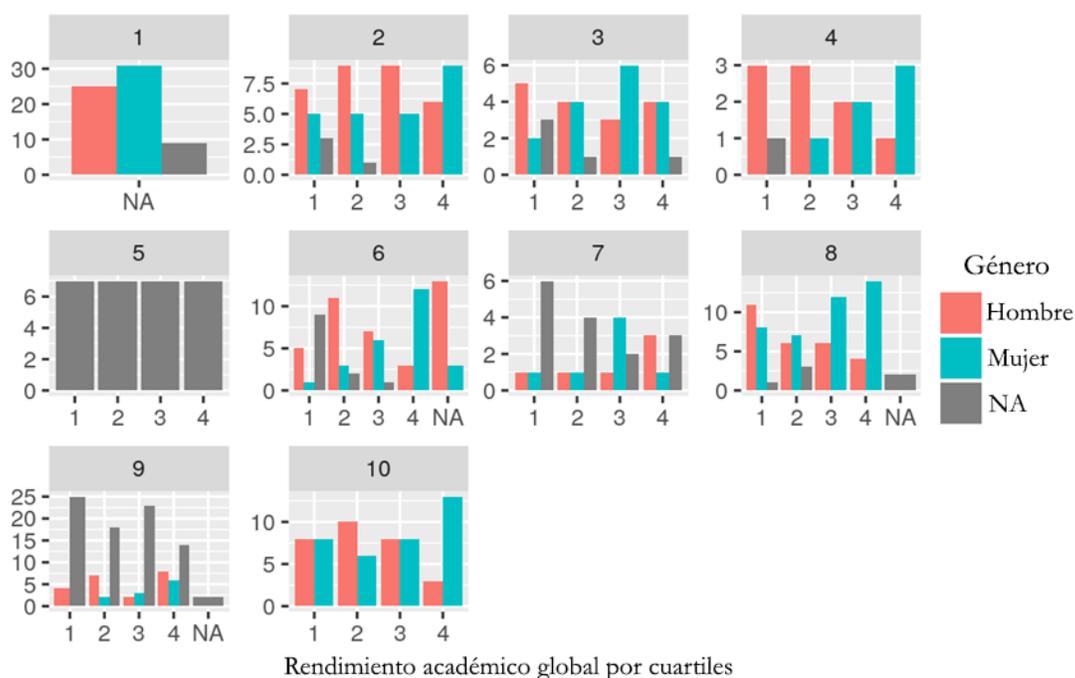


Figura 5.51. Distribución del género para cada cuartil de rendimiento académico global en cada una de las diez escuelas participantes. NA: no se dispone de datos del género del alumnado.

Este resultado se refuerza al comparar el rendimiento académico global entre los dos géneros, ya que se aprecia que existen diferencias estadísticamente significativas (*test* de U de Mann-Whitney: $U = 9621,5; 559 \text{ g.l.}, p = 0,000^{**}$), siendo la mediana del rendimiento académico global en los chicos de 6.32 y en las chicas de 7,05 (figura 5.52).

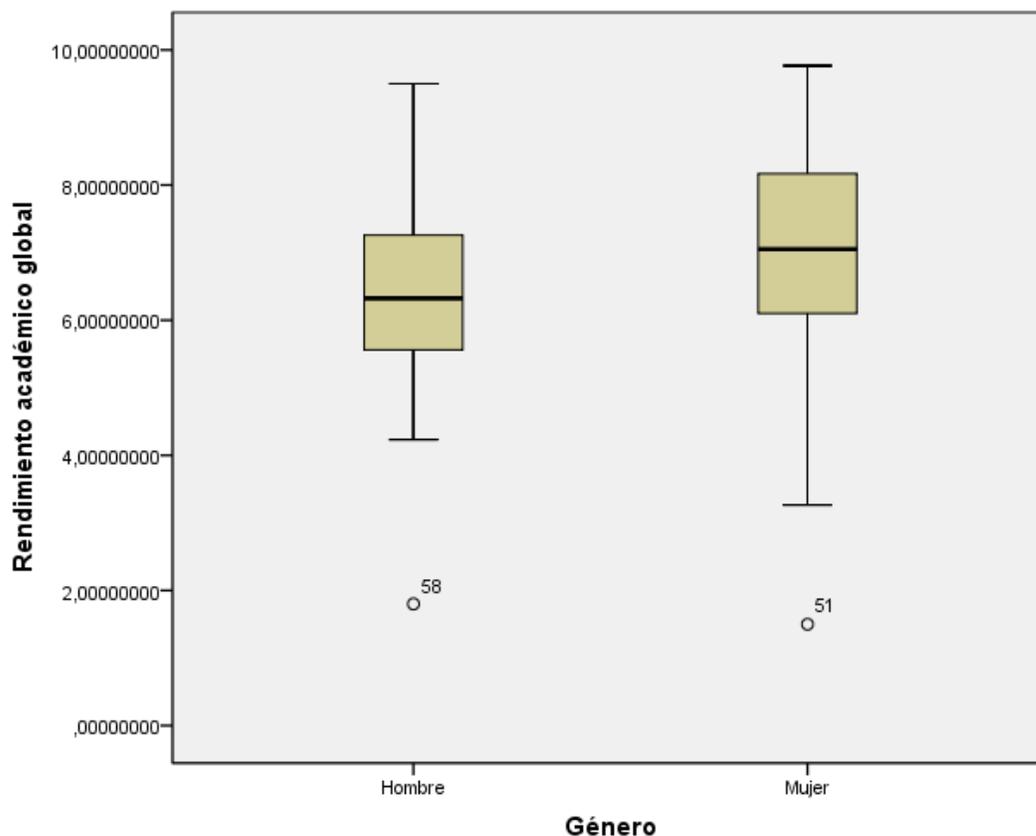


Figura 5.52. Rendimiento académico global según el género.

5.4.2.3.2 *¿Existe alguna asociación entre el Género y el Curso al que pertenece alumnado?*

Dado que las chicas tienden a concentrarse en los cuartiles superiores de rendimiento académico global y los chicos tienden a hacerlo en los cuartiles inferiores, cabe preguntarse si la distribución por géneros en los dos cursos (3º y 4º de ESO) es equiprobable o no; en este último caso se podrían producir sesgos indeseados.

Por esta razón, se ha efectuado una prueba de la Chi-cuadrado con corrección de continuidad de Yates entre género y curso. Los resultados obtenidos muestran que los dos s géneros se hallan repartidos de forma prácticamente equiprobable en los dos cursos ($\chi^2=0,929$; 1 g.l.; $p=0,335$; figura 5.53.).

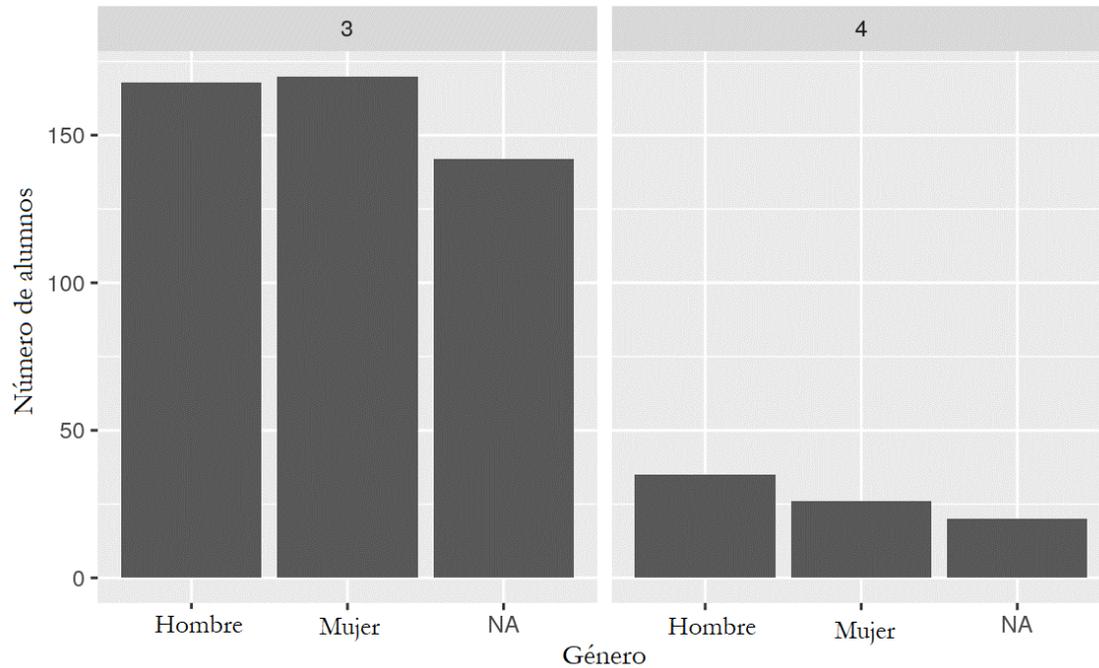


Figura 5.53. Distribución de género por cursos.

5.4.2.3.3 *¿Existen diferencias en el Tiempo total dedicado al LDG entre chicos y chicas?*

Existen diferencias significativas en el Tiempo total dedicado al LDG entre chicos y chicas (*test* de U de Mann-Whitney: $U=16484$; 397 g.l.; $p=0,003$). Las chicas dedican, de mediana, casi un 24% más de tiempo al LDG, siendo significativamente mayor (Mediana= 12497 s) que el de los chicos (Mediana= 9536 s, figura 5.54).

Esto lleva a plantearnos si esta diferencia es debida a que las chicas dedican siempre más tiempo que los chicos a teoría y a juegos o si, por el contrario, únicamente dedican más tiempo a uno de los dos apartados.

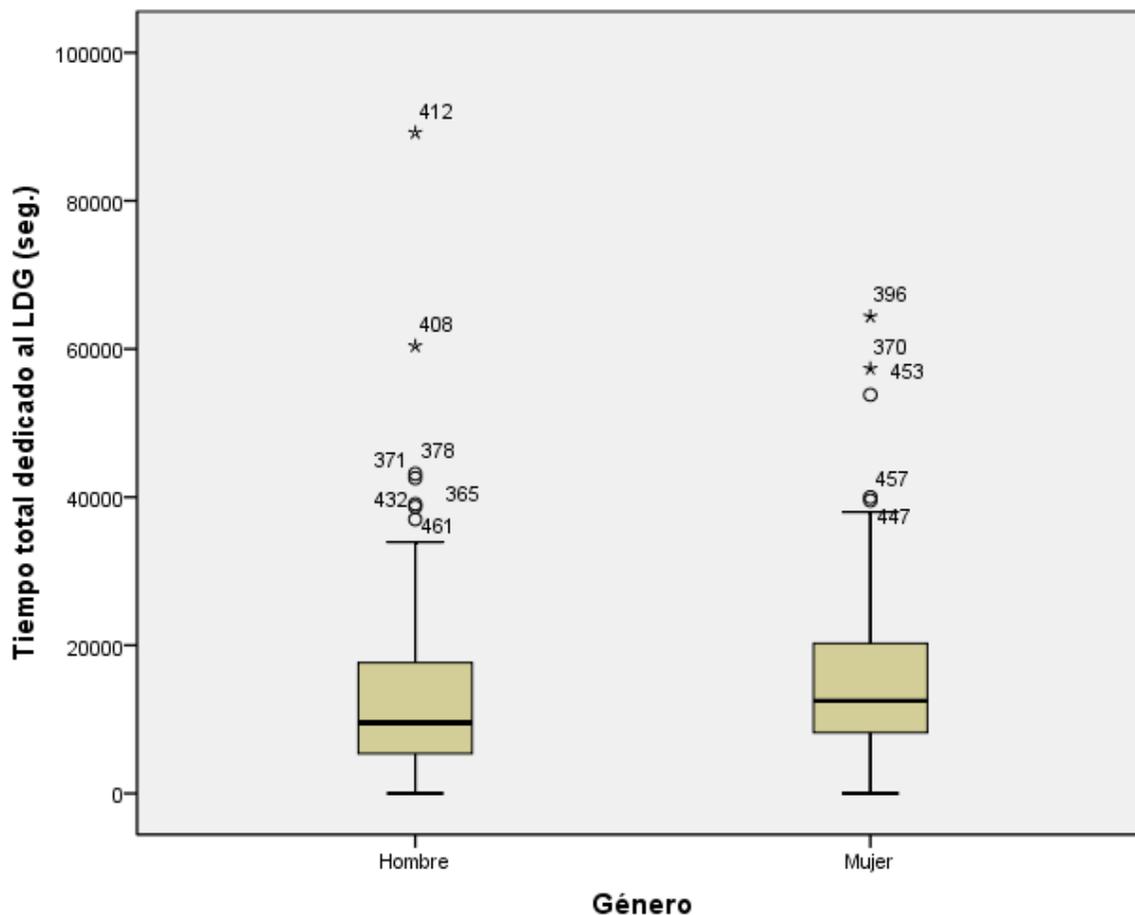


Figura 5.54. Tiempo total dedicado al LDG según el género.

5.4.2.3.4 *¿Existen diferencias en el Tiempo total dedicado a la teoría entre chicos y chicas?*

Existen diferencias significativas en el tiempo total dedicado a la teoría entre chicos y chicas (*test* de U de Mann-Whitney: $U=15046$; 397 g.l.; $p=0,000$). El tiempo que las chicas dedican a la teoría del LDG (Mediana= 1908 s) es significativamente superior al dedicado por los chicos (Mediana= 1058 s). En otras palabras, las chicas utilizan la teoría un 45% más de tiempo que los chicos (figura 5.55).

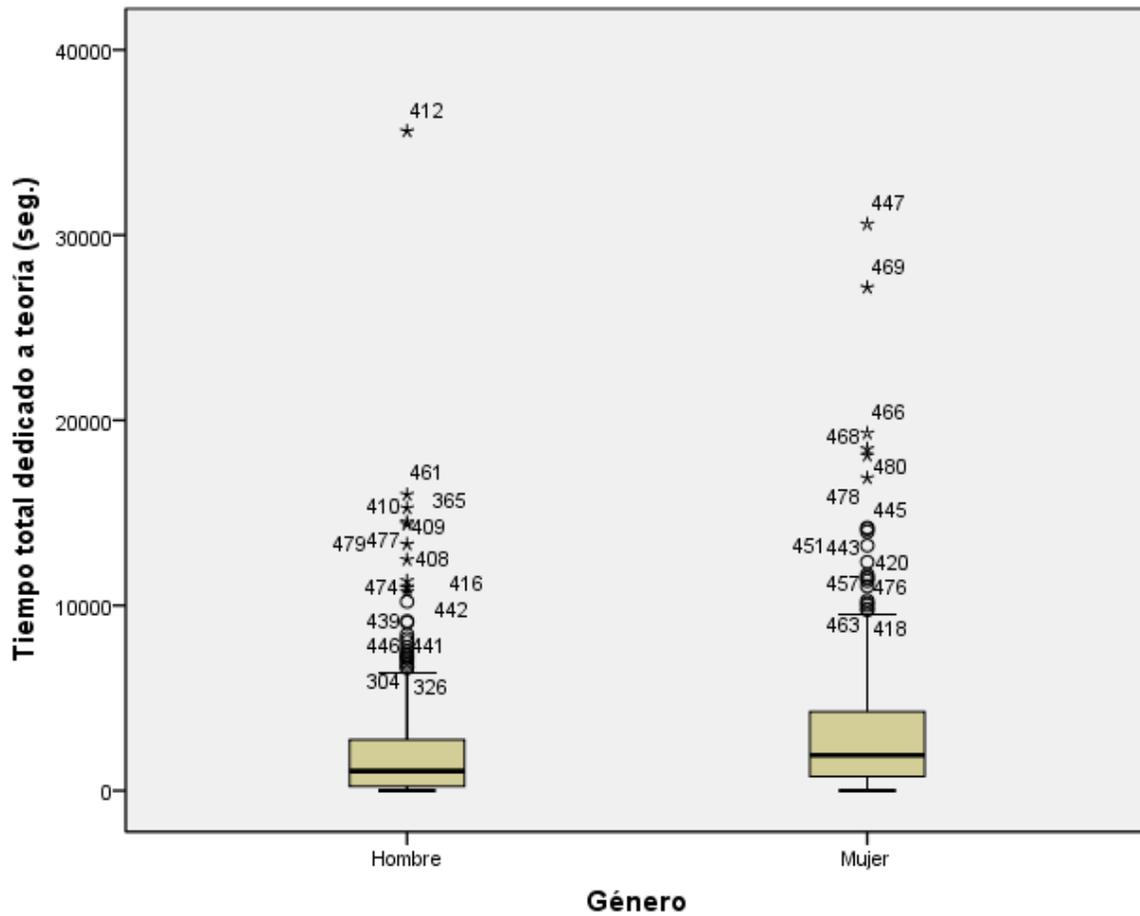


Figura 5.55. Tiempo total dedicado a la teoría según el género.

5.4.2.3.5 *¿Existen diferencias en el Tiempo total dedicado a los juegos entre chicos y chicas?*

Sin embargo, no existen diferencias significativas en el tiempo total dedicado a los juegos entre chicos y chicas (*test* de U de Mann-Whitney: $U=18156,5; 397$ g.l.; $p=0,131$).

5.4.2.3.6 *¿Existen diferencias en el Uso del LDG entre chicos y chicas?*

No existen diferencias significativas en la variable Uso del LDG entre chicos y chicas (*test* de U de Mann-Whitney: $U=18593,5; 397$ g.l.; $p=0,259$).

5.4.2.3.7 *Síntesis de resultados*

- Las chicas tienden a concentrarse en los cuartiles más altos de Rendimiento académico global, siendo éstos significativamente más elevados que el de los chicos.
- El género se encuentra repartido de forma equitativa entre los dos cursos.
- El Tiempo total dedicado al LDG es significativamente mayor en las chicas que en los chicos.
- Las chicas utilizan un 45% más de tiempo a la teoría que los chicos, mientras que no ocurre lo mismo con el tiempo total dedicado a los juegos, que es el mismo en ambos sexos.
- Finalmente, chicas y chicos hacen un uso similar del LDG.

5.4.3 Factores extrínsecos al alumno

5.4.3.1 *Tipo de escuela*

5.4.3.1.1 *¿Existe alguna asociación entre Tipo de escuela y el Tipo de uso realizado del LDG?*

Con la finalidad de analizar si existen diferencias en el tipo de uso del LDG en los diferentes tipos de escuelas, se realizó una prueba de la Chi-cuadrado entre ambas variables con un valor de probabilidad de ocurrencia de la hipótesis nula (p) basada en 2.000 réplicas. El resultado obtenido muestra que existen diferencias significativas ($\chi^2=8,61$; $p=0,029$). Observando la tabla 5.21, se aprecia claramente que únicamente las escuelas públicas han hecho un uso extraescolar del LDG. Fueron 5 de 6 escuelas públicas las que no utilizaron *Top Chemist* en el aula (el 83.3%), siendo la razón principal de ello la falta de recursos tecnológicos que, desafortunadamente, tienen los centros educativos públicos. Hay que aclarar que, pese a que la intención inicial de todos y cada uno de los centros públicos era la de realizar un uso dentro del aula, e incluso ir más allá y organizar competiciones entre sus alumnos, desgraciadamente muy pronto se toparon

con la realidad: la red de internet de los centros escolares públicos demostró ser anticuada e incapaz de soportar la conexión *online* de 25-30 dispositivos a la vez para cargar videojuegos, lo que requiere un mínimo ancho de banda. El único centro público que fue capaz de realizar un uso del LDG dentro del aula efectuó, junto con otro centro concertado, el uso más intensivo del LDG, organizando una liga entre los alumnos de clase.

Tabla 5.21. Tipo de uso realizado del LDG efectuado por los centros escolares según la tipología de cada centro de secundaria.

	Uso fuera del aula	Uso dentro y fuera del aula	Creación de liga dentro del aula
Centro público	5	0	1
Centro privado	0	1	0
Centro concertado	0	2	1

Por esta razón, a la vista de los resultados obtenidos, se ha considerado razonable trabajar en análisis posteriores únicamente con el tipo de uso del LDG, pero sin perder de vista que éste está fuertemente condicionado por el tipo de escuela, como se acaba de mostrar.

5.4.3.1.2 *Síntesis de resultados*

- Existe una clara asociación entre Tipo de escuela y el Tipo de uso que se le acaba dando al LDG.
- El 83.3% de los centros públicos hicieron un uso extraescolar, y sólo uno de ellos creó una liga.
- Todos los centros concertados y el privado hicieron un uso dentro del aula, siendo uno de los concertados el que acabó creando una liga.
- La gran mayoría de los centros públicos se vieron limitados en el uso del LDG dentro del aula, fundamentalmente por falta de recursos tecnológicos. Por tanto, esta falta de uso en el aula en los centros públicos no debería interpretarse como una falta de interés por parte de los docentes responsables de los centros públicos.

5.4.3.2 Tipo de uso del LDG

5.4.3.2.1 ¿Existen diferencias entre las Puntuaciones obtenidas por el alumnado la primera vez que juegan según el Tipo de uso que se realizó del LDG?

Los resultados obtenidos muestran que sí que existen diferencias significativas entre las puntuaciones obtenidas en el primer juego al comparar a los alumnos según el tipo de uso del LDG, a saber: recurso fuera del aula, recurso dentro del aula y creación de liga en el aula (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=30,035$; 2 g.l.; $p=0,000$).

Efectuando las correspondientes comparaciones *post-hoc* (tabla 5.22.), se aprecia que los alumnos que han participado en la liga muestran puntuaciones significativamente más altas que el resto de tipos de uso (figura 5.56.)

Tabla 5.22. Pruebas *post-hoc* de comparación de las Puntuaciones obtenidas por los alumnos la primera vez que juegan en cada bloque teórico en función del Tipo de uso del LDG (1- Uso Fuera del Aula 2- Uso Dentro del Aula; 3- Uso Liga en el Aula), tomadas dos a dos. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Tipos de uso comparados	U	p	g.l.
1 – 2	9635,5	0,230	293
1 – 3	5361	0,000**	254
2 – 3	8218,5	0,000**	309

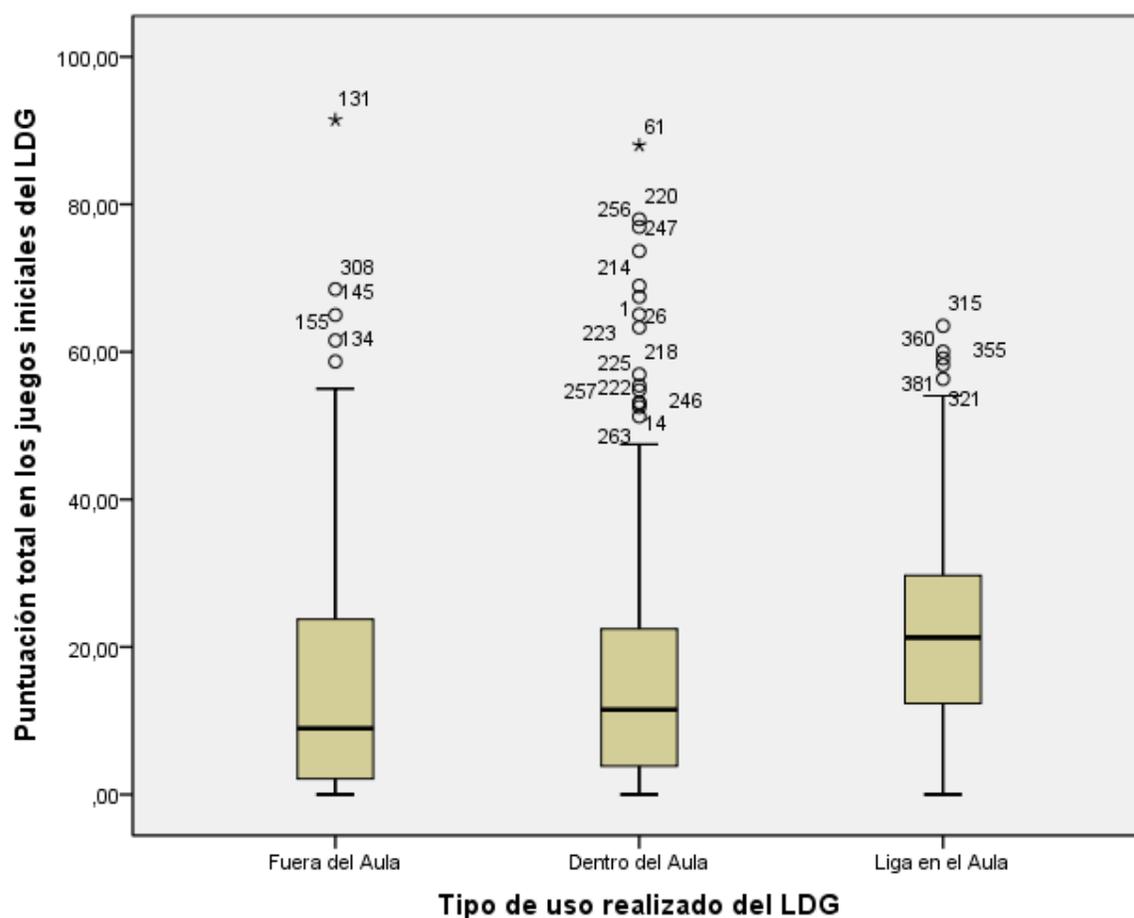


Figura 5.56. Puntuación total obtenida en los juegos iniciales de cada bloque teórico según el tipo de uso realizado del LDG.

Detallando el análisis por bloques teóricos, se aprecia que existen diferencias significativas entre las puntuaciones obtenidas la primera vez que juegan en los bloques 1, 3, 6, 8 y 12 del LDG (tabla 5.23). Efectuando los correspondientes análisis *post-hoc* de comparaciones dos a dos de dichos bloques teóricos, se observa que en las lecciones 1, 3 y 8, los alumnos que han hecho un uso doméstico del LDG, muestran puntuaciones significativamente más altas la primera vez que juegan, si bien es cierto que en las lecciones 6 y 12, este patrón no se repite. Es por ello por lo que, en general, no se aprecia un patrón claro en las puntuaciones obtenidas por el alumnado la primera vez que juegan, según el tipo de uso (tabla 5.24. y tabla 5.25).

Tabla 5.23. Resultado del *test* de Kruskal-Wallis en la comparación de los resultados de los juegos iniciales de cada bloque teórico entre los alumnos con distinto tipo de uso del LDG. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Lección	Test de Kruskal-Wallis
1	$\chi^2= 27,281$ 2 g.l. $p= 0,000^{**}$
2	$\chi^2= 5,182$ 2 g.l. $p= 0,075$
3	$\chi^2= 6,930$ 2 g.l. $p= 0,031^{**}$
4	$\chi^2= 4,037$ 2 g.l. $p= 0,133$
5	$\chi^2= 1,138$ 2 g.l. $p= 0,566$
6	$\chi^2= 9,181$ 2 g.l. $p= 0,010^{**}$
7	$\chi^2= 4,896$ 2 g.l. $p= 0,086$
8	$\chi^2= 9,172$ 2 g.l. $p= 0,010^*$
9	$\chi^2= 0,938$ 2 g.l. $p= 0,626$
10	$\chi^2= 1,030$ 2 g.l. $p= 0,598$
11	$\chi^2= 1,764$ 2 g.l. $p= 0,414$
12	$\chi^2= 6,192$ 2 g.l. $p= 0,045^*$
13	$\chi^2= 1,145$ 2 g.l. $p= 0,562$

Tabla 5.24. Resultado de las pruebas *post-hoc* de Mann-Whitney en la comparación de las Puntuaciones de los juegos iniciales, entre los tres tipos de uso, de aquellos bloques teóricos que han resultado ser significativamente distintos.

*: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Bloques teóricos	Tipo de uso comparado	U de Mann-Whitney	p	g.l.
1	1-2	5809,5	0,000**	265
	1-3	3885,5	0,000**	228
	2-3	10357,5	0,103	305
3	1-2	3779,5	0,017*	199
	1-3	4020	0,019*	206
	2-3	8207	0,773	257
6	1-2	1087	0,232	99
	1-3	1064,5	0,003**	113
	2-3	1606	0,074	124
8	1-2	316	0,022*	60
	1-3	420	0,003**	76
	2-3	796,5	0,621	82
12	1-2	274	0,145	53
	1-3	282,5	0,013*	62
	2-3	624,5	0,261	75

Tabla 5.25. Mediana de las puntuaciones de la primera vez que juegan, según el tipo de uso y bloque teórico.

Bloques teóricos	Tipo de uso	Mediana Puntuación
1	1	0,5
	2	1,25
	3	1,25
3	1	5
	2	3,75
	3	2,5
6	1	3,75
	2	2,5
	3	1,25
8	1	6,25
	2	2,5
	3	2,5
12	1	5
	2	1,25
	3	1,25

5.4.3.2.2 *¿Condiciona el Tipo de uso que se realizó del LDG las Puntuaciones obtenidas en los tests?*

Los resultados obtenidos muestran que existen diferencias altamente significativas entre las puntuaciones de los *tests* según el uso que se ha realizado del LDG (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=21,312$; 2 g.l.; $p=0,000$).

Efectuando las correspondientes comparaciones *post-boc* (tabla 5.26.), se aprecia que estas diferencias existen entre los tres tipos de uso (figura 5.57.). Como se ha demostrado en los análisis anteriores, estos resultados demuestran una vez más, que el tipo de uso del LDG incide en la motivación por aprender, y por ende, en los resultados obtenidos por los alumnos cuando realizan el *test* final de cada bloque teórico.

Tabla 5.26. Pruebas *post-boc* de comparación de las Puntuaciones globales de los *tests*, entre los alumnos que han hecho un Tipo de uso distinto del LDG (1- Uso Fuera del Aula 2- Uso Dentro del Aula; 3- Uso Liga en el Aula), tomadas dos a dos. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Tipos de uso comparados	U	p	g.l.
1 – 2	5617	0,021*	244
1 – 3	3720,5	0,000**	215
2 – 3	8328	0,001**	291

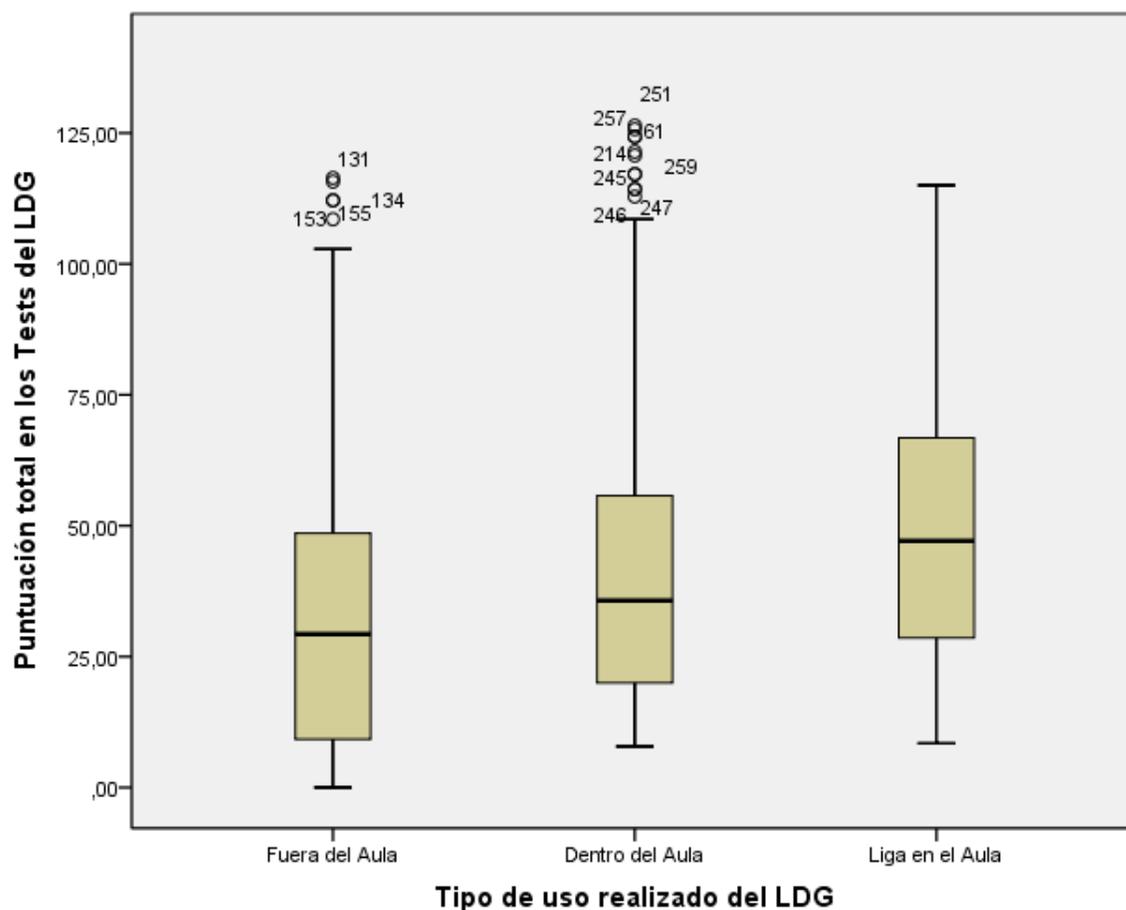


Figura 5.57. Puntuación total obtenida en los *tests* de cada bloque teórico según el tipo de uso realizado del LDG.

Ahondando en el análisis para cada bloque teórico, estas diferencias aparecen concentradas en los bloques teóricos 2, 3 y 4 del LDG (tabla 5.27.). Al efectuar los correspondientes análisis *post-hoc* de comparaciones dos a dos en dichos bloques teóricos (tabla 5.28.), se observa que, de estos tres bloques teóricos, en dos de ellos las puntuaciones medianas de los *tests* son significativamente más bajas cuando se realiza un uso doméstico del LDG. Únicamente en uno de los bloques teóricos, el uso de liga marca la diferencia por tener una puntuación mediana más elevada. En su conjunto, para la variable nota de los *tests*, no parece que el tipo de uso influya de manera determinante, si bien es cierto que los alumnos que han participado en una liga, muestran tener puntuaciones más altas que el resto de alumnos que han hecho otro tipo de uso (tabla 5.29.).

Tabla 5.27. Resultado del *test* de Kruskal-Wallis en la comparación de los resultados de los *tests* de cada bloque teórico entre los alumnos con distinto tipo de uso del LDG. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Lección	Test de Kruskal-Wallis
1	$\chi^2 = 0,735$; 2 g.l.; $p = 0,692$
2	$\chi^2 = 10,257$; 2 g.l.; $p = 0,006^{**}$
3	$\chi^2 = 7,752$; 2 g.l.; $p = 0,021^*$
4	$\chi^2 = 14,429$; 2 g.l.; $p = 0,001^{**}$
5	$\chi^2 = 3,507$; 2 g.l.; $p = 0,173$
6	$\chi^2 = 3,600$; 2 g.l.; $p = 0,165$
7	$\chi^2 = 0,019$; 2 g.l.; $p = 0,990$
8	$\chi^2 = 0,227$; 2 g.l.; $p = 0,893$
9	$\chi^2 = 2,086$; 2 g.l.; $p = 0,352$
10	$\chi^2 = 1,141$; 2 g.l.; $p = 0,565$
11	$\chi^2 = 3,678$; 2 g.l.; $p = 0,159$
12	$\chi^2 = 1,835$; 2 g.l.; $p = 0,399$
13	$\chi^2 = 0,700$; 2 g.l.; $p = 0,705$

Tabla 5.28. Resultado de las pruebas *post-hoc* de Mann-Whitney de comparación de las puntuaciones de los test, entre los tres tipos de uso, de aquellos bloques teóricos que han resultado ser significativamente distintos. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Bloques teóricos	Tipo de uso comparado	U de Mann-Whitney	P	g.l.
2	1-2	1879,5	0,001**	167
	1-3	1920,5	0,025*	156
	2-3	6823	0,251	241
3	1-2	3314,5	0,882	170
	1-3	2831	0,030*	175
	2-3	5336,5	0,013*	227
4	1-2	1660	0,002**	140
	1-3	1684,5	0,000**	148
	2-3	3994,5	0,693	180

Tabla 5.29. Mediana de las puntuaciones de los *tests* de cada bloque teórico y según el tipo de uso.

Bloques teóricos	Tipo de uso	Mediana Puntuación
2	1	9,28
	2	10
	3	10
3	1	8,57
	2	8,57
	3	9,28
4	1	7,14
	2	8,57
	3	8,57

5.4.3.2.3 *¿Condiciona el Tipo de uso que se ha hecho del LDG el Tiempo total dedicado al LDG?*

Los resultados muestran que sí, ya que existen diferencias significativas en el tiempo total dedicado al LDG en función del tipo de uso realizado del LDG (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=261,576$; 2 g.l.; $p=0,000$). Efectuando las correspondientes comparaciones *post-hoc* (tabla 5.30.), se aprecia que estas diferencias existen entre los tres tipos de uso (figura 5.58.). Se muestra claramente que, de manera general, los alumnos que participan en ligas son aquellos que terminan dedicando más tiempo al LDG.

Esto induce a preguntarnos si ocurre lo mismo con el tiempo total dedicado a teoría y a los juegos.

Tabla 5.30. Pruebas *post-hoc* de comparación del Tiempo total dedicado al LDG entre los alumnos que han hecho un Tipo de uso distinto del LDG (1- Uso Fuera del Aula 2- Uso Dentro del Aula; 3- Uso Liga en el Aula), tomadas dos a dos. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Tipos de uso comparados	U	p	g.l.
1 – 2	10113,5	0,000**	421
1 – 3	1569	0,000**	359
2 – 3	4761,5	0,000**	336

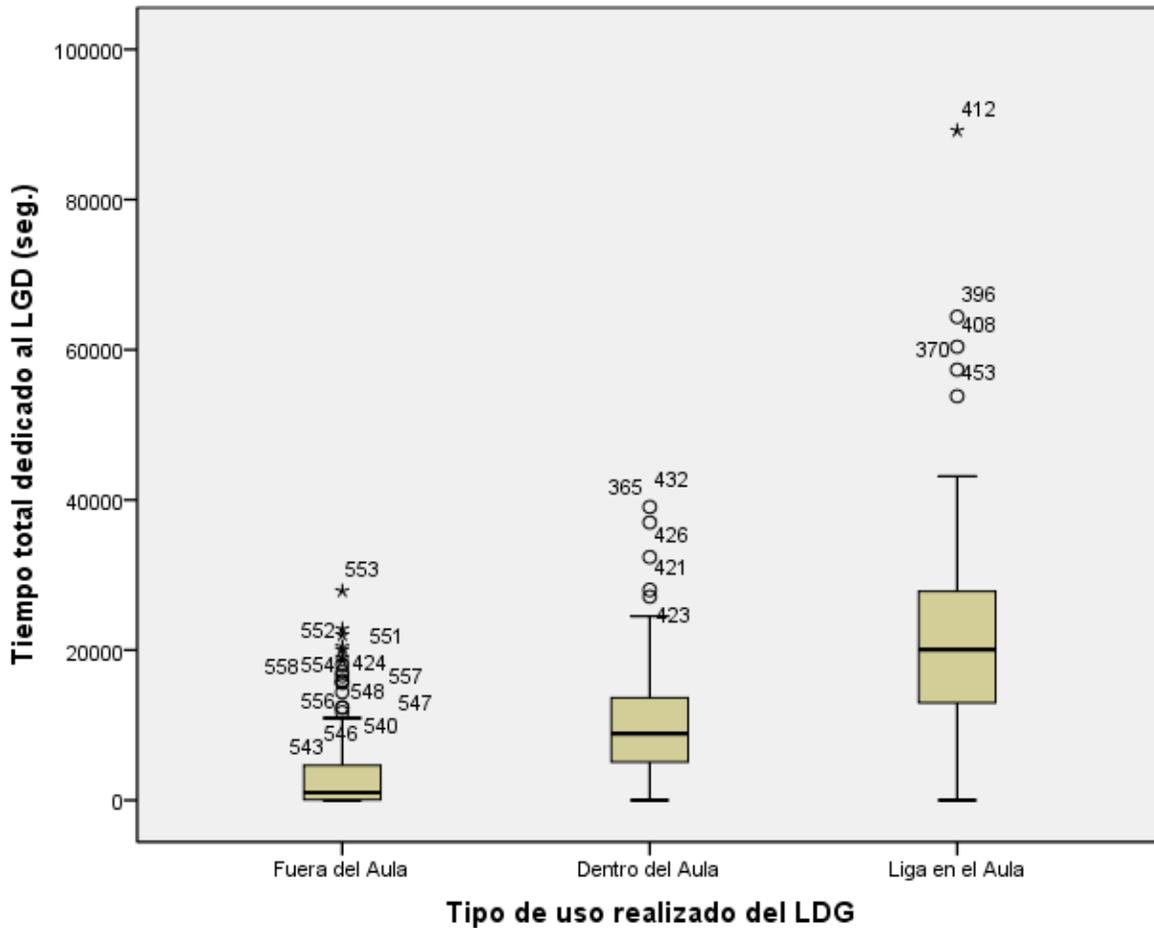


Figura 5.58. Tiempo total dedicado al LDG según el tipo de uso realizado del LDG.

5.4.3.2.4 *¿Existen diferencias en el Tiempo total dedicado a la teoría según el Tipo de uso que se ha hecho del LDG?*

Existen diferencias significativas en el tiempo total dedicado a la teoría según el tipo de uso realizado del LDG (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=230,45$; 2 g.l.; $p=0,000$). Efectuando las correspondientes comparaciones *post-hoc* (tabla 5.31.), se aprecia que estas diferencias existen entre los tres tipos de uso (figura 5.59.)

Tabla 5.31. Pruebas *post-hoc* de comparación del Tiempo total dedicado a teoría entre los alumnos que han hecho un Tipo de uso del LDG distinto (1- Uso Fuera del Aula 2- Uso Dentro del Aula; 3- Uso Liga en el Aula), tomadas dos a dos. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Tipos de uso comparados	U	p	g.l.
1 – 2	13929	0,000**	421
1 – 3	2102,5	0,000**	359
2 – 3	4012,5	0,000**	336

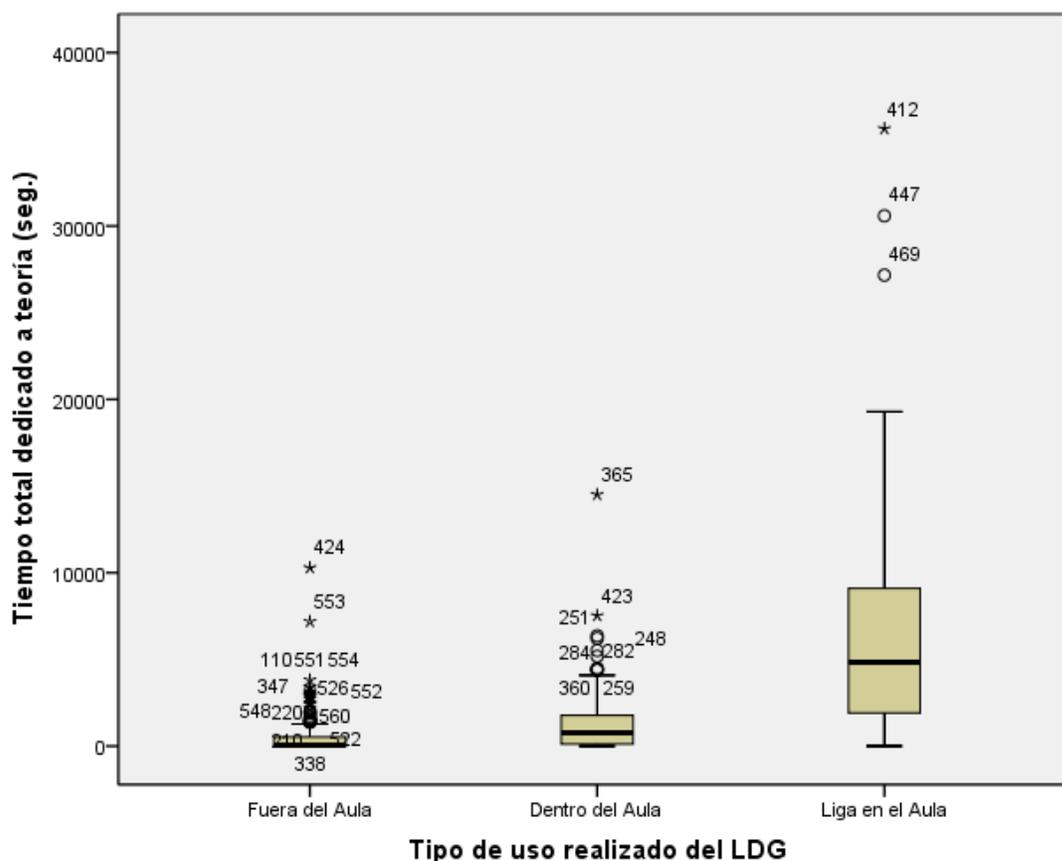


Figura 5.59. Tiempo total dedicado a la teoría del LDG según el tipo de uso realizado del LDG.

5.4.3.2.5 *¿Condiciona el Tipo de uso que se ha hecho del LDG el Tiempo total dedicado a los juegos?*

También existen diferencias significativas en el tiempo total dedicado a los juegos según el tipo de uso realizado del LDG (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=218,326$; 2 g.l.; $p=0,000$). Efectuando las

correspondientes comparaciones *post-boc* (tabla 5.32.), se aprecia que estas diferencias existen entre los tres tipos de uso (figura 5.60.). Nuevamente, se muestra claramente que la liga favorece considerablemente el uso en general del LDG, siendo los alumnos que hacen un uso doméstico del LDG los que menos tiempo le dedican.

Tabla 5.32. Pruebas *post-boc* de comparación del Tiempo total dedicado a teoría entre los alumnos que han hecho un Tipo de uso distinto del LDG (1- Uso Fuera del Aula 2- Uso Dentro del Aula; 3- Uso Liga en el Aula), tomadas dos a dos. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Tipos de uso comparados	U	p	g.l.
1 – 2	10175,5	0,000**	421
1 – 3	2675	0,000**	359
2 – 3	6980,5	0,000**	336

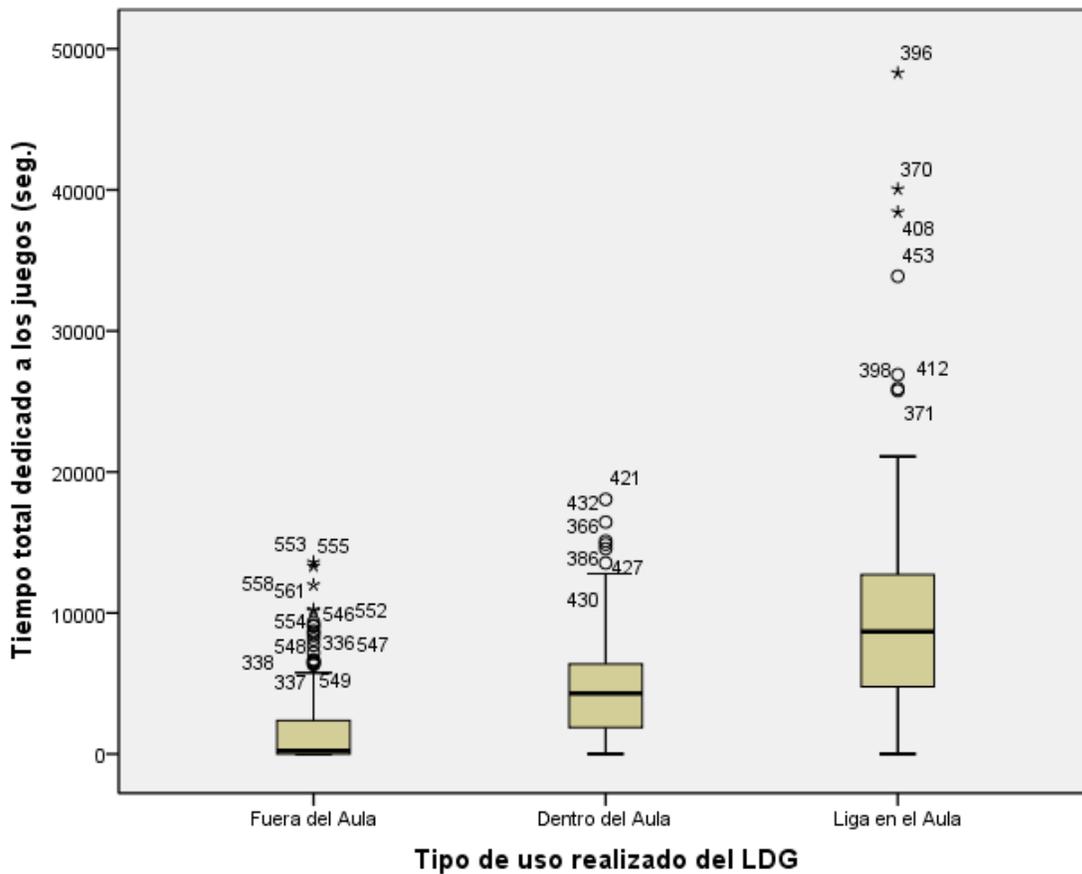


Figura 5.60. Tiempo total dedicado a los juegos del LDG según el tipo de uso realizado del LDG.

5.4.3.2.6 *Síntesis de resultados*

- El tipo de uso influye en las puntuaciones que obtienen los alumnos la primera vez que juegan en cada bloque teórico. En los centros que han creado liga, los alumnos obtienen puntuaciones significativamente más altas la primera vez que los alumnos juegan en cada bloque teórico.
- El tipo de uso que se hace del LDG también influye en los resultados obtenidos en los *tests* de cada bloque teórico. De nuevo la creación de liga favorece que los alumnos obtengan mayores rendimientos en dichos *tests* finales, seguidos de los alumnos que realizan un uso en el aula. Las puntuaciones más bajas las obtienen los alumnos que han realizado un uso del LDG fuera del aula.
- Respecto al tiempo total dedicado a la teoría, a los juegos y al tiempo total dedicado al LDG vuelve a ocurrir lo mismo: los alumnos de los centros que participan en liga invierten significativamente más tiempo que los que han hecho un uso dentro del aula, que a la vez dedican más tiempo del que los que han realizado un uso extraescolar. Es pues evidente que el tipo de uso que se ha realizado del LDG ha influido significativamente en el tiempo que se ha dedicado al LDG.

5.4.3.3 *Curso*

5.4.3.3.1 *¿Existen diferencias en el Tiempo total dedicado al LDG entre cursos?*

Los resultados obtenidos muestran que sí que existen diferencias significativas en el Tiempo total dedicado al LDG según el curso en que se utiliza (*test* de U de Mann-Whitney: $U=16569,5$; 559 g.l.; $p=0,033$). El tiempo total que los alumnos de 3ºESO dedican al LDG (Mediana= 8262 s) es significativamente superior al dedicado por los alumnos de 4ºESO (Mediana= 5213 s) (figura 5.61).

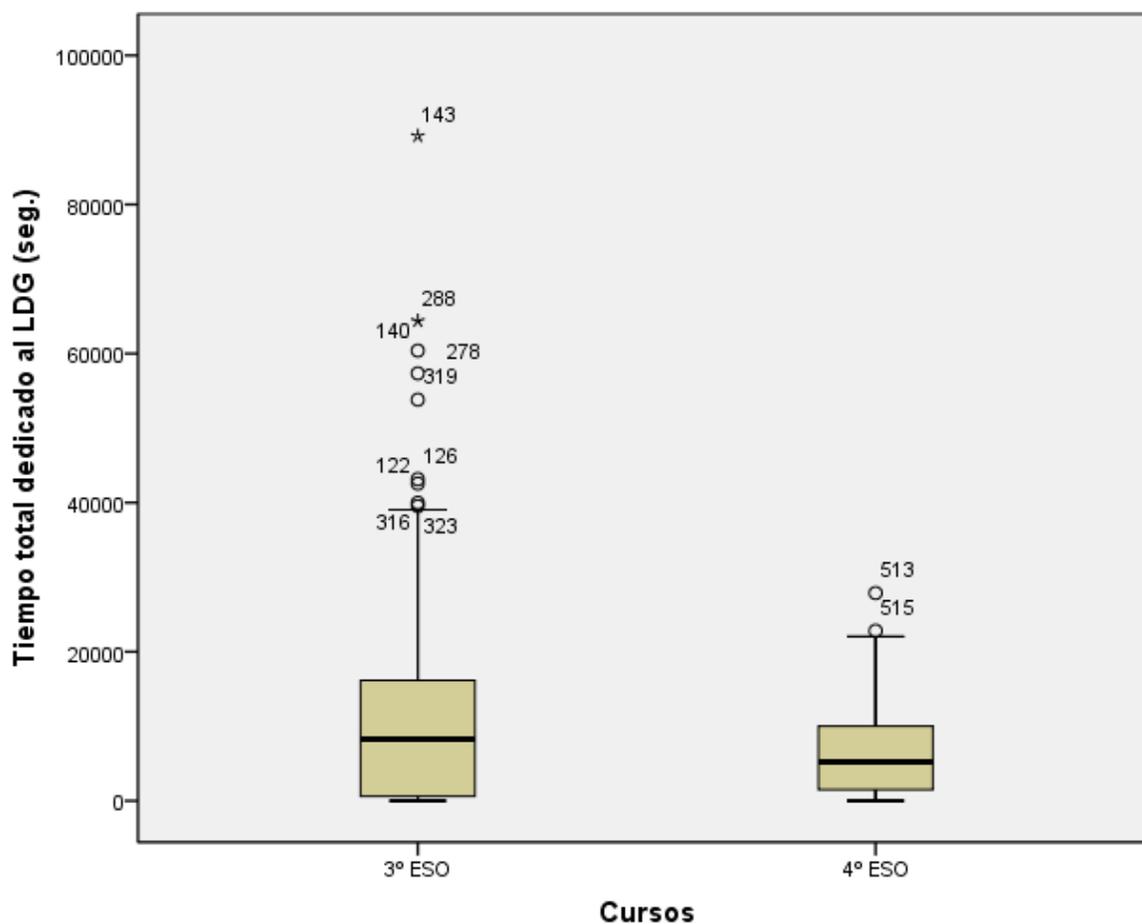


Figura 5.61. Tiempo total dedicado al LDG por cursos.

5.4.3.3.2 *¿Existen diferencias en el Tiempo total dedicado a la teoría entre cursos?*

Nuevamente, existen diferencias significativas en el tiempo total dedicado a la teoría del LDG entre cursos (*test* de U de Mann-Whitney: $U=14743,5$; 559 g.l.; $p=0,000$). El tiempo que los alumnos de 3ºESO dedican a la teoría del LDG (Mediana= 833,5 s) es significativamente superior al dedicado por los alumnos de 4ºESO (Mediana=298 s) (figura 5.62).

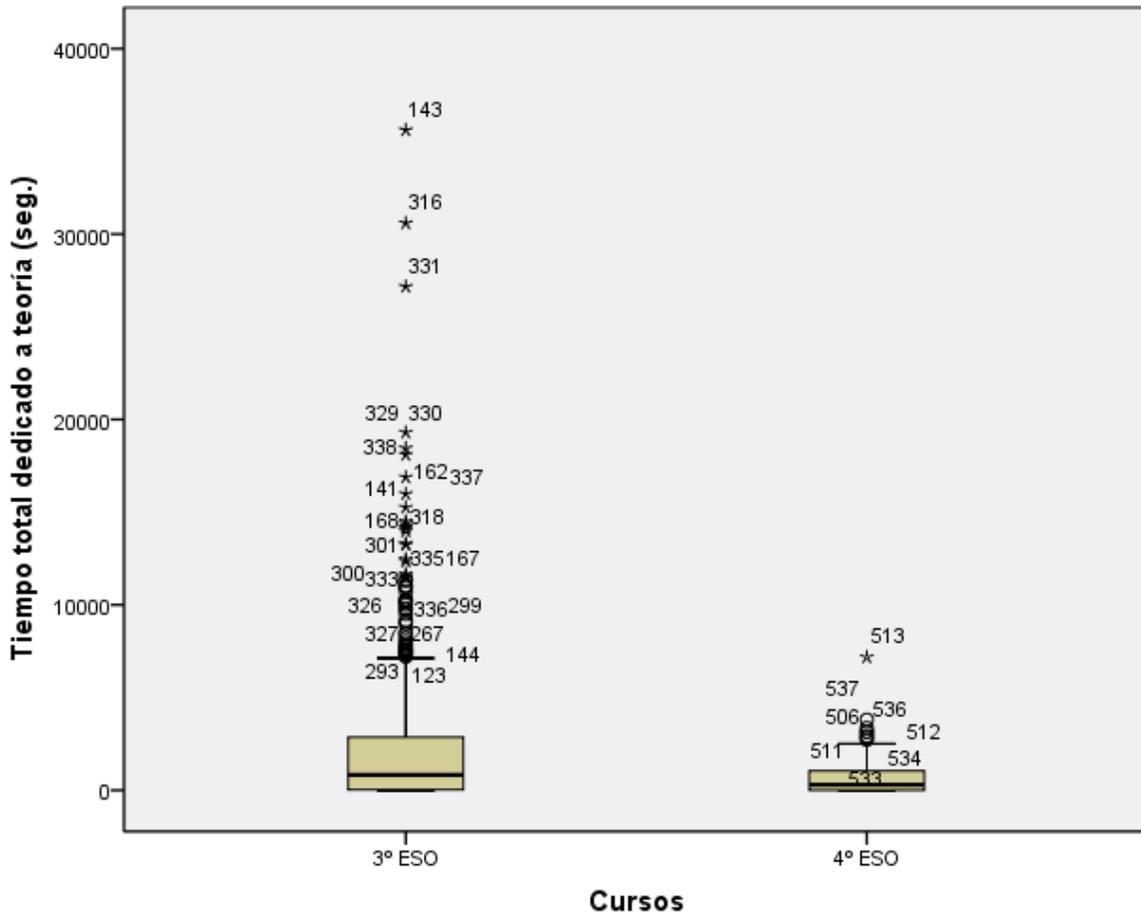


Figura 5.62. Tiempo total dedicado a la teoría del LDG por cursos.

5.4.3.3.3 *¿Existen diferencias en el Tiempo total dedicado a los juegos entre cursos?*

Sin embargo, no existen diferencias significativas en el tiempo total dedicado a los juegos según el curso en que se utiliza (*test* de U de Mann-Whitney: $U=18762; 559$ g.l.; $p=0,631$; Mediana (3ºESO)= 3313 s; Mediana (4ºESO)= 3430 s).

5.4.3.3.4 *¿Existen diferencias de Rendimiento académico de química por cursos?*

No existen diferencias significativas en el rendimiento académico de química entre 3º y 4º de ESO (*test* de U de Mann-Whitney: $U=12326,5; 474$ g.l.; $p=0,313$; Mediana (3ºESO)= 6; Mediana (4ºESO)= 7; figura 5.63.).

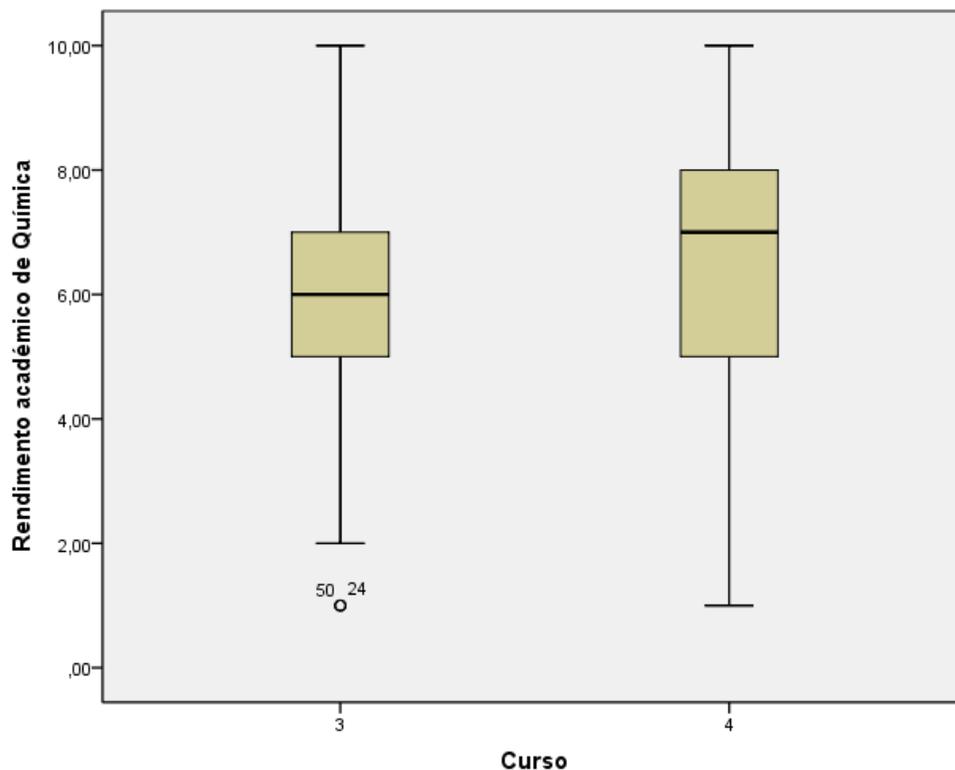


Figura 5.63. Rendimiento académico de química para los cursos 3º y 4º ESO.

5.4.3.3.5 *Síntesis de resultados*

- Los alumnos de 3º ESO dedican significativamente más tiempo al LDG que los alumnos de 4º ESO; también dedican más tiempo a la teoría, pero no a los juegos, en los que ambos cursos le dedican el mismo tiempo.
- No existe ninguna asociación entre el Curso al que pertenece el alumno y el Rendimiento académico que acaba obteniendo en la asignatura de Química.

5.5 Fase IV

5.5.1 Variables ligadas a la Utilización global del LDG

5.5.1.1 *Tiempo efectivo*

5.5.1.1.1 *¿Existen diferencias de Género en el tiempo efectivo dedicado al LDG?*

Los resultados obtenidos muestran que no existen diferencias significativas en Tiempo efectivo dedicado al LDG entre los dos géneros (*test* U de Mann-Whitney: $U=17748,000$; 394 g.l.; $p=0,088$; Tiempo efectivo (Hombre)= 97%; Tiempo efectivo (Mujer)= 97%; figura 5.64.).

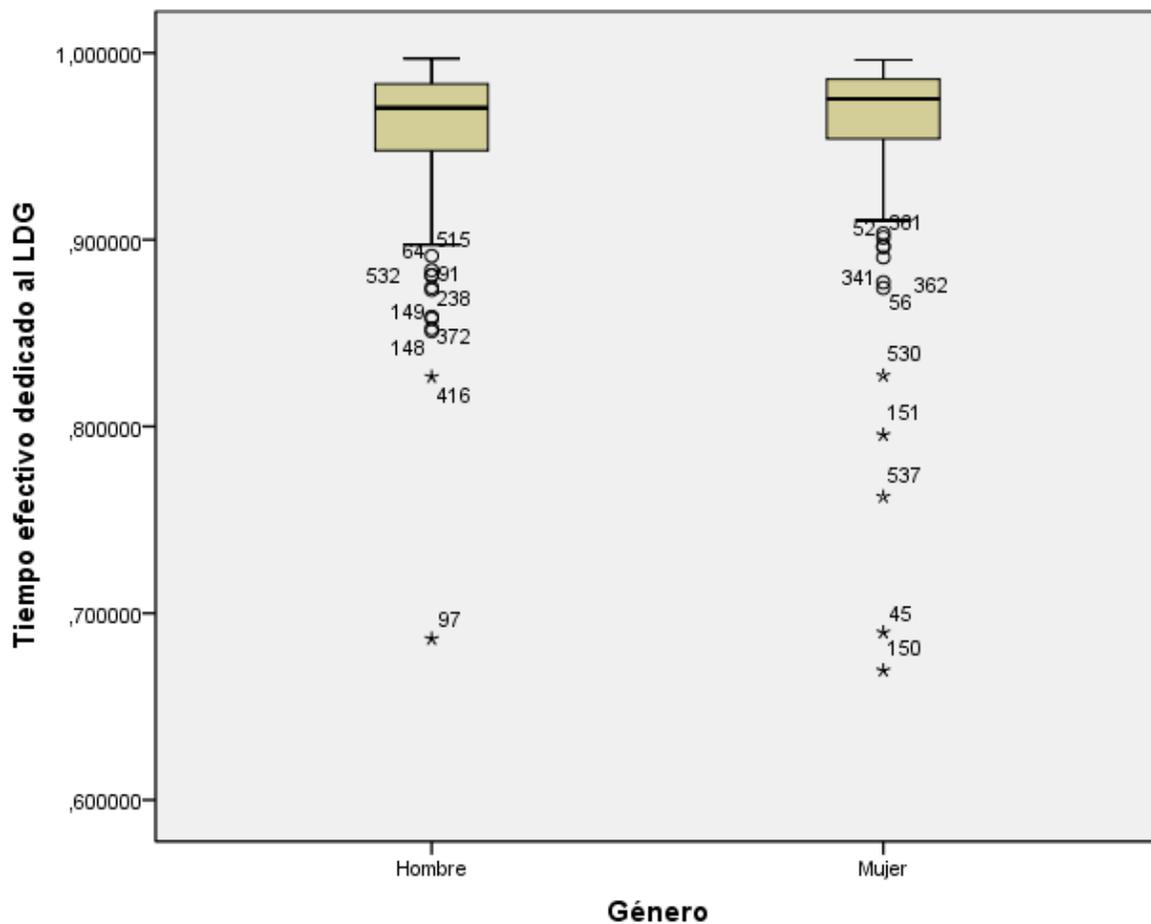


Figura 5.64. Tiempo efectivo dedicado al LDG por género.

5.5.1.1.2 *¿Existen diferencias entre los alumnos de los distintos cuartiles de Tiempo total dedicado al LDG en el tiempo efectivo dedicado al mismo?*

Existen diferencias estadísticamente significativas en el Tiempo efectivo dedicado al LDG según la clasificación por cuartiles de tiempo de uso del LDG del alumnado (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=68,609$; 3 g.l.; $p=0,000$). Los análisis *post-hoc* efectuados muestran que existen diferencias entre los alumnos de los cuartiles 1 y 3, 1 y 4, 2 y 3, 2 y 4, y 3 y 4, pero no existen diferencias entre los alumnos de los cuartiles 1 y 2 en cuanto al Tiempo efectivo dedicado al LDG (tabla 5.33.). El Tiempo efectivo es más elevado cuanto mayor es el cuartil de tiempo dedicado al uso del LDG (figura 5.65.).

Tabla 5.33. Pruebas *post-hoc* de comparación del porcentaje del tiempo efectivo dedicado al LDG entre los distintos cuartiles de tiempo de uso total del LDG (QTU). *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

	QTU1	QTU 2	QTU 3	QTU 4
QTU 1		U=5567,000 p= 0,149	U=4806,000 p= 0,003**	U=4554,000 p= 0,001**
QTU 2			U=5605,000 p= 0,000**	U=4244,000 p= 0,000**
QTU 3				U=7861,000 p= 0,003**

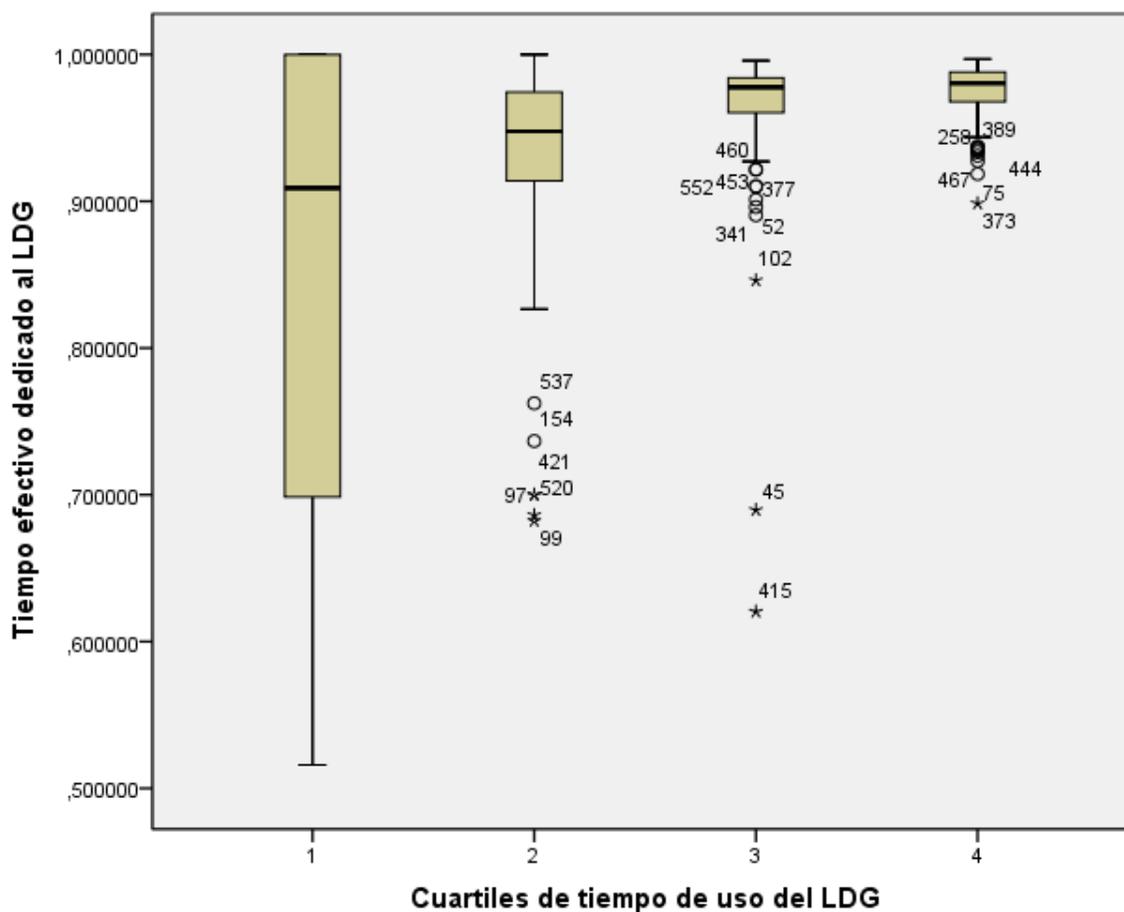


Figura 5.65. Tiempo efectivo dedicado al LDG entre los distintos cuartiles de uso del LDG del alumnado.

5.5.1.1.3 *¿Está asociado el tiempo efectivo dedicado al LDG con Rendimiento académico de Química?*

En general existe una correlación significativa entre el Tiempo efectivo dedicado al LDG y el rendimiento académico de química ($r= 0,148$; $N= 541$; $p= 0,001$; figura 5.66), si bien con un porcentaje de la varianza explicada bajo, del 2,19%.

Si diferenciamos entre el centro americano y los españoles, encontramos que no existe una correlación positiva entre ambas variables para la Escuela americana ($r= 0,246$; $N= 57$; $p= 0,065$; figura 5.67.), y es muy baja para los centros españoles ($r= 0,126$; $N= 476$; $p= 0,009$; figura 5.68.), siendo del 1,6% el porcentaje de la varianza explicada.

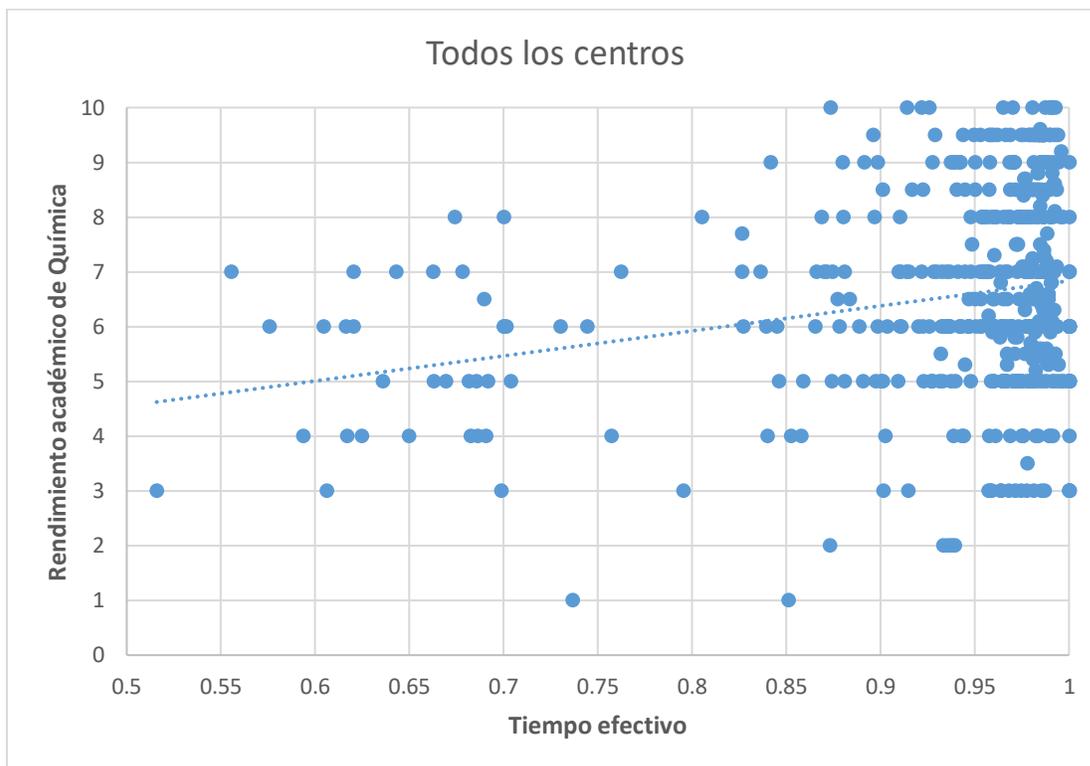


Figura 5.66. Correlación entre el Tiempo efectivo dedicado al LDG y el rendimiento académico en química para todos los centros participantes en el estudio.

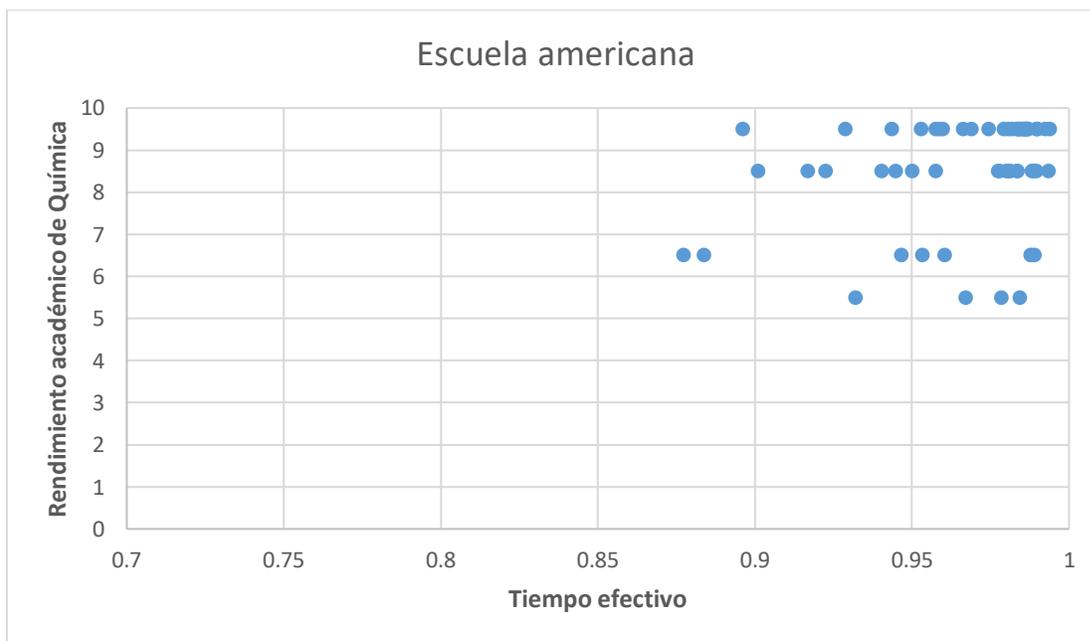


Figura 5.67. Correlación entre el Tiempo efectivo dedicado al LDG y el rendimiento académico en química para la escuela americana.

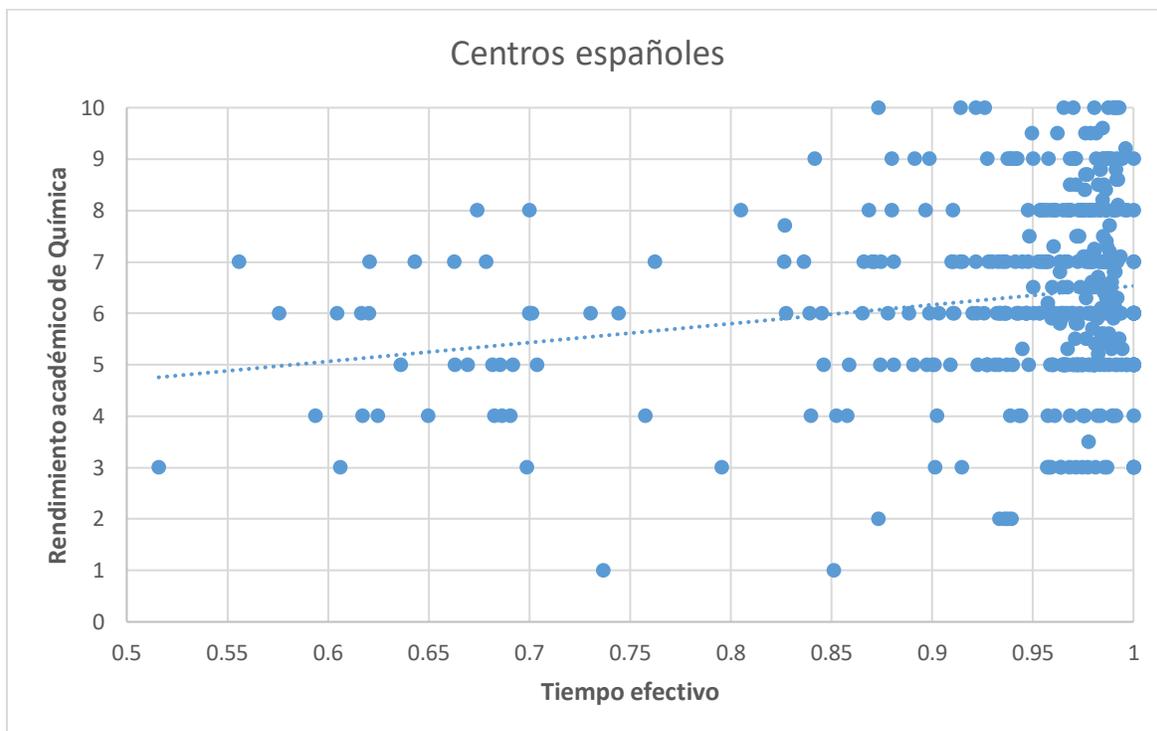


Figura 5.68. Correlación entre el Tiempo efectivo dedicado al LDG y el rendimiento académico en química para los centros españoles.

5.5.1.1.4 *¿Existe alguna asociación entre el tiempo efectivo dedicado al LDG y el Aprovechamiento que realizan los alumnos del mismo?*

Existe una correlación significativa, ajustada a un modelo de regresión cúbica, entre el Tiempo efectivo dedicado al LDG respecto al Aprovechamiento del mismo ($F= 76,568; 3; 507g.l; p= 0,000$; figura 5.69.). El porcentaje de la varianza explicado con esta asociación es del 25,8%.

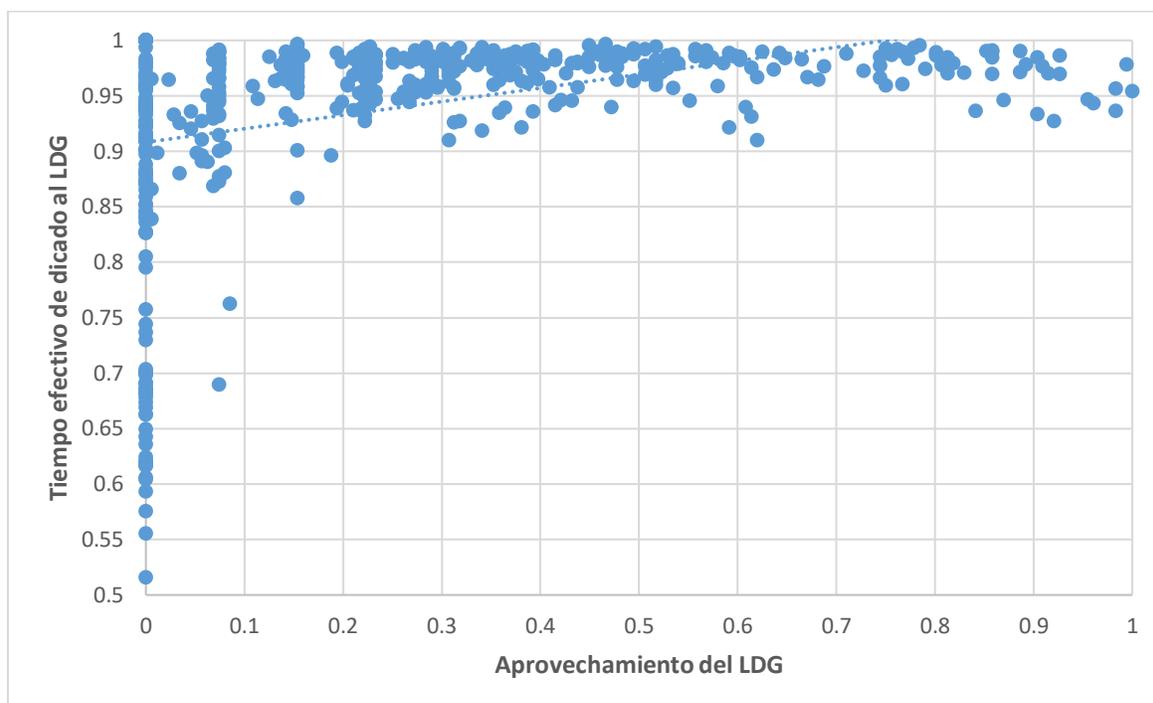


Figura 5.69. Correlación entre el Tiempo efectivo dedicado al LDG y el Aprovechamiento que se ha hecho del mismo.

5.5.1.1.5 *¿Existen diferencias en el tiempo efectivo dedicado al LDG entre los alumnos de diferentes cuartiles de Rendimiento académico global?*

Para evitar las posibles contaminaciones en los resultados que pueden inducir aquellos alumnos que han hecho un uso muy bajo del LDG, se ha decidido analizar el tiempo efectivo dedicado al LDG únicamente en los alumnos con un uso del LDG superior a los 30 minutos. En este escenario, los resultados muestran que no existen diferencias significativas en el tiempo efectivo dedicado al LDG entre los alumnos de los diferentes cuartiles de Rendimiento académico global (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2= 6,750$; 3 g.l.; $p=0,080$).

Siguiendo con el mismo razonamiento, se decidió analizar el tiempo efectivo del LDG por cuartiles de rendimiento académico global únicamente entre los alumnos que han hecho un uso más intensivo, decidiéndose seleccionar aquellos que habían dedicado una cantidad igual o superior a las 3 horas. Los resultados muestran que tampoco existen diferencias significativas en el Tiempo efectivo dedicado al LDG entre los alumnos de los diferentes cuartiles de

Rendimiento global al que pertenezca el alumno (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2= 4,836$; 3 g.l.; $p=0,184$).

Siguiendo con el análisis anterior, para evitar el problema de estar comparando el tiempo efectivo dedicado al LDG entre alumnos que han hecho usos muy diversos del mismo, se ha procedido a analizar la relación entre el Tiempo efectivo en función del cuartil de Rendimiento académico global, pero segmentando la muestra por cada cuartil de tiempo total de uso del LDG; es decir, que se han realizado cuatro análisis comparando el Tiempo efectivo con cada cuartil de Rendimiento académico global, uno para cada uno de las submuestras pertenecientes a cada uno de los cuatro cuartiles de tiempo total de uso del LDG.

Los resultados obtenidos muestran que únicamente existen diferencias significativas en el Tiempo efectivo dedicado al LDG en aquellos alumnos que pertenecen al Cuartil 2 de Tiempo total de uso del LDG, es decir aquellos que han hecho un uso del LDG medio bajo (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2= 13,859$; 3 g.l.; $p=0,003$). Los alumnos del cuartil de rendimiento académico global más elevado han sido aquellos que tienen un Tiempo efectivo significativamente más bajo que el resto (92%, tabla 5.34), mientras que los cuartiles de rendimiento académico global 1, 2 y 3, muestran porcentajes de tiempo efectivo significativamente superiores, siendo del 95%, 96% y 95% respectivamente (figura 5.70.).

En el resto de los cuartiles de uso total del LDG, no existen diferencias significativas en el Tiempo efectivo entre los alumnos de distinto cuartil de Rendimiento académico global, como se muestra a continuación:

- Cuartil 1 de tiempo de uso total del LDG: *test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2= 4,136$; 3 g.l.; $p=0,247$.
- Cuartil 3 de tiempo de uso total del LDG: *test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2= 1,073$; 3 g.l.; $p=0,783$.
- Cuartil 4 de tiempo de uso total del LDG: *test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2= 6,292$; 3 g.l.; $p=0,098$.

Tabla 5.34. Resultado de las pruebas *post-hoc* en la comparación del tiempo efectivo dedicado al LDG entre los distintos cuartiles de rendimiento académico global únicamente de los alumnos que pertenecen al cuartil 2 de tiempo total de uso del LDG. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Cuartiles comparados	U de Mann-Whitney	p	g.l.
1 – 2	376	0,097	62
1 – 3	507	0,884	63
1 – 4	209	0,007	55
2 – 3	278	0,092	53
2 – 4	104	0,000	45
3 – 4	184,5	0,046	46

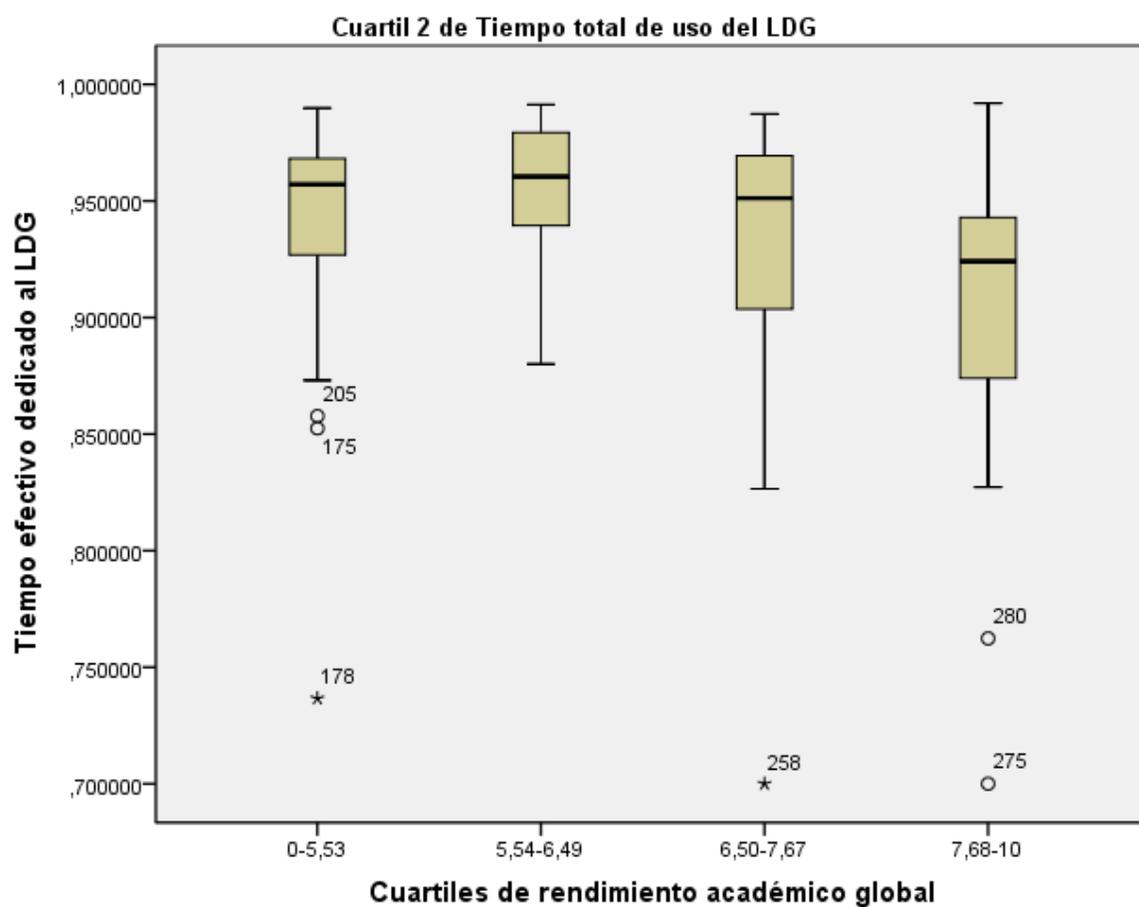


Figura 5.70. Tiempo efectivo dedicado al LDG de los alumnos de distintos cuartiles de rendimiento académico global, únicamente de la submuestra de los que pertenecen al segundo cuartil de tiempo total de uso del LDG.

5.5.1.1.6 *Síntesis de resultados*

- No existe ninguna relación entre el Tiempo efectivo dedicado al LDG y el género del alumno.
- El Tiempo efectivo dedicado al LDG es más elevado cuanto mayor es el cuartil de Tiempo dedicado al mismo.
- Tanto en el centro estadounidense como en los españoles, cuanto mayor es el Tiempo efectivo, mayor es el Rendimiento académico de química.
- Cuanto mayor es el Tiempo efectivo dedicado al LDG, mayor es el Aprovechamiento del LDG.
- No existen diferencias consistentes entre el Tiempo efectivo y el cuartil de Rendimiento académico global al que pertenece el alumno.

5.5.1.2 *Aprovechamiento del LDG*

5.5.1.2.1 *¿Existe alguna asociación entre el Aprovechamiento del LDG y el Rendimiento académico de Química?*

En general existe una correlación positiva entre la variable Aprovechamiento del LDG y la variable Rendimiento académico de química (Escuela americana: $r= 0,504$; $N= 65$; $p= 0,000$; figura 5.71. y Centros españoles: $r= 0,439$; $N= 476$; $p= 0,000$; figura 5.72.). Con esta asociación se explica el 25,4% y el 19,27% de la varianza del Rendimiento académico de Química, respectivamente, una cifra que puede considerarse relevante.

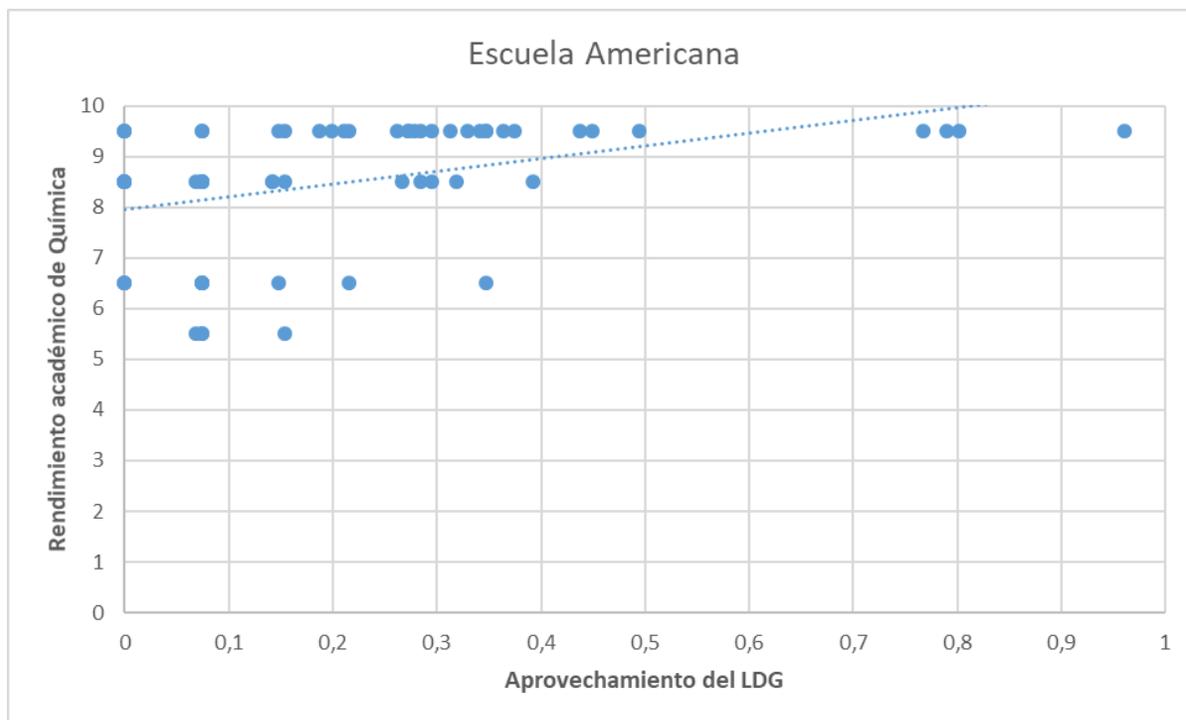


Figura 5.71. Correlación entre el Aprovechamiento del LDG y el Rendimiento de química en la escuela americana.

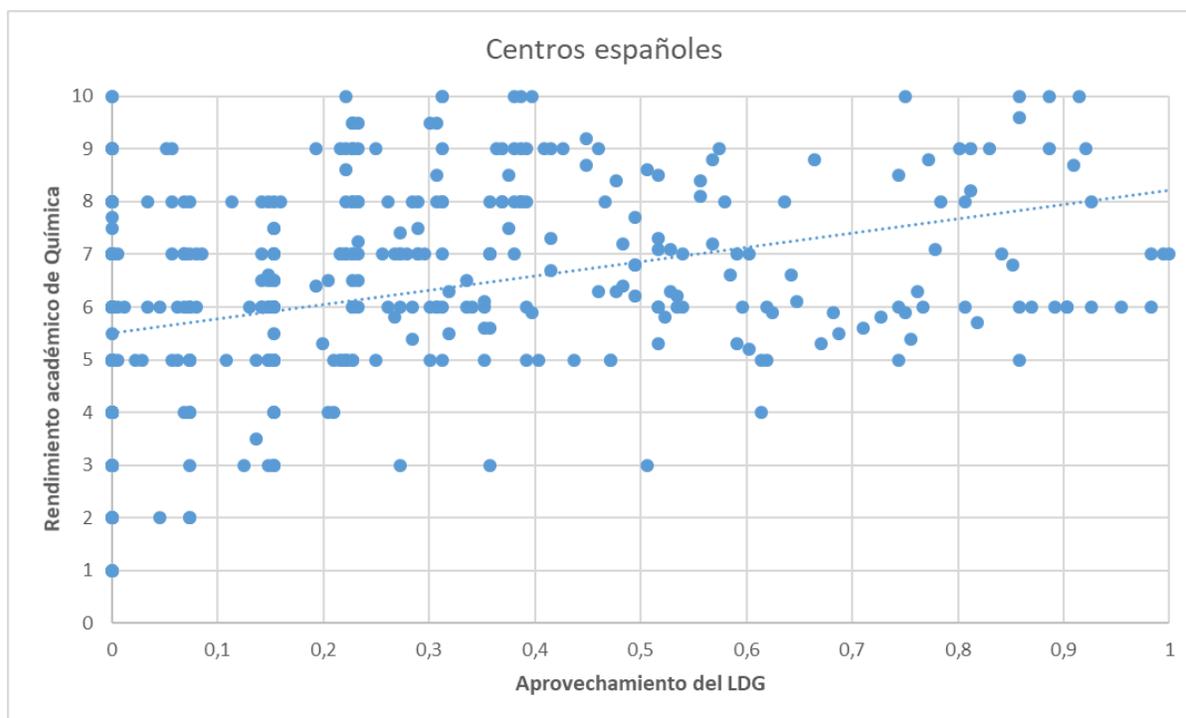


Figura 5.72. Correlación entre el Aprovechamiento del LDG y el rendimiento de química en los centros españoles.

5.5.1.2.2 *Síntesis de resultados*

- Cuanto mayor es el Aprovechamiento del LDG, mayor Rendimiento académico se obtiene en la asignatura de Química.

5.5.1.3 *Tiempo general dedicado al LDG*

En este apartado se ha analizado el impacto que los distintos tiempos dedicados al LDG, a saber, el tiempo total, el tiempo total dedicado a teoría y el tiempo total dedicado a los juegos, ha tenido en el rendimiento académico de química. En todos estos análisis se ha descartado incluir la escuela americana por las razones antes explicadas.

A continuación, se analizan cada uno de ellos.

5.5.1.3.1 *Tiempo total dedicado al LDG*

5.5.1.3.1.1 *¿Depende el Rendimiento académico de química del Tiempo total dedicado al LDG?!*

Existe una correlación positiva entre el Tiempo total dedicado al LDG y el Rendimiento académico de Química; ($r= 0,408$; $N=476$; $p= 0,000$; figura 5.73.), siendo el porcentaje de la varianza explicada para esta asociación del 16,64%. Por tanto, los alumnos que más tiempo utilizan el LDG son los que presentan un rendimiento académico de química más alto.

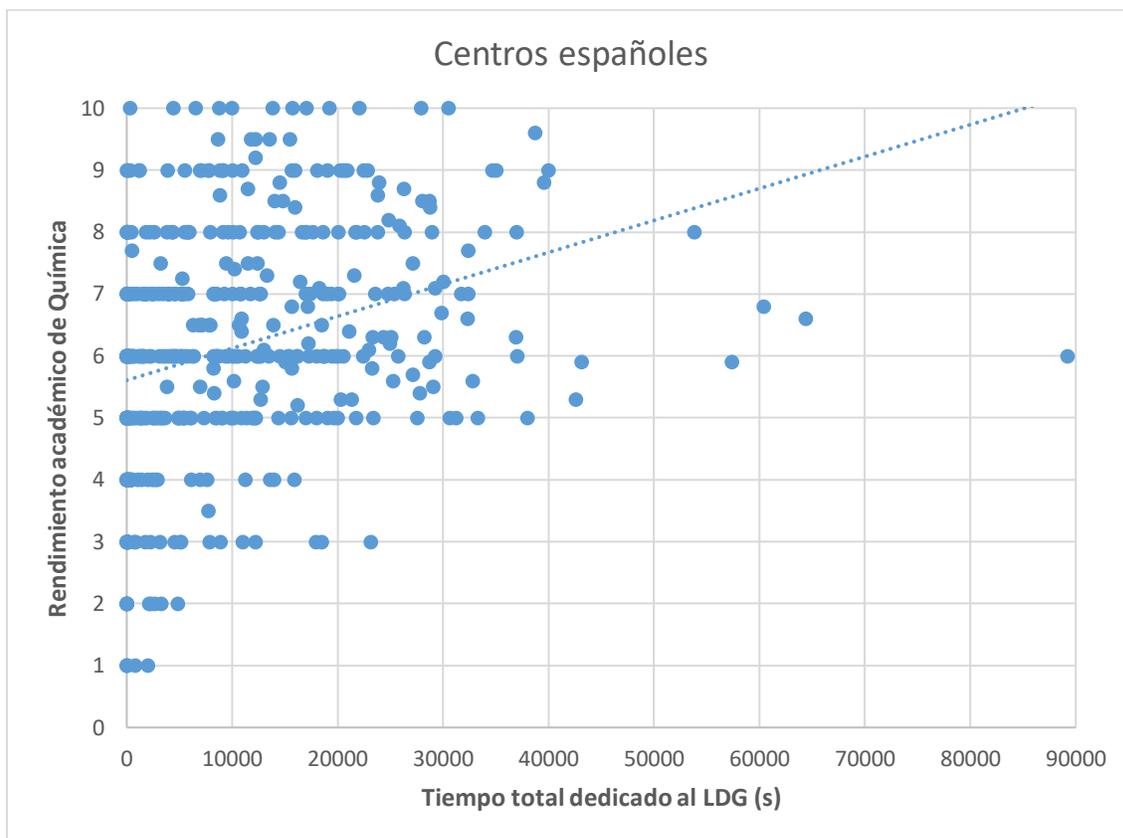


Figura 5.73. Correlación entre el tiempo total dedicado a los juegos del LDG y el rendimiento académico en química.

5.5.1.3.1.2 *¿Existen diferencias en el Rendimiento académico de química entre los alumnos que dedican un Tiempo total al LDG mayor con respecto a los que le dedican un Tiempo total menor?*

Se clasificó a los alumnos en dos tipos, aquellos que estaban por encima de la mediana de tiempo total dedicado al LDG y los que estaban por debajo. Existen diferencias significativas (*test* de U de Mann-Whitney: $U=16476,5; 474 \text{ g.l.}; p=0,000$; figura 5.74.), siendo aquellos alumnos que más tiempo dedican al LDG los que obtienen rendimientos significativamente más altos de química.

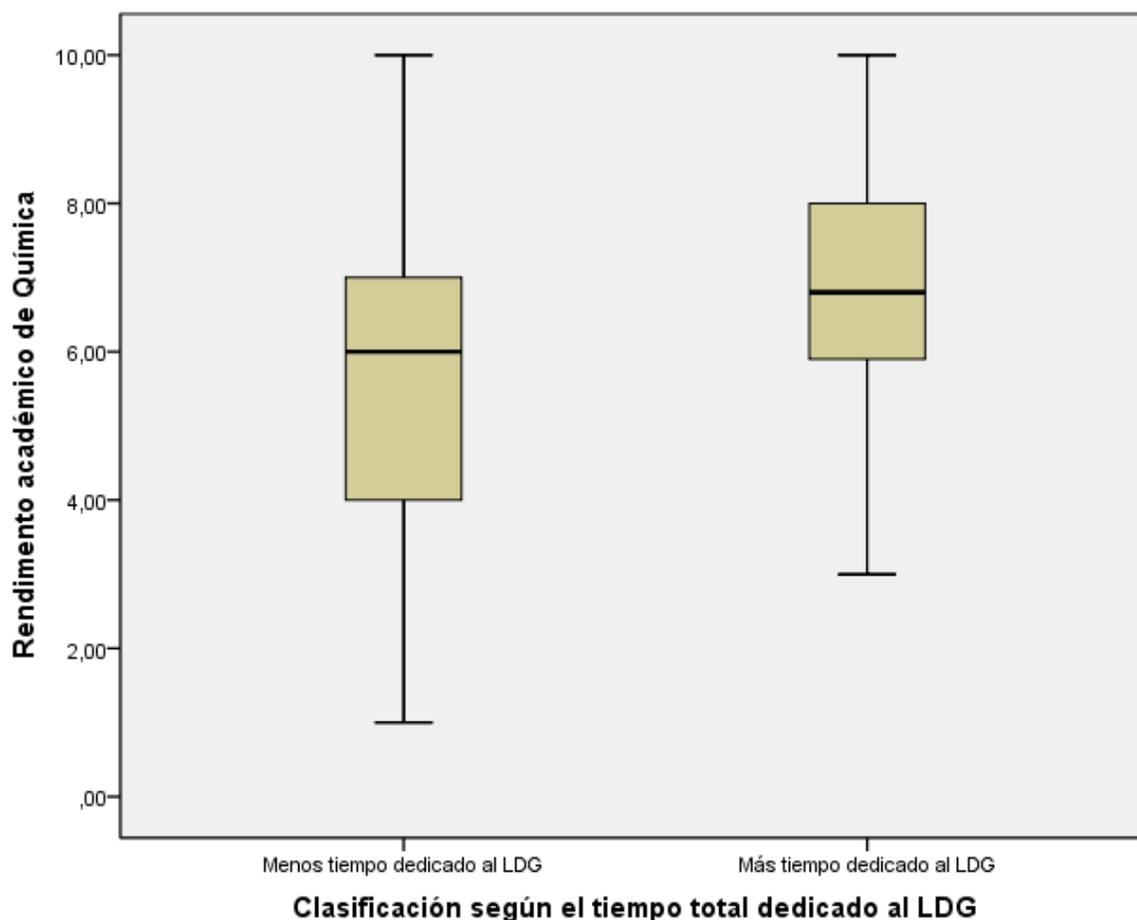


Figura 5.74. Rendimiento académico de química según el grupo de tiempo total dedicado al LDG al que pertenece el alumno.

5.5.1.3.2 *Tiempo total dedicado a la teoría del LDG*

5.5.1.3.2.1 *¿Depende el Rendimiento académico de química del Tiempo total dedicado a la teoría?*

Los resultados obtenidos sugieren que sí, ya que existe una correlación positiva entre el tiempo total dedicado a la teoría del LDG y el Rendimiento académico de Química; ($r= 0,408$; $N=476$; $p= 0,000$; figura 5.75.), siendo el porcentaje de la varianza explicada para esta asociación del 16,64%. Por tanto, los alumnos que más tiempo han dedicado a los apartados teóricos ofrecidos en el LDG son los que presentan un rendimiento académico de química más alto.

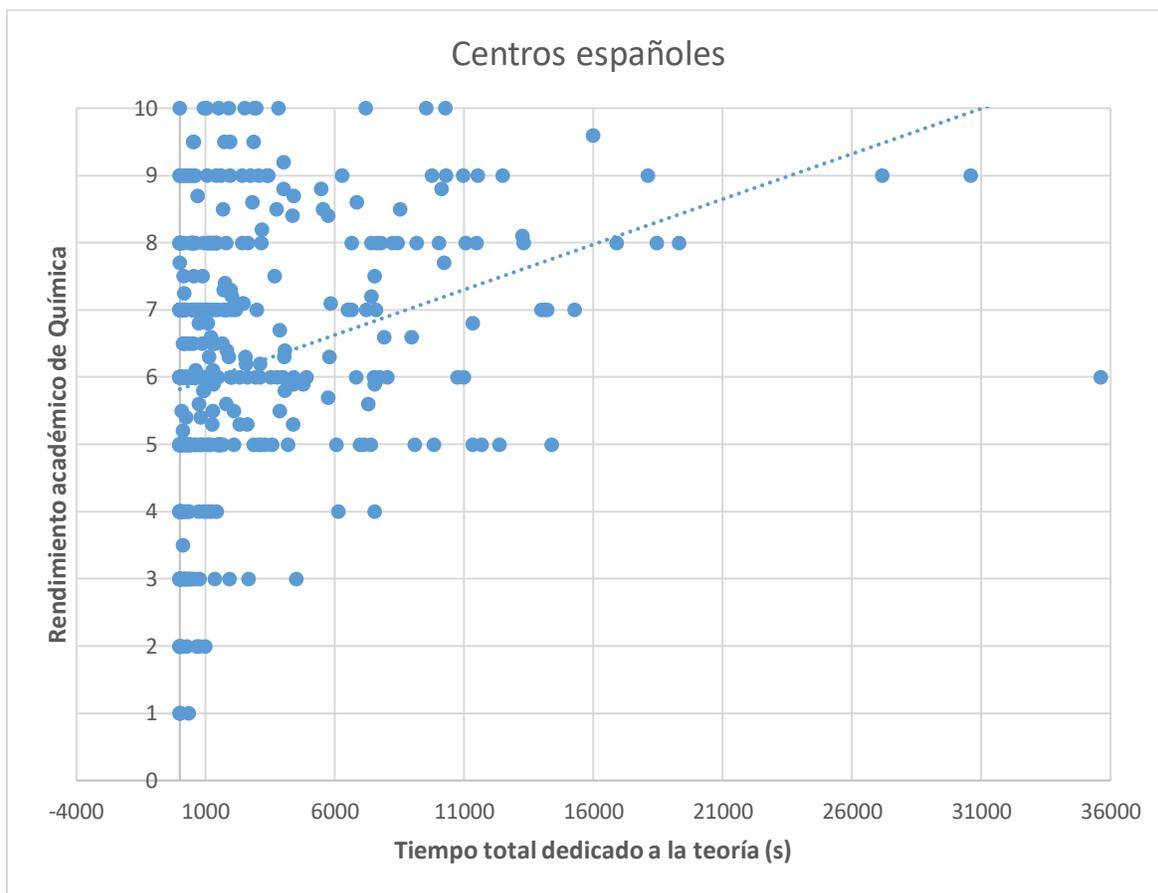


Figura 5.75. Correlación entre el tiempo total dedicado a la teoría del LDG y el rendimiento académico en química.

5.5.1.3.2.2 *¿Existen diferencias en el Rendimiento académico de química entre los alumnos que dedican más o menos tiempo a la teoría?*

Se clasificó a los alumnos en dos tipos, aquellos que estaban por encima de la mediana de tiempo total dedicado a la teoría del LDG y los que estaban por debajo. Los resultados muestran la existencia de diferencias significativas entre estos dos grupos de alumnos (*test* de U de Mann-Whitney: $U=17593,5; 474$ g.l.; $p=0,000$; figura 5.76.), siendo aquellos alumnos que mayor uso hacen de la teoría, los que obtienen rendimientos significativamente más altos de química.

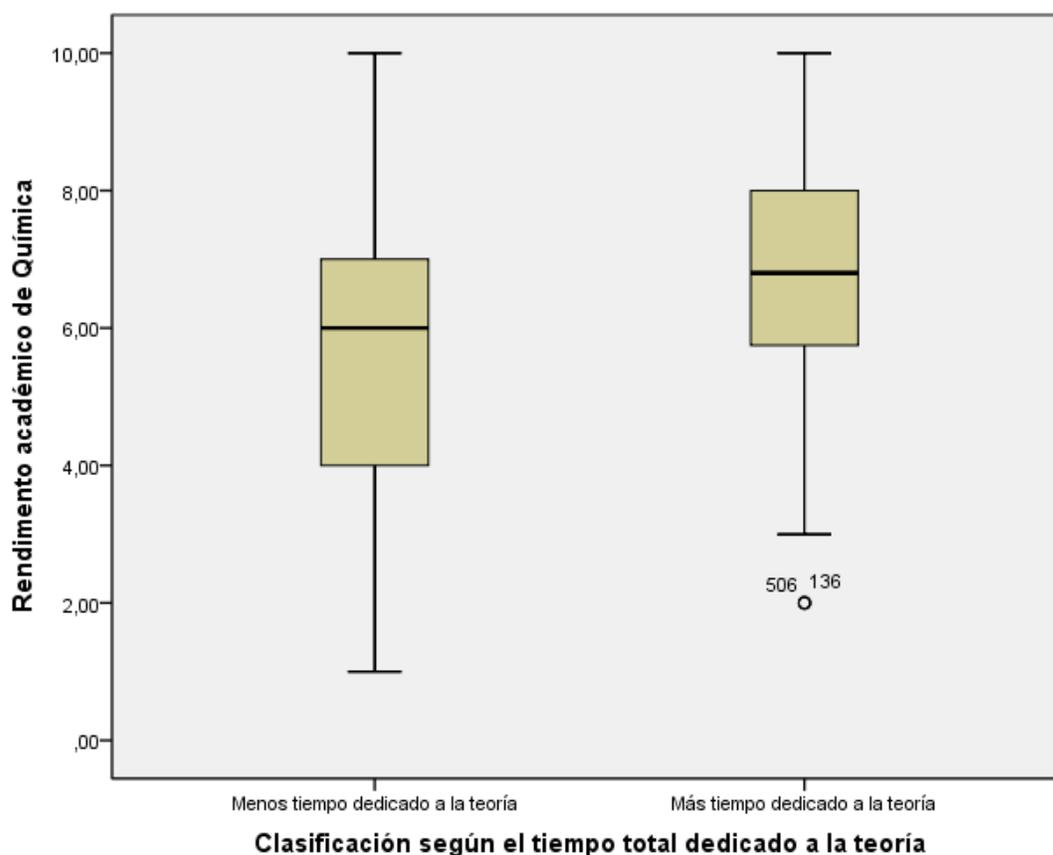


Figura 5.76. Rendimiento académico de química según el grupo de tiempo total dedicado a teoría al que pertenece el alumno.

5.5.1.3.3 *Tiempo total dedicado a los juegos del LDG*

5.5.1.3.3.1 *¿Depende el el Rendimiento académico de química del Tiempo total dedicado a los juegos del LDG?*

La respuesta a esta pregunta es afirmativa, ya que se ha observado que hay una correlación positiva entre el tiempo total dedicado a la teoría del LDG y el Rendimiento académico de Química; ($r= 0,404$; $N=476$; $p= 0,000$; figura 5.77.), siendo el porcentaje de la varianza explicada para esta asociación del 16,32%. Por tanto, los alumnos que más tiempo dedican a jugar, son los que presentan un rendimiento académico de química más alto.

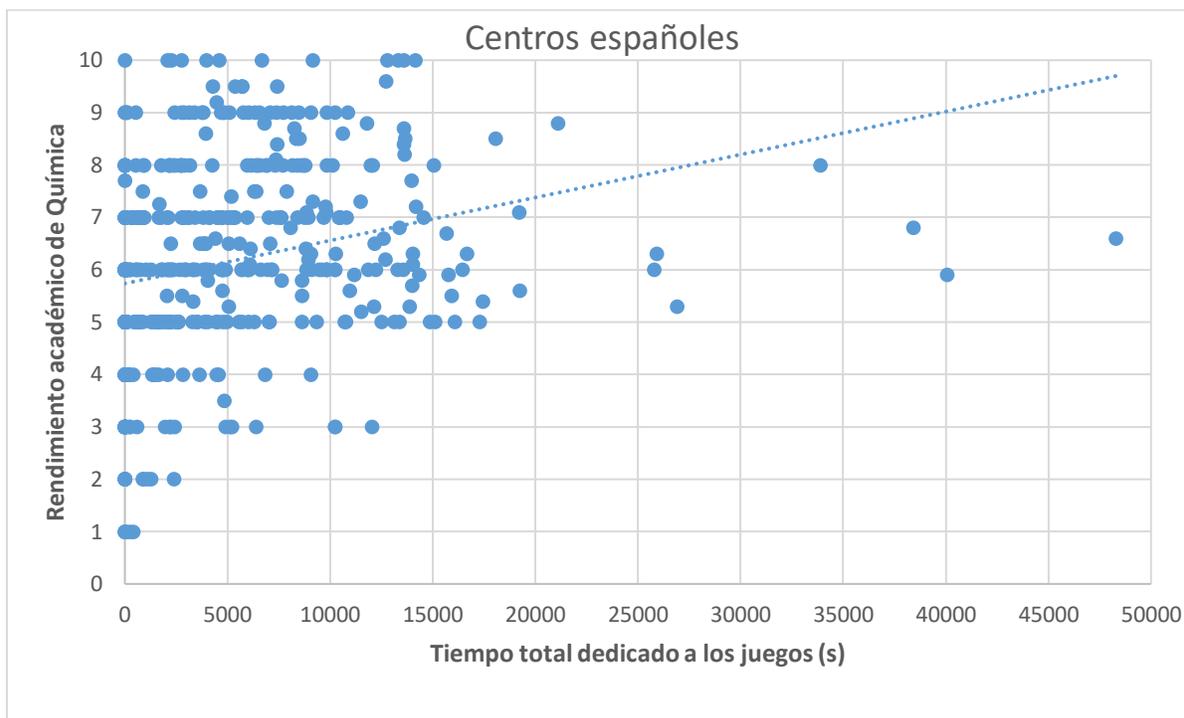


Figura 5.77. Correlación entre el tiempo total dedicado a los juegos del LDG y el rendimiento académico en química.

5.5.1.3.3.2 *¿Existen diferencias en el Rendimiento académico de química entre los alumnos que dedican más o menos tiempo a los juegos?*

Nuevamente, se hizo una clasificación de los alumnos en dos tipos, los que están por encima de la mediana del tiempo total dedicado a los juegos, y los que están por debajo.

Los resultados muestran que sí existen diferencias significativas (*test* de U de Mann-Whitney: $U=16789,5; 474$ g.l.; $p=0,000$; figura 5.78.) entre estos dos grupos de alumnos, siendo aquellos que más juegan los que obtienen rendimientos significativamente más altos de química.

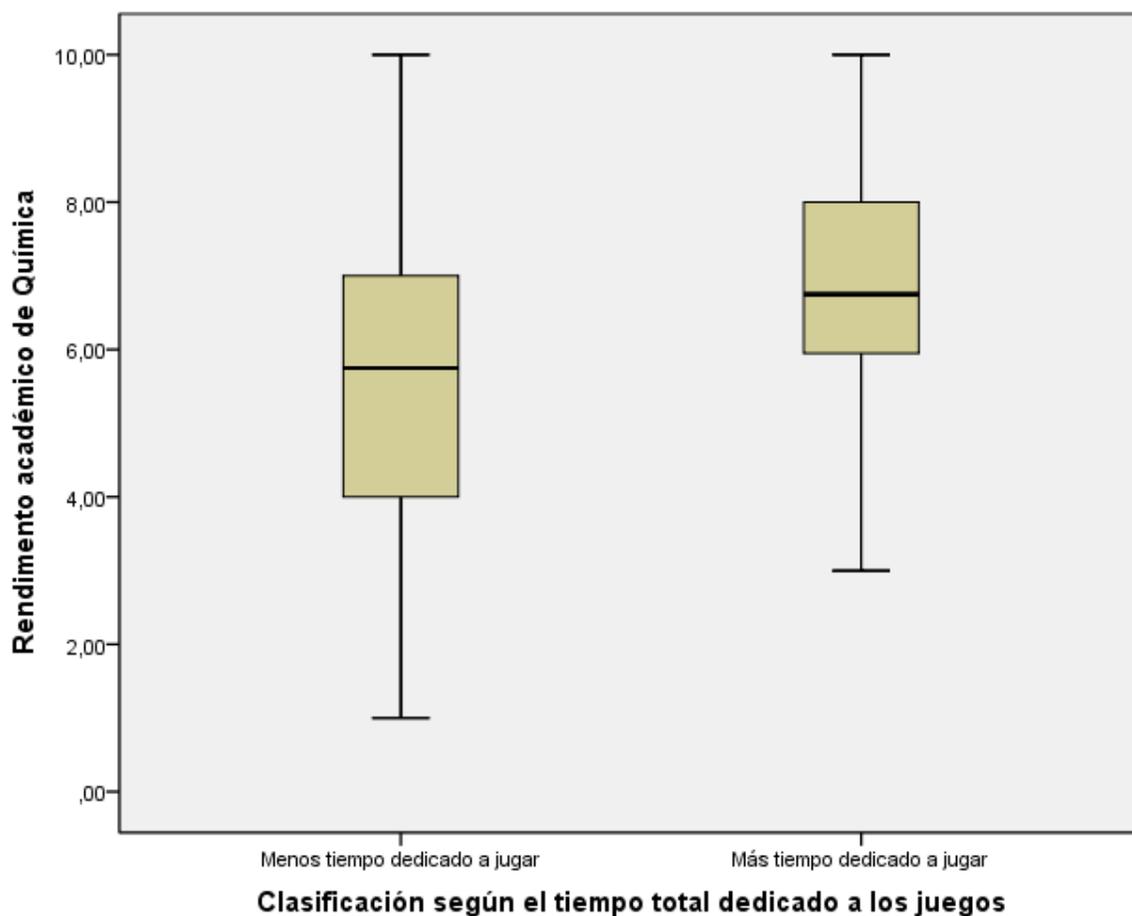


Figura 5.78. Rendimiento académico de química según el grupo de tiempo total dedicado a los juegos al que pertenece el alumno.

5.5.1.3.4 *Síntesis de resultados*

- Los alumnos que más tiempo dedican al LDG obtienen mayores Rendimientos académicos de química.
- Los alumnos que más tiempo dedican a los contenidos teóricos obtienen mayores Rendimientos académicos de química.
- Los alumnos que más tiempo dedican a los juegos obtienen mayores Rendimientos académicos de química.

5.5.1.4 *Uso del LDG*

Uno de los objetivos del presente estudio ha sido analizar el uso que le ha dado el alumnado al LDG, teniendo en cuenta diversos factores.

Dada la gran cantidad de variables que se han tomado relacionadas con el uso del LDG y que potencialmente podían influir en el aprendizaje de la asignatura (descritas en el apartado XX de material y métodos), se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP), con la finalidad de valorar si, de entre todas estas variables, existía una componente que resumiera y reflejara correctamente la variabilidad en el uso de *Top Chemist* por parte de los alumnos.

A partir de este punto, se analizó la influencia de una serie de cofactores que podrían estar afectando a este uso del LDG y que fueron:

- Tipo de escuela.
- Tipo de uso del LDG.
- Rendimiento académico global del alumno.
- Curso.
- Género.

En la tablas 5.35. y 5.36. se muestran algunos resultados del ACP: la importancia de cada componente, su desviación estándar y la varianza explicada. Como puede apreciarse, la componente 1, a la que como se trató en el apartado de metodología, hemos pasado a denominar Uso del LDG, demostró ser muy explicativa y, por tanto, puede considerarse un buen reflejo del uso que el alumno realizaba del LDG ya que, por sí sola, explica el 67,4% de la varianza de los datos. Además, como se recoge en la tabla 4.2, todos los coeficientes de carga del Uso del LDG son de signo positivo y de una magnitud similar; ello avala nuevamente que el Uso del LDG puede considerarse una variable que nos proporciona una muy buena medición del uso general que hace cada alumno del LDG, razón por la cual se ha utilizado como variable que describe y resume este fin, pasando a denominarse Uso del LDG.

Tabla 5.35. Resultados del análisis de componentes principales, indicando la dispersión de cada componente.

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6	Comp.7	Comp.8	Comp.9	Comp.10	Comp.11
Desviación estándar	2.720	1.108	0.849	0.816	0.620	0.472	0.428	0.293	0.230	0.174	0.088
Varianza explicada	0.674	0.112	0.066	0.061	0.035	0.020	0.017	0.008	0.005	0.003	0.001
Varianza explicada acumulada	0.674	0.785	0.851	0.912	0.947	0.967	0.984	0.992	0.997	0.999	1.000

Tabla 5.36. Coeficientes de carga de las diferentes variables utilizadas en el análisis de componentes principales.

	Com p.1	Com p.2	Com p.3	Com p.4	Com p.5	Com p.6	Com p.7	Com p.8	Com p.9	Comp .10	Comp .11
lessons_dome	0.338	0.179	0.042	0.172	0.064	0.389	0.336	0.608	0.286	0.144	0.287
lessons_accesses	0.299	-0.304	0.317	0.157	0.015	0.643	-0.453	-0.260	-0.068	-0.037	-0.010
lessons_duration	0.172	-0.677	0.293	0.367	0.197	-0.433	0.232	0.091	0.027	0.060	-0.019
games_dome	0.340	0.160	0.013	0.014	0.034	0.155	0.663	-0.491	-0.035	-0.211	-0.325
games_accesses	0.315	-0.111	0.142	-0.486	-0.395	-0.088	0.088	-0.078	-0.155	0.653	0.066
games_duration	0.324	-0.124	0.143	-0.400	-0.362	-0.171	-0.109	0.233	0.215	-0.653	-0.025
quizes_dome	0.337	0.286	0.032	0.165	0.085	-0.155	-0.255	0.359	-0.346	0.094	-0.650
quizes_duration	0.326	0.306	0.012	0.174	0.086	-0.323	-0.302	-0.331	0.650	0.181	0.053
quizes_score	0.343	0.252	0.011	0.140	0.101	-0.235	-0.065	-0.119	-0.547	-0.190	0.617
time_out	0.252	-0.232	-0.426	-0.480	0.680	0.043	-0.078	0.025	0.024	0.012	-0.002
time_useless	0.216	-0.267	-0.767	0.328	-0.426	0.037	-0.047	-0.025	-0.017	0.009	-0.010

5.5.1.4.1 *¿Existe alguna asociación entre el uso del LDG y el tiempo efectivo dedicado al mismo?*

Existe una correlación significativa ajustada a un modelo de regresión cúbica entre el tiempo efectivo dedicado al LDG respecto al Uso del LDG ($F= 87,303$; 3; 507 g.l.; $p= 0,000$; figura 5.79). El porcentaje de la varianza explicado con esta asociación es del 29,1%.

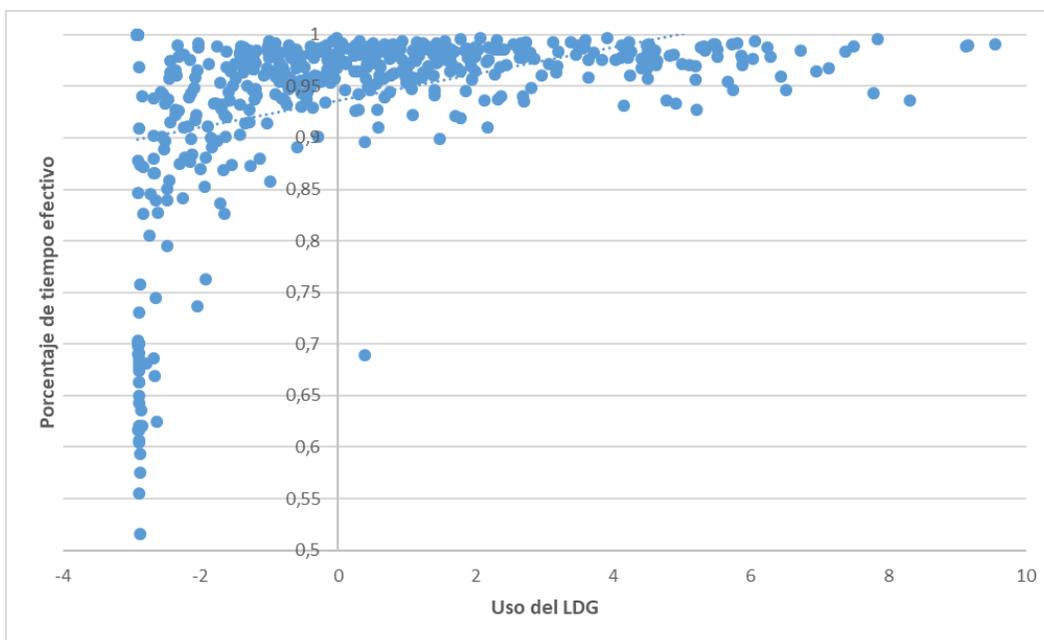


Figura 5.79. Correlación entre el tiempo efectivo dedicado al LDG y la cantidad de uso que se ha hecho del mismo.

5.5.1.4.2 *¿Es el rendimiento académico global del alumno un condicionante del uso del LDG según el tipo de uso realizado?*

Al efectuar un análisis de la desviación en el que la variable respuesta era el Uso del LDG y los cofactores el rendimiento académico global del alumno y el tipo de uso del LDG, puede apreciarse que el Uso del LDG se halla asociado significativamente a ambos cofactores (“Rendimiento académico global”: $\chi^2= 30,07$; 3 g.l.; $p=1.335e-6$, “Tipo de uso del LDG”: $\chi^2=15,36$; 2 g.l.; $p=0.00046$).

Sin embargo, se ha podido observar también que hay una interacción entre los dos cofactores (“Rendimiento académico global”- “Tipo de uso del LDG”: $\chi^2=31,513$; 6 g.l.; $p=2.023e-05$); ello

comporta que el efecto del factor “Rendimiento académico global” no es el mismo en los tres niveles del factor “Tipo de uso”; así, el uso que se ha hecho en los centros en los que se ha hecho una liga muestra que no hay diferencias significativas entre alumnos de los diferentes cuartiles de rendimiento académico, mientras que ello no ocurre en los centros en los que se ha hecho un uso del LDG en el centro pero como complemento a la docencia y sin organizar ligas. Por tanto, el resultado de la combinación de los dos cofactores analizados difiere de la suma de los efectos principales de éstos.

Esta interacción entre los cofactores se puede observar en la figura 5.80., que recoge el Uso del LDG del alumnado para cada escuela y en función del cuartil de rendimiento académico global al que pertenece cada alumno. Se muestra también el tipo de uso del LDG en cada escuela.

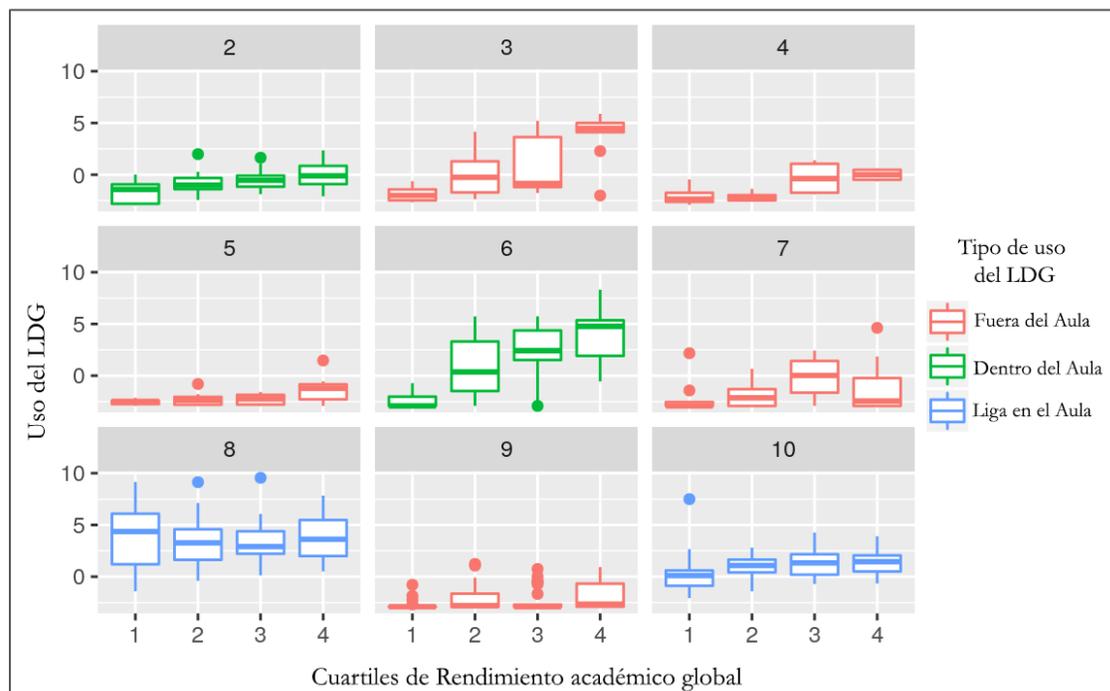


Figura 5.80. Uso que el alumnado ha hecho del LDG por escuela (de la 2 a la 10) y cuartil de rendimiento académico global según el tipo de uso realizado.

Estos resultados se pueden apreciar con mayor claridad en la figura 5.81., que recoge el uso del LDG en función del rendimiento académico global del alumno para cada uno de los tres tipos de uso en el conjunto de las escuelas en las que se ha realizado la investigación. Claramente se observa que el uso del LDG es menor cuando éste se utiliza fuera del centro, que cuando se

utiliza en el mismo como complemento a la docencia el uso del LDG aumenta y que, cuando se organizan ligas, no solamente el uso del LDG es el más alto, sino que además este uso es independiente del rendimiento académico general del alumno, cosa que no sucedía en los otros dos tipos de uso, en los que únicamente los alumnos con un rendimiento académico general más alto utilizaban el LDG con una alta frecuencia.

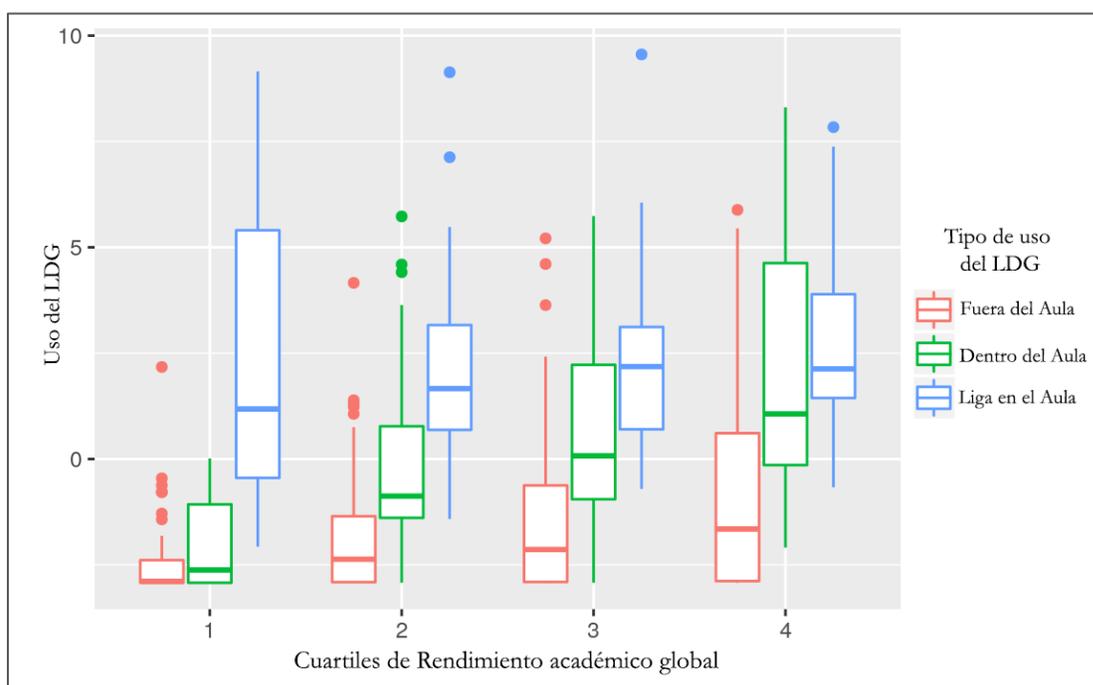


Figura 5.81. Uso del LDG en función del Rendimiento global del alumno según para cada tipo de uso que se ha hecho del LDG.

5.5.1.4.3 Síntesis de resultados

- Quanto maior es el Tiempo efectivo dedicado al LDG, mayor es el Uso de este que hace el alumno.
- En los centros en los que se ha hecho un uso bajo del LDG, existe una leve relación entre este uso y el rendimiento académico global del alumno: los alumnos con un rendimiento académico global más alto lo utilizan ligeramente más que los alumnos de rendimiento académico global bajo.

- En los centros en los que el uso del LDG ha sido mayor, se aprecia claramente que los alumnos con un mejor rendimiento académico global son los que lo utilizan mucho más.
- Sin embargo, si se tiene en cuenta el tipo de uso del LDG, se puede apreciar que en las escuelas en las que se han organizado ligas, todos los alumnos utilizan el LDG por un igual, independientemente de su rendimiento académico global. Ello ocurre tanto en la escuela 8, con un elevado uso del LDG, como en una escuela 10, con un uso ligeramente menor.

5.5.1.4.4 *¿Existe alguna asociación entre el uso del LDG y el curso de la ESO?*

Con la finalidad de averiguar si existían diferencias significativas entre el uso del LDG en los dos cursos analizados (3º y 4º de ESO), y puesto que la variable Uso del LDG sigue una distribución no paramétrica, se ha efectuado una prueba U de Mann-Whitney. El resultado obtenido muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre ambos cursos (*test* de U de Mann-Whitney: $U=19021,5$; 559 g.l.; $p=0,756$); por tanto, tanto en 3º como en 4º de ESO, el uso del LDG es similar (figura 5.82.).

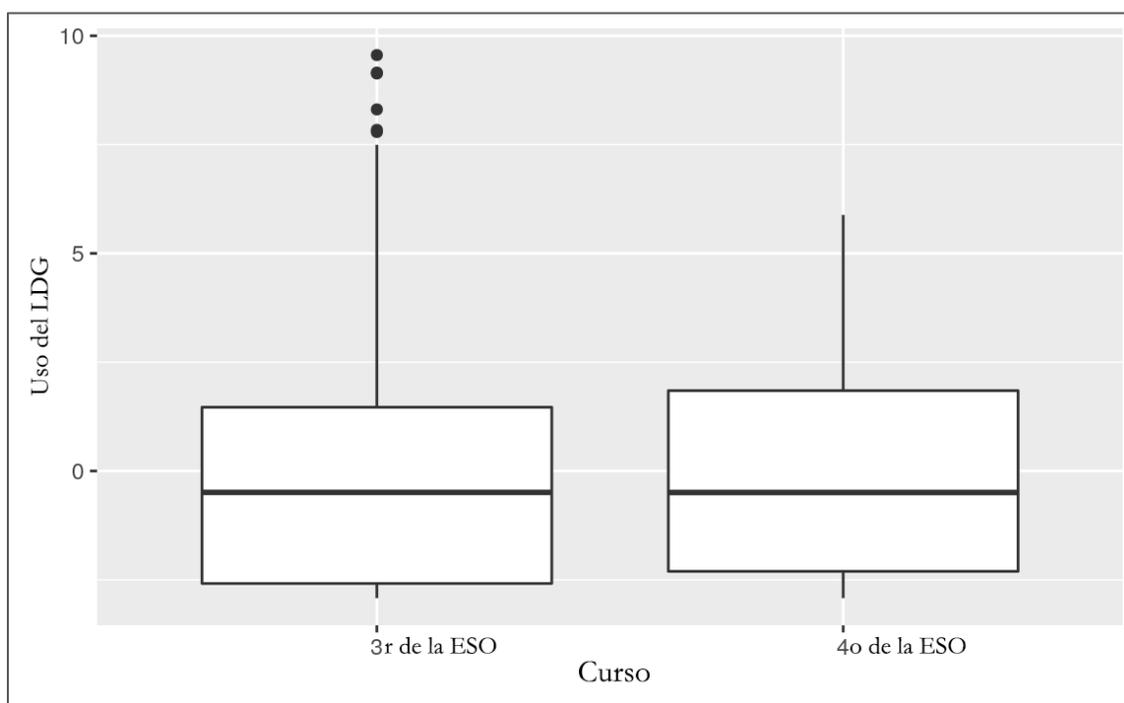


Figura 5.82. Diferencias en el uso del LDG para 3º y 4º ESO.

5.5.1.4.5 *¿Condiciona el Uso del LDG el rendimiento académico de Química?*

Uno de los objetivos principales de esta tesis era determinar el efecto que tiene el LDG sobre el rendimiento de la asignatura de Química en 3º y 4º de ESO. Para abordar este aspecto, se ha efectuado un modelo lineal generalizado mixto en el que la variable respuesta era el Rendimiento académico de Química, la covariable era el Uso del LDG, siendo el género y el curso factores fijos y la escuela factor aleatorio; también se analizaron, dos a dos, las interacciones entre covariable y factores fijos, eliminando para sucesivos modelos aquéllas que no fueron significativas. El modelo se validó mediante la inspección visual de los residuos.

Este modelo se aplicó para cada uno de los cuatro cuartiles de rendimiento académico global del alumnado. Las razones de ello son múltiples, entre las cuales destacamos:

- El uso del LDG está fuertemente condicionado por el rendimiento académico global del alumnado, como se ha visto anteriormente.
- Como también se ha comentado anteriormente, las chicas tienden a concentrarse en los cuartiles superiores de rendimiento académico y los chicos en los inferiores.
- Cuando se efectúa una prueba de Kruskal-Wallis de comparación del rendimiento académico global por cuartiles, se observan diferencias estadísticamente significativas ($\chi^2=403,133$; 3 g.l.; $p<<0,001$; figura 5.83.). Al efectuar los correspondientes contrastes *post-hoc* efectuando comparaciones dos a dos mediante la prueba de la U de Mann-Whitney, se puede apreciar que todos los cuartiles se diferencian entre sí (tabla 5.37.).

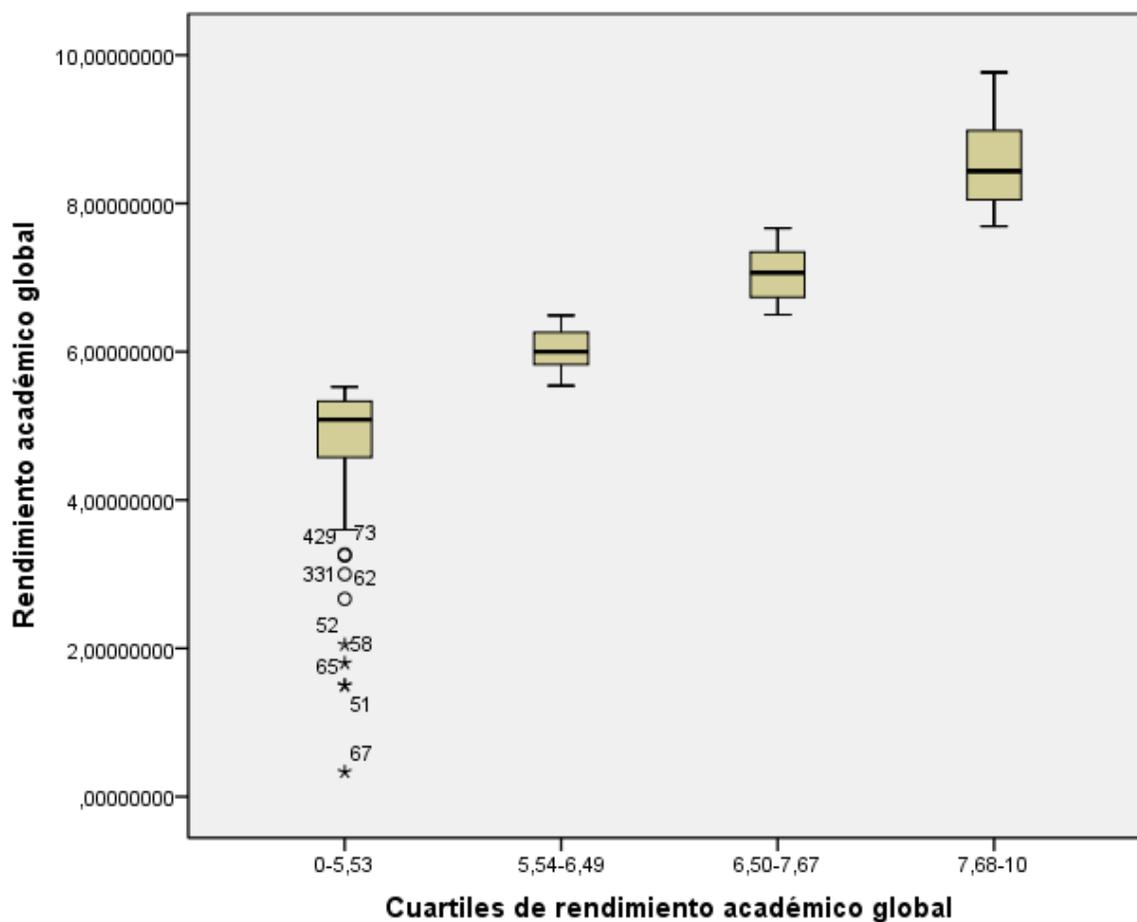


Figura 5.83. Comparación de los cuartiles de Rendimiento académico global del alumnado.

Tabla 5.37. Pruebas *post-hoc* de comparación del rendimiento académico global entre los distintos cuartiles (Q) tomados de dos en dos. *: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄
Q ₁		U= 0,000 213 g.l. p= 0,000**	U= 0,000 214 g.l. p= 0,000**	U= 0,000 214 g.l. p= 0,000**
Q ₂			U= 0,000 213 g.l. p= 0,000**	U= 0,000 213 g.l. p= 0,000**
Q ₃				U= 0,000 214 g.l. p= 0,000**

5.5.1.4.6 *¿Cómo influye el uso del LDG en el rendimiento académico de Química en los alumnos de distintos rendimientos académicos globales?*

5.5.1.4.6.1 *¿Cómo influye el Uso del LDG en el Rendimiento académico de Química en el cuartil 1 de Rendimiento académico global?*

Al realizar el modelo, se pudo apreciar que ninguna de las interacciones (Uso del LDG: género, Uso del LDG: curso, género:curso) resultó ser significativa, por lo que se eliminaron del mismo. En esta segunda fase, el resultado obtenido mostró un efecto significativo del Uso del LDG sobre el Rendimiento académico de Química ($\chi^2=16,64$; 1 g.l.; $p=4.507e-05$), pero no hubo efectos significativos ni del cofactor género ($\chi^2=0.014$; 1 g.l.; $p=0.904$) ni del cofactor curso ($\chi^2=0,2554$; 1 g.l.; $p=0.613$). Eliminando en un siguiente paso los dos cofactores no significativos (género y curso), el modelo final muestra un efecto muy significativo del Uso del LDG sobre el Rendimiento académico de Química ($\chi^2=19,08$; 1 g.l.; $p=1.251e-5$). La inspección visual de los residuos validó este modelo final.

El análisis de la desviación muestra nuevamente que el Uso del LDG tiene un efecto muy significativo sobre el rendimiento en la asignatura de química ($\chi^2= 21,71$; 1 g.l.; $p=3.171e-06$), que explica un 45% de la varianza observada. La figura 5.84. muestra esta relación entre el Rendimiento académico de Química y el Uso del LDG en los diferentes centros investigados.

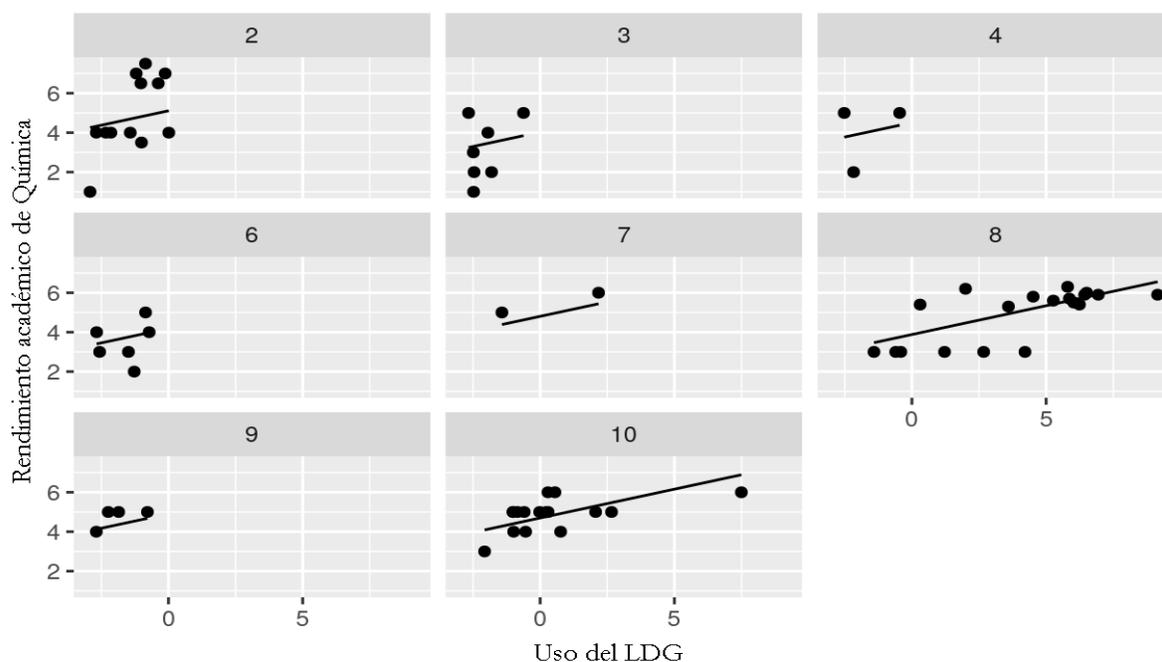


Figura 5.84. Nota de química para alumnos del cuartil 1 de Rendimiento académico global en relación con el Uso del LDG por escuelas.

Por tanto, a la vista de los resultados obtenidos, puede concluirse que, para los alumnos del cuartil 1 de rendimiento académico global, un mayor uso del LDG está asociado a un mayor rendimiento en la asignatura de química.

5.5.1.4.6.2 *¿Cómo influye el Uso del LDG en el Rendimiento académico de Química en el cuartil 2 de Rendimiento académico global?*

Al realizar el modelo, se pudo apreciar que ninguna de las interacciones (el Uso del LDG: género, el Uso del LDG: curso, género:curso) resultó ser significativa, por lo que se eliminaron del mismo. En esta segunda fase, el resultado obtenido mostró un efecto significativo del Uso del LDG sobre el rendimiento en la asignatura de química ($\chi^2=6,286$; 1 g.l.; $p=0,0121$), pero no hubo efectos significativos ni del cofactor género ($\chi^2=0,187$; 1 g.l.; $p=0,664$) ni del cofactor curso ($\chi^2=0,917$; 1 g.l.; $p=0,338$). Eliminando en un siguiente paso los dos cofactores no significativos (género y curso), el modelo final muestra un efecto significativo del Uso del LDG sobre el rendimiento en la asignatura de química ($\chi^2=6,14$; 1 g.l.; $p=0,013$). La inspección visual de los residuos validó este modelo final.

El análisis de la desviación muestra nuevamente que el Uso del LDG tiene un efecto muy significativo sobre el rendimiento en la asignatura de química ($\chi^2= 676$; 1 g.l.; $p=0,0093$), que explica un 49% de la varianza observada. La figura 5.85. muestra esta relación entre el rendimiento en la asignatura de química y el Uso del LDG en los diferentes centros investigados.

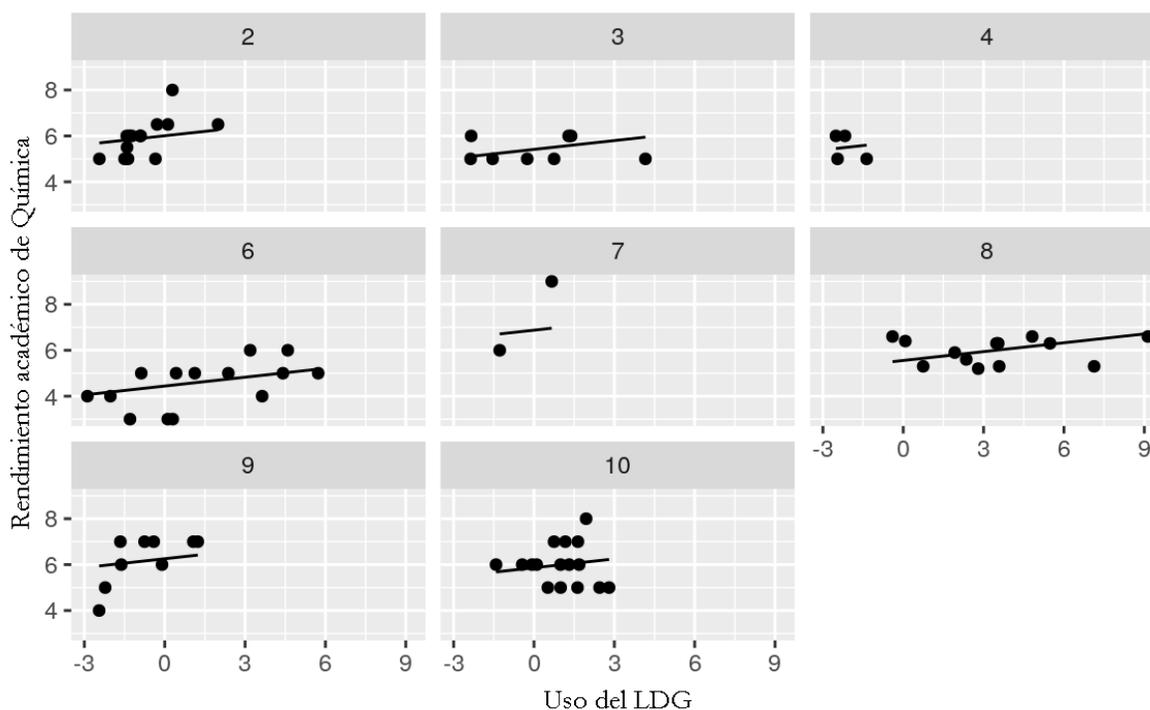


Figura 5.85. Rendimiento académico de Química para alumnos del cuartil 2 de Rendimiento académico global en relación con el Uso del LDG por escuelas.

Por tanto, a la vista de los resultados obtenidos, puede concluirse que, también para los alumnos del cuartil 2 de rendimiento académico global, un mayor uso del LDG está asociado a un mayor rendimiento en la asignatura de química.

5.5.1.4.6.3 *¿Cómo influye el Uso del LDG en el Rendimiento académico de Química en el cuartil 3 de Rendimiento académico global?*

Al realizar el modelo, se pudo apreciar que ninguna de las interacciones (Uso del LDG:género, Uso del LDG: curso, género:curso) resultó ser significativa, por lo que se eliminaron del mismo. En una segunda fase, se volvió a realizar el nuevo modelo sin las interacciones, y el resultado

obtenido mostró un efecto significativo del Uso del LDG sobre el rendimiento en la asignatura de química ($\chi^2=6,453$; 1 g.l.; $p=0,0111$), pero no hubo efectos significativos ni del cofactor género ($\chi^2=0,321$; 1 g.l.; $p=0,571$) ni del cofactor curso ($\chi^2=2,149$; 1 g.l.; $p=0,143$). Eliminando en un siguiente paso los dos cofactores no significativos (género y curso), el modelo final muestra un efecto significativo del Uso del LDG sobre el rendimiento en la asignatura de química ($\chi^2=6,763$; 1 g.l.; $p=0,0093$). La inspección visual de los residuos validó este modelo final.

El análisis de la desviación muestra nuevamente que el Uso del LDG tiene un efecto muy significativo sobre el rendimiento en la asignatura de química ($\chi^2= 6,762$; 1 g.l.; $p=0,0093$), que explica un 52% de la varianza observada. La figura 5.86. muestra esta relación entre el rendimiento en la asignatura de química y el Uso del LDG en los diferentes centros investigados.

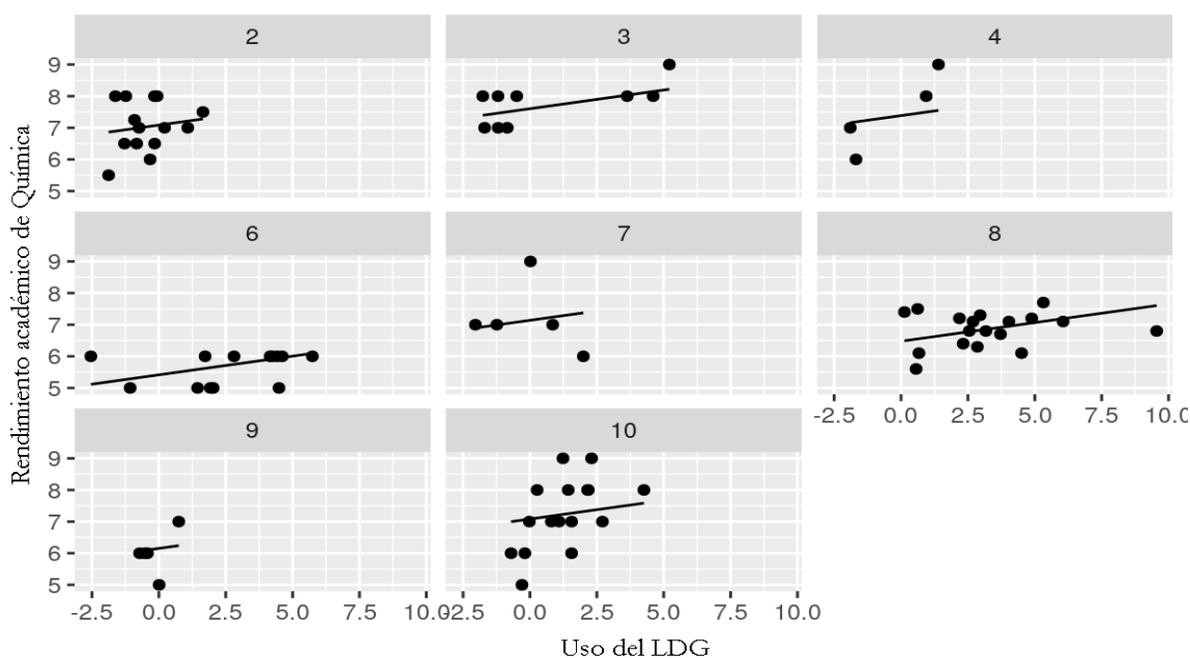


Figura 5.86. Rendimiento académico de Química para alumnos del cuartil 3 de Rendimiento académico global en relación con el Uso del LDG por escuelas.

Por tanto, a la vista de los resultados obtenidos, puede concluirse que, también para los alumnos del cuartil 3 de rendimiento académico global, un mayor uso del LDG está asociado a un mayor rendimiento en la asignatura de química.

5.5.1.4.6.4

¿Cómo influye el Uso del LDG en el Rendimiento académico de Química en el cuartil 4 de Rendimiento académico global?

Al realizar el modelo, se pudo apreciar que la interacción entre la Uso del LDG: curso, resultó ser significativa, por lo que se realizó un modelo únicamente con la interacción, que resultó ser no significativo ($\chi^2=3,592$; 1 g.l.; $p=0,06$). En una nueva fase, se volvió a realizar el modelo sin las interacciones, y sin los cofactores no significativos. El modelo final muestra un efecto significativo del Uso del LDG sobre el rendimiento en la asignatura de química ($\chi^2=6,478$; 1 g.l.; $p=0,0109$). La inspección visual de los residuos validó este modelo final.

El análisis de la desviación muestra nuevamente que el Uso del LDG tiene un efecto muy significativo sobre el rendimiento en la asignatura de química ($\chi^2= 7,082$; 1 g.l.; $p=0,0077$), que explica un 45% de la varianza observada. La figura 5.87. muestra esta relación entre el rendimiento en la asignatura de química y el Uso del LDG en los diferentes centros investigados.

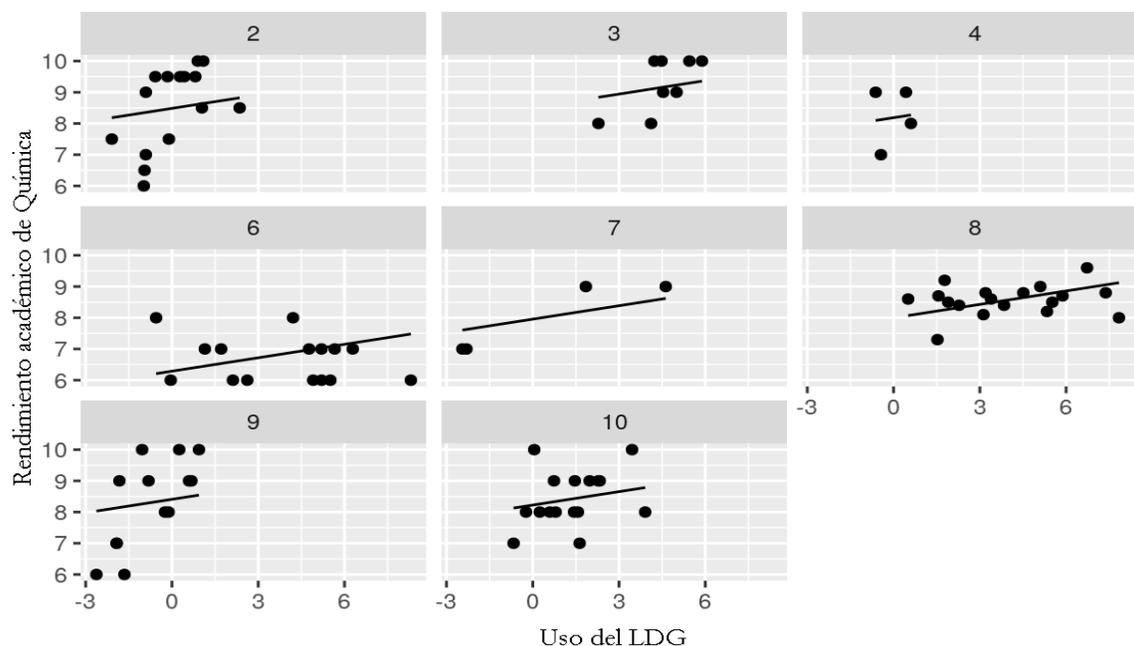


Figura 5.87. Rendimiento académico de Química para alumnos del cuartil 4 de Rendimiento académico global en relación con el Uso del LDG por escuelas.

Por tanto, a la vista de los resultados obtenidos, puede concluirse que, también para los alumnos del cuartil 4 de rendimiento académico global, un mayor uso del LDG está asociado a un mayor rendimiento en la asignatura de química.

5.5.1.4.7 *Cuál es el impacto global del uso del LDG en el rendimiento académico de Química?*

En la figura 5.88. se recogen las relaciones entre el Uso del LDG y el rendimiento en la asignatura de química de cada uno de los cuatro cuartiles de rendimiento académico global. Como puede apreciarse, la pendiente de las cuatro rectas es positiva; por tanto, un mayor uso del LDG se traduce en un incremento significativo de la nota de química. Sin embargo, es de destacar que el uso del LDG tiene un mayor impacto en estudiantes del cuartil más bajo, que, si de entrada partiesen de un supuesto suspenso, con el uso del LDG pueden incrementar su nota hasta los niveles alcanzados por estudiantes de cuartil 3 de rendimiento académico global.

Las rectas de los estudiantes de los cuartiles dos, tres y cuatro tienen pendientes paralelas, lo que indica que sus comportamientos son similares cuando se analiza la relación entre el Uso del LDG y el Rendimiento académico de Química. Pero en cambio, la recta de los alumnos pertenecientes al cuartil 1 de rendimiento académico global tiene una pendiente mucho más pronunciada, indicando que es en esta muestra de alumnos en la que mayor incremento de rendimiento académico de Química se produce, lo que a su vez sugiere fuertemente que el LDG está especialmente aconsejado para estos alumnos.

Por otra parte, la figura 5.88. muestra claramente que el uso intensivo del LDG puede hacer que estudiantes de rendimiento académico global de cuartil 3 puedan llegar a situarse en niveles de rendimiento académico de estudiantes del cuartil más elevado.

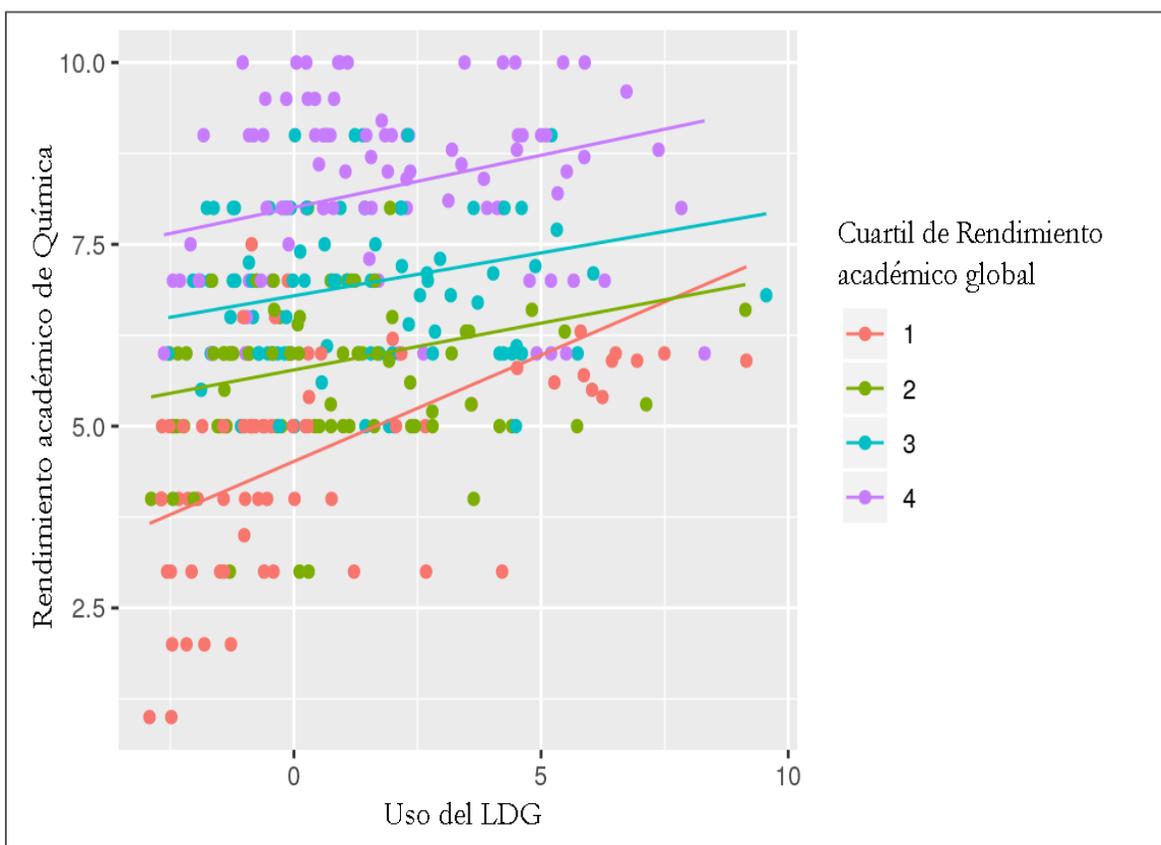


Figura 5.88. Rendimiento académico de química obtenido en función del cuartil de rendimiento académico global al que pertenece cada alumno.

5.5.1.4.8 *Síntesis de los resultados*

En primer lugar los resultados indican que el uso del LDG es independiente del curso en que se utilice.

La figura 5.89. resume las relaciones halladas entre el rendimiento en la asignatura de química y los diferentes factores analizados. Puede resumirse afirmando que el Rendimiento académico de Química depende básicamente de dos factores: del Rendimiento académico global del alumno y del Uso del LDG. Este Uso viene fuertemente condicionado por el Tipo de Uso que haga cada profesor del LDG, que a su vez viene determinado por el Tipo de centro.

Por otra parte, sorprende inicialmente que el factor género no haya sido incluido en el modelo lineal generalizado mixto como un factor significativo. Ello es así porque el rendimiento en la asignatura de química de chicas incluidas en el cuartil 4 no se diferencia del obtenido por los chicos de ese cuartil, de manera análoga a lo que ocurre al comparar el rendimiento en química de las chicas del primer cuartil con el de los chicos del mismo cuartil. Sin embargo, como hemos visto anteriormente, las chicas se concentran en los cuartiles superiores: hay más chicas con un rendimiento académico global alto que chicos; por tanto, se puede concluir que el factor género sí tiene una influencia en el rendimiento de química, pero indirectamente, por la vía del rendimiento académico global.

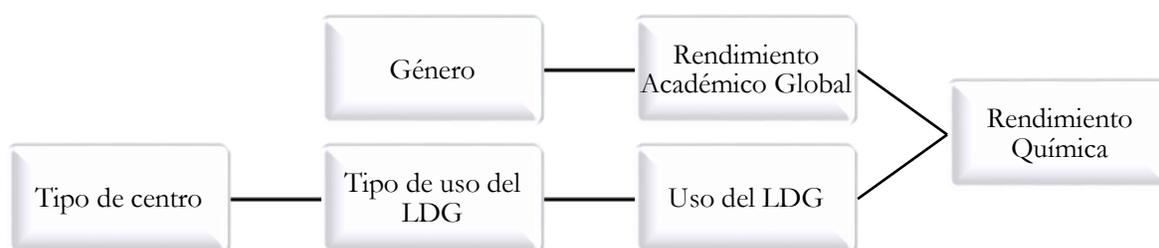


Figura 5.89. Representación de cómo los distintos factores acaban influyendo en el rendimiento académico de química.

5.6 Fase V

5.6.1 Resultados de la encuesta final

5.6.1.1 *¿Qué opinión tienen los alumnos respecto a la competitividad, de qué manera se ha aprovechado el LDG y cuál es la valoración general que se hace del mismo?*

Centrándonos en el factor competitividad, en la encuesta final que los alumnos realizaron tras el uso del LDG había dos preguntas referentes a éste. La Pregunta 3 hace referencia a la opinión que tienen los alumnos sobre la eficacia que puede tener competir a la hora de aprender la materia de química. La respuesta se ajusta a una escala de Lickert de 1 (totalmente en desacuerdo) a 5

(totalmente de acuerdo). En la Pregunta 4, el alumnado tenía que elegir una respuesta de entre tres posibles; fundamentalmente tenían que elegir si les gustaría o no competir en ligas, lo que reflejaría si los alumnos se consideran competitivos o no. Recordemos que estas encuestas se realizaron a final de curso, después haber utilizado el LDG.

Las respuestas a estas dos preguntas se muestran a continuación:

- Pregunta 3: Creo que competir con otros compañeros me ha ayudado a aprender más.

Esta pregunta está relacionada con la creencia que los alumnos tienen sobre la eficacia que tiene competir sobre el aprendizaje. Los resultados muestran de forma meridianamente clara que la mayoría de los alumnos, un 55%, considera que competir les ha ayudado a aprender bastante o mucho. En cambio, son una minoría, un 13%, los que opinan lo contrario y un 31% no se decanta por ninguna de las dos posibilidades (figura 5.90).

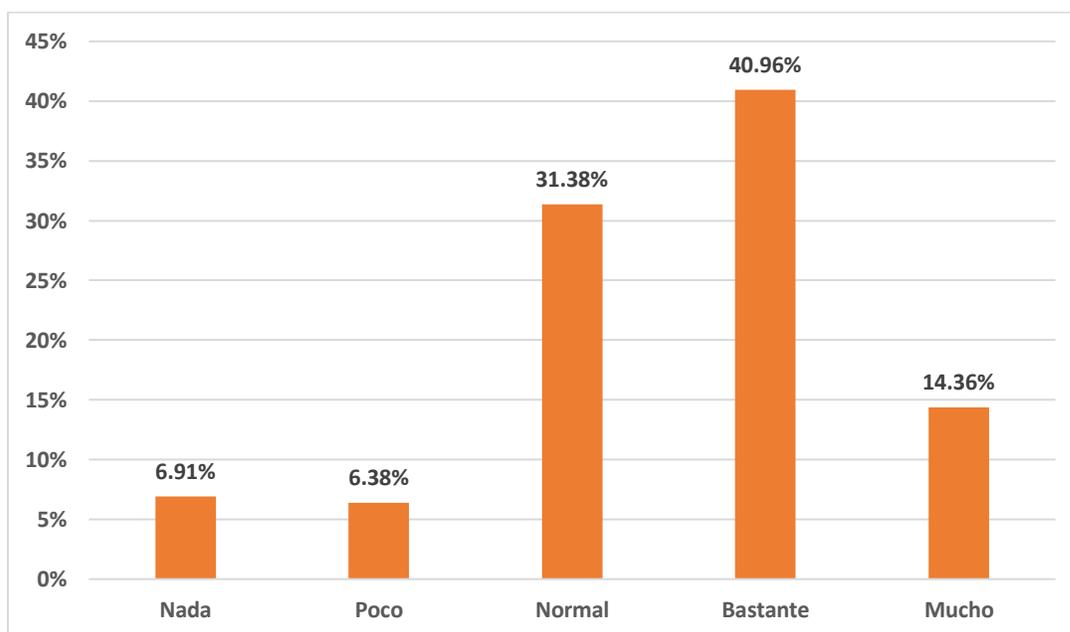


Figura 5.90. Porcentajes de respuestas de los alumnos acerca de su opinión de que competir les ha ayudado a su aprendizaje.

- Pregunta 4: Me gustaría tener la opción de participar en ligas y competiciones con otros compañeros, clases, institutos, etc.

Esta pregunta hace referencia al nivel de competitividad de los alumnos. Una gran mayoría de alumnos, que roza el 80% de los encuestados, mantiene que les gustaría participar en ligas entre compañeros u otros estudiantes, ergo se declaran competitivos, mientras que únicamente un 20,32% no muestran ningún tipo de interés por este tipo de competición (figura 5.91).

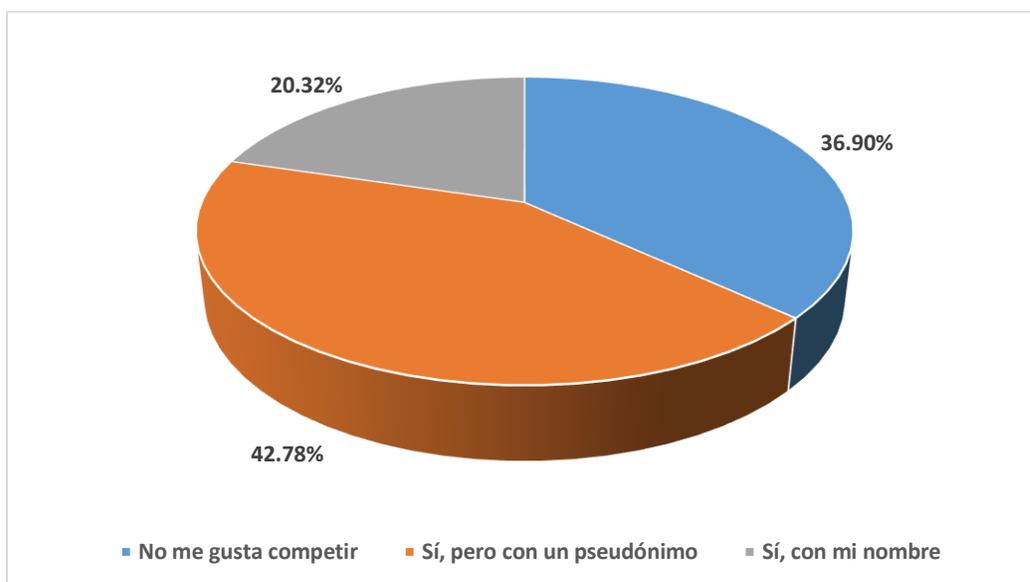


Figura 5.91. Porcentaje de alumnos que están dispuestos a competir.

- La mayoría de los alumnos, un 55,32 %, consideran que competir les ha ayudado a aprender bastante o mucho. En cambio, sólo un 13,29%, opina que competir no les ha ayudado.
- Una gran mayoría de alumnos, el 79,68%, se declara competitivo y mantiene que les gustaría participar en competiciones de distinta índole. Únicamente el 20,32% declara abiertamente que no les gusta competir.

Estos resultados llevaron a plantearse varias preguntas de investigación relacionadas con el nivel de competitividad que cada alumno reconocía tener y que se encuentran en la fase II del presente capítulo.



Figura 5.92. Grado de importancia asignado a la teoría del LDG a la hora de aprender.

Existe una gran mayoría de alumnos, el 73%, que destacan que la manera en la que el LDG ha ofrecido los contenidos teóricos les ha ayudado bastante o mucho para comprender la teoría, y únicamente una ínfima minoría, el 6%, mantienen que no les ha ayudado a entenderla (figura 5.92).

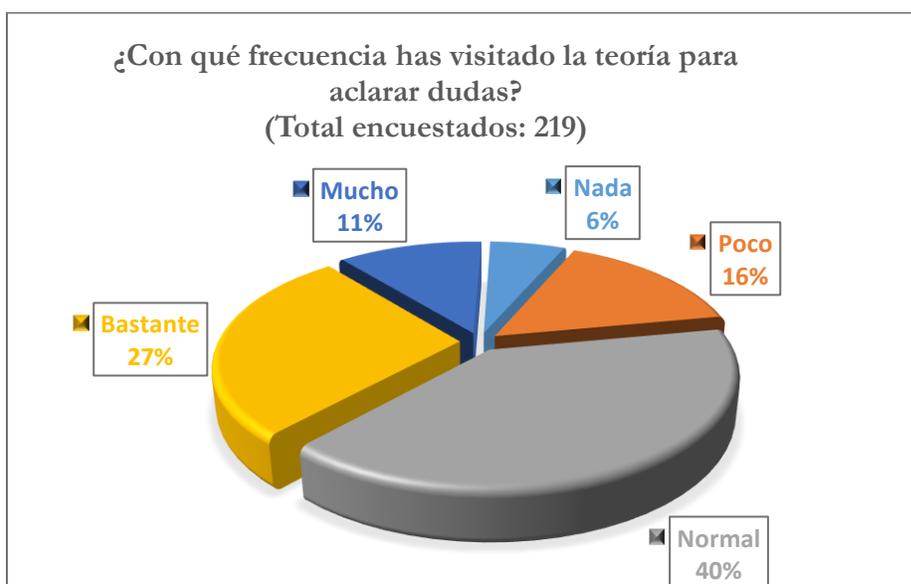


Figura 5.93. Frecuencia de uso de la teoría del LDG.

Únicamente un 38% de los encuestados afirma haber visitado con bastante o mucha frecuencia los apartados teóricos, frente a un 22% que mantiene haberlo hecho poco o nada (figura 5.93).



Figura 5.94. Grado de comprensión de la parte teórica que les ha facilitado el LDG al alumnado.

Un 67% de los alumnos afirman que las explicaciones, a través de animaciones y recursos interactivos han hecho que los conceptos teóricos se entendiesen bastante o mucho. En frente, solo un 6% de los alumnos opinan lo contrario. En medio encontramos el 27% del alumnado, que sigue manteniéndose equidistante (figura 5.94.). De hecho, se ha podido apreciar que existe una correlación positiva entre el nivel de comprensión de la teoría que afirman haber tenido los alumnos y el Rendimiento académico de química ($r= 0,258$; $N=204$; $p= 0,000$). Esta asociación explica el 6,7 % de la varianza de los datos.

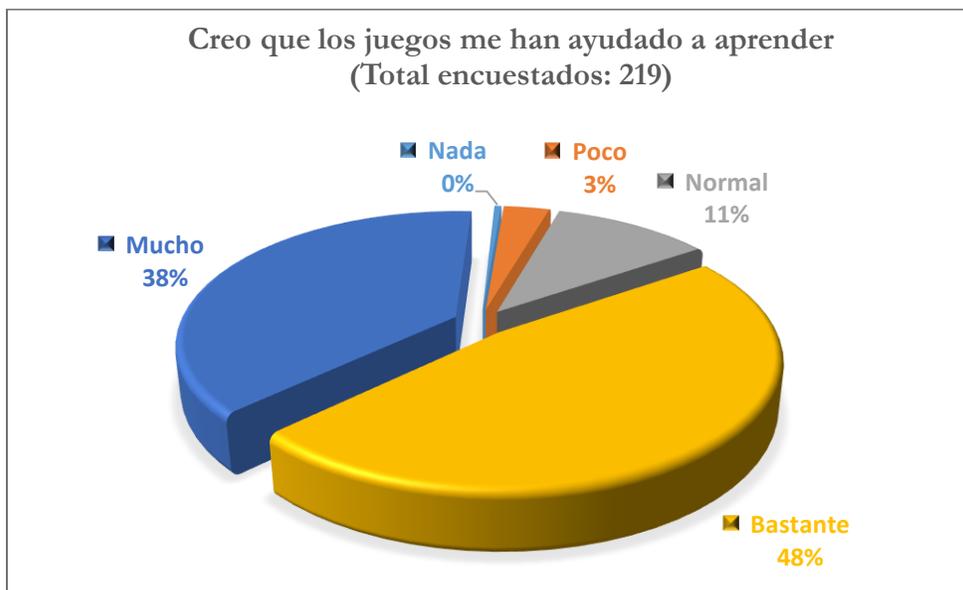


Figura 5.95. Grado de importancia que asignan los alumnos a los juegos en el proceso de aprendizaje.

Una abrumadora mayoría, el 86% de los alumnos que han utilizado el LDG afirma que los juegos les han ayudado bastante o mucho a aprender. Sorprende ver que ningún alumno, de 219, mantiene que no le ha ayudado nada, y solo un 3% dice haberle ayudado poco. Es evidente que la opinión que los estudiantes mantienen sobre la gamificación, es altamente positiva (figura 5.95).



Figura 5.96. Grado de motivación que les ha generado al alumnado el uso del LDG.

El 60% de los alumnos mantiene que el LDG les ha provocado bastante o muchas ganas de seguir progresando en él. Únicamente el 13% reconoce que les ha provocado poco o nada de ganas, frente al 27% que se mantienen indiferentes al efecto del LDG respecto a su efecto motivador (figura 5.96.). De hecho, se ha podido apreciar que existe una correlación positiva entre el nivel de motivación que el LDG ha ejercido sobre los alumnos y el Rendimiento académico de química ($r= 0,237$; $N=204$; $p= 0,001$). Esta asociación explica el 5,6 % de la varianza de los datos.

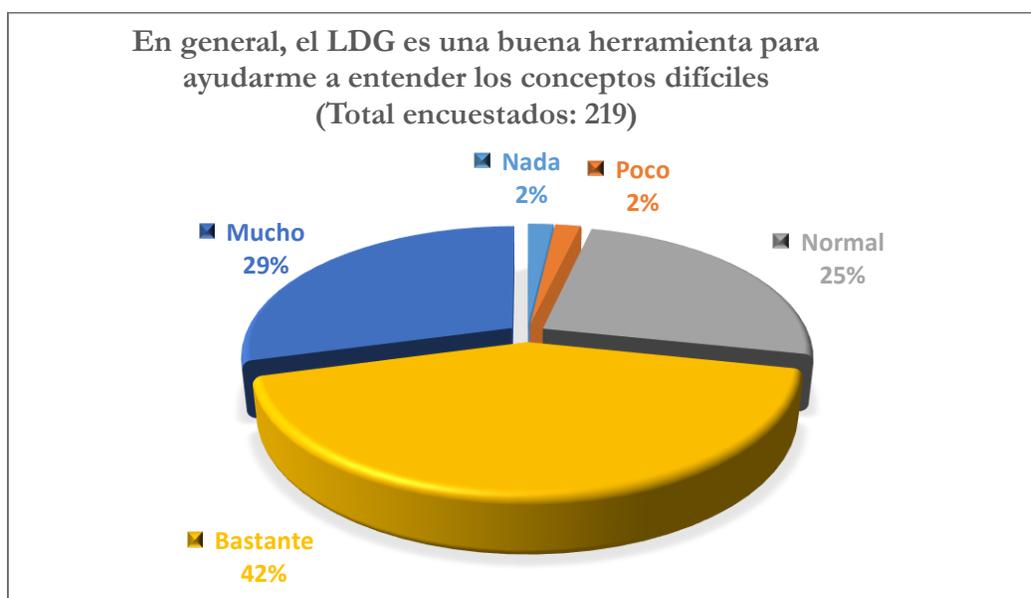


Figura 5.97. Grado de efectividad como herramienta educativa que le atribuyen los alumnos al LDG.

El 71% de los alumnos reconoce que el LDG es una herramienta que les ayuda bastante o mucho a entender los conceptos más difíciles. Únicamente un 4% opina lo contrario. A esto falta añadir el siempre equidistante 25%, que no se decanta por ninguna de las dos partes (figura 5.97.).



Figura 5.98. Grado de aprendizaje que les supone a los alumnos usar el LDG frente a las clases tradicionales.

El 62% de los alumnos mantiene que con el uso del LDG aprenden más que con las clases tradicionales. Una gran mayoría si lo comparamos con el 14% de los alumnos que mantienen que con el LDG han aprendido poco o nada respecto a la clase tradicional. El resto del alumnado, un 24%, no cree que el LDG haya ejercido efecto alguno en su aprendizaje respecto a las clases tradicionales (figura 5.98).



Figura 5.99. Porcentaje de alumnos que apuestan por reconvertir toda la asignatura en un videojuego.

El 73% del alumnado le gustaría que se abandonase la metodología tradicional y se crease la asignatura basada en su totalidad en un gran videojuego (figura 5.99).

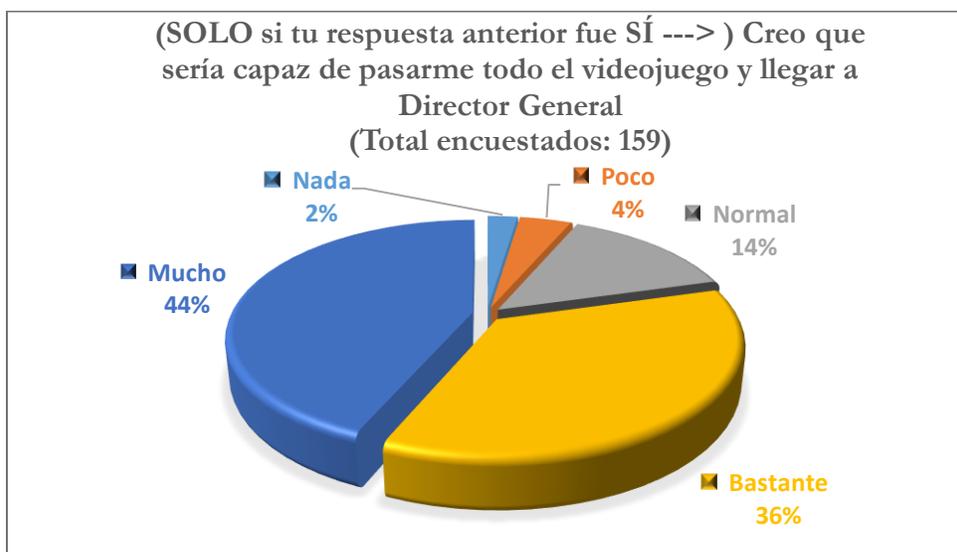


Figura 5.100. Grado de confianza que tienen los alumnos a la hora de superar el LDG y llegar a lo más alto.

El 80% de los alumnos se siente bastante o muy capaz de aprender los contenidos que ofrece el LDG y llegar a director, frente al 6% que no se ven capaces de hacerlo. El 14% de los alumnos se mantiene indefinido (figura 5.100).

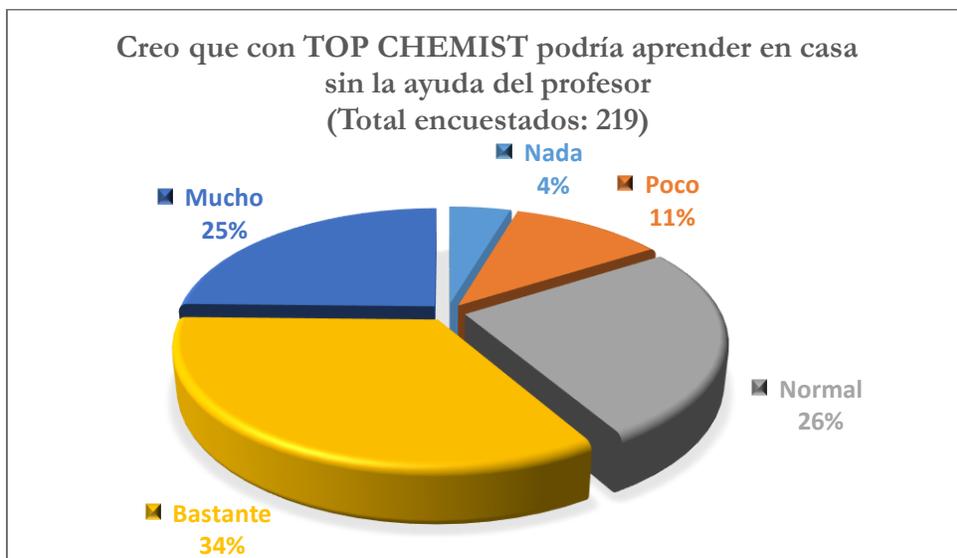


Figura 5.101. Grado de confianza que tienen los alumnos a la hora de aprender por sí solos, sin la ayuda del profesor, a través del LDG

El 59% de los encuestados opina que podría aprender únicamente con el LDG y sin la ayuda del profesor, mientras que el 15% de los alumnos opina lo contrario. De nuevo aparece un porcentaje de encuestados que se mantiene equidistante (26%) (figura 5.101.). Tras analizar si existen diferencias estadísticamente significativas en el Rendimiento académico global del alumno entre los grupos de alumnos con distintas opiniones, aparece que sí las hay (*test* de Kruskal-Wallis: $\chi^2=11,083$; 4 g.l.; $p=0,026$)

Efectuando las correspondientes comparaciones *post-hoc* (tabla 5.38.), se aprecia que son los alumnos con mayores rendimientos globales los que se muestran más escépticos a la hora de afirmar que se puede aprender en casa sin la ayuda del profesor (figura 5.102.)

Tabla 5.38. Pruebas *post-hoc* de comparación el Rendimiento académico global según el grado de confianza que genera el LDG en los alumnos como herramienta de autoaprendizaje, tomadas dos a dos.*: Significativo al 5%; **: Significativo al 1%.

Opiniones comparadas	U	p	g.l.
1 – 2	37	0,071	23
1 – 3	67	0,007**	49
1 – 4	135,5	0,028*	71
1 – 5	86	0,035*	47
2 – 3	263	0,093	58
2 – 4	532	0,815	80
2 – 5	317	0,590	56
3 – 4	1053	0.031*	106
3 – 5	724,5	0,160	82
4 – 5	1254	0,611	104

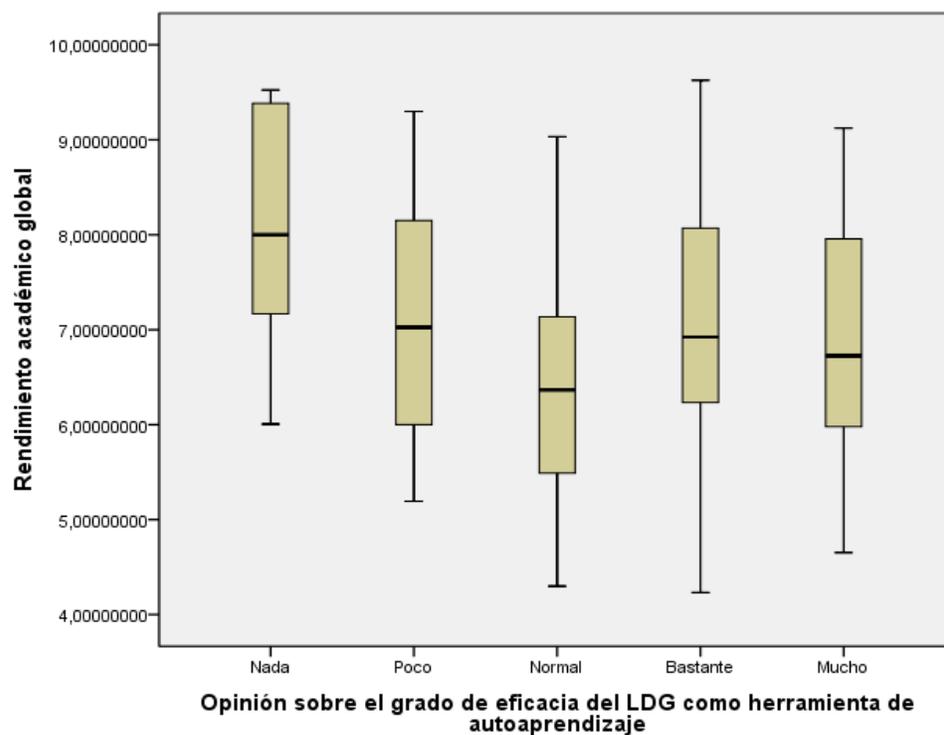


Figura 5.102. Rendimiento académico global según la opinión que tienen los alumnos sobre el grado de eficacia del LDG como herramienta de autoaprendizaje.

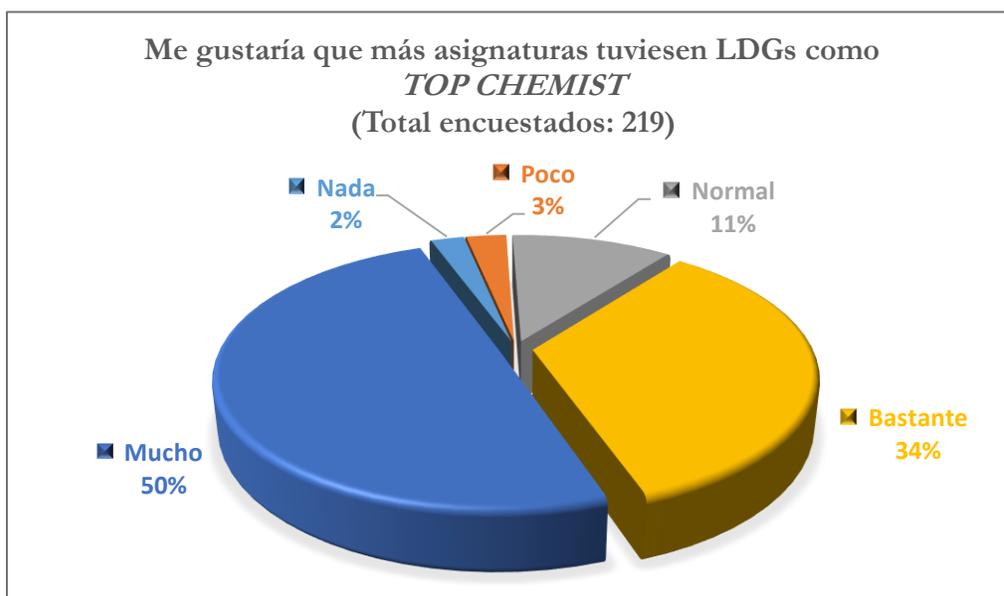


Figura 5.103. Porcentaje de alumnos que desean, en distinto grado, que los LDGs se utilicen en otras asignaturas.

Al 84% de los alumnos les gustaría bastante o mucho que otras asignaturas tuviesen herramientas como el LDG, únicamente el 5% se declara poco interesado, y un 11% no muestra interés en ningún sentido. Claramente se evidencia que la comunidad estudiantil valora dicha herramienta educativa y demanda, de forma evidente, recursos como este, distintos a los que tradicionalmente se han usado para su proceso de enseñanza-aprendizaje (figura 5.103.).



Figura 5.104. Porcentaje de alumnos que desean en distinto grado, que los LDGs substituyan a los libros de texto tradicionales.

Un 69% de los alumnos desearían que los tradicionales libros de texto fuesen substituidos por los libros digitales gamificados. Únicamente un 11 % mantiene que no les gustaría cambiar. De nuevo un claro indicio que los alumnos demandan un cambio en el paradigma educativo en las aulas (figura 5.104.).

6. Discusión

6.1 Introducción

El presente capítulo se ha estructurado discutiendo los resultados obtenidos agrupándolos en función de los objetivos de investigación marcados al inicio de esta tesis, que recordemos se enmarcaban en cinco grandes fases. Como se ha dicho en diversas ocasiones, hay que tener en cuenta que, puesto que no existen herramientas educativas similares en el mercado, y en consecuencia, tampoco existen estudios sobre LGDs, los hallazgos obtenidos se han discutido y contrastado con opiniones existentes sobre videojuegos, que a grandes rasgos, serían las herramientas que más se parecen a un LDG.

Al final del presente capítulo se ha incluido un último apartado en el que se proponen posibles investigaciones futuras que se derivan del presente trabajo. En este sentido el autor expresa su firme convencimiento de que todavía existe mucho margen de mejora para este tipo de herramientas educativas y mucho terreno por descubrir en el ámbito de las potencialidades de estas tecnologías en el aula.

6.2 Opinión de los estudiantes respecto al proceso de enseñanza aprendizaje de la asignatura de Física y Química en la ESO y su disposición a usar nuevas herramientas TIC y TAC

Los resultados muestran un clarísimo desinterés del alumnado por aprender ciencias, y especialmente por hacer las tareas de casa. Esta clara falta de motivación y actitud negativa respecto a las materias científicas está en la línea de lo que, desde hace años, muchos autores han mantenido a lo largo de numerosos estudios (James y Smith, 1985; Yager y Penick, 1986; Simpson y Oliver, 1990; Solomon, 1991; Piburn y Baker, 1993; Ramsden, 1998; Pell y Jarvis, 2001; Gibson y Chase, 2002; Fensham, 2004; Schreiner y Sjøberg, 2004; Schreiner y Sjøberg, 2006; Comisión Europea, 2007; Gavidia, 2008; Osborne y Dillon, 2008; Marbà-Tallada y Márquez, 2010) y especialmente se ceba en la asignatura de Física y Química (Hoffmann (1985);

Osborne *et al.*, 1998; Parkinson *et al.*, 1998; Simpson y Oliver, 1990; Weinburgh, 1995). Por tanto, nuestra realidad es clara y en la línea de lo ya conocido: el profesor de ciencias de hoy debe enfrentarse al hecho de que sus alumnos tienen una gran desmotivación para aprender este tipo de materias, y la química en particular.

Recordando algunos de los resultados obtenidos en la presente tesis doctoral, cuando se le pregunta al alumnado sobre el grado de comprensión de la asignatura de Física y Química, únicamente un tercio de los alumnos mantienen que han entendido bastante o mucho los contenidos tratados. Otro tercio reconoce que solo en algunos casos han sido capaces de entenderla, y el último tercio admite haberla entendido poco o muy poco. En la misma línea, cerca de la mitad de los alumnos afirma haber ido a examen sin haber entendido los contenidos y teniéndolos que memorizar. Esto indica claramente que esta materia es una asignatura que les resulta difícil, que requiere dedicación y disciplina, en la misma línea que mantiene Viladot (2015); interpretamos que ello es así porque, como apuntan autores como Cambón *et al.* (2005), esta materia exige un aprendizaje trabajoso y un esfuerzo mental; ello probablemente les crea inseguridad. De hecho, el 87% de los alumnos afirma necesitar saber concretamente qué se les va a pedir en el examen, justamente por la inseguridad que dicha materia les infunde, dada su densidad y dificultad. Esto corrobora estudios como los de Hendley *et al.* (1995), Hendley *et al.* (1996) y Más (2018).

Como se observa en los resultados obtenidos en la encuesta inicial, son tres los temas que les resultan más complejos sobre la asignatura de Física y Química y, curiosamente, todos ellos pertenecen a la materia de química. La mitad de los alumnos encuestados creen, de forma unánime, que los conceptos más difíciles de entender son la Tabla periódica, el concepto de Mol y Masa molar, y la Estequiometría. Si se analizan con más detenimiento, estas temáticas son completamente nuevas para el alumnado, ya que nunca las han estudiado. Ello conlleva, aparte de la dificultad de aprender algo que no han visto antes, que muchas veces los alumnos traen ideas preconcebidas o concepciones alternativas fuertemente arraigadas. La dificultad de romper esquemas previos adquiridos en edades tempranas puede ser una de las razones por las que se les hace más difícil el aprendizaje de ciertos contenidos de química. Dicho razonamiento corrobora las tesis de otros autores como Gómez-Crespo (1996); Gilbert *et al.* (2003) y Martín-Díaz *et al.* (2000). Otro de los puntos en común que tienen las tres temáticas anteriores es que

todas ellas se caracterizan por ser densas en terminología y códigos de representación simbólicos que, en ocasiones, puede llevar a la confusión, si no se tienen bien asentados, confirmando las tesis de Caamaño y Oñorbe (2004) respecto a las dificultades del aprendizaje de la química. Por la experiencia del autor, estas tres temáticas representan la parte de la química que tradicionalmente más cuesta y que mayores dificultades del aprendizaje presentan a nuestros alumnos. Por último, debe subrayarse que el grado de abstracción y competencia matemática que requieren los tres temas son notablemente superiores al resto de temáticas, especialmente el tema de la Masa Molar y de Estequiometría.

La encuesta inicial también nos revela que solo el 25% del alumnado mantiene que los recursos tradicionales son suficientes para acabar de entender la asignatura; solamente un tercio de ellos opinan, además, que su esfuerzo se ve recompensado, y el 77% de los alumnos manifiesta que les gustaría tener recursos alternativos que les ayudasen a entender conceptos difíciles. Esto corrobora perfectamente las tesis de la Comisión Europea (2005a), que afirma que tan solo el 15% de los europeos está satisfecho con la calidad de las clases de ciencia en la escuela, dato que se ajusta a los resultados obtenidos en nuestra investigación.

Esto nos lleva a pensar que existe un claro vínculo entre la forma de enseñar las ciencias y la actitud desarrollada hacia ellas. Al mismo tiempo, explica que exista una clara demanda de nuevas herramientas didácticas. En nuestra encuesta, un 75% de los alumnos manifestó que una aplicación interactiva les hubiese ayudado a entender mejor los contenidos de la asignatura.

Todo ello es un claro indicio de que, como docentes, debemos apostar por distintos recursos, o como mínimo, más variados, que acerquen un poco más la ciencia a nuestros adolescentes. En este sentido se expresaba Bybee (1993), que mantenía que la ciencia escolar debe tener en cuenta las experiencias y los intereses personales de los estudiantes; en la misma línea están los estudios de Fensham (2004), Lemke (2006), Schreiner y Sjøberg (2007) o Vázquez y Manassero (2008), que mantienen que los centros educativos están cada vez más alejados de los intereses y preocupaciones cotidianas de nuestros adolescentes, que perciben las ciencias escolares como autoritarias, aburridas, difíciles e irrelevantes para la vida diaria. Esta afirmación va en la misma línea que los estudios realizados por la Comisión Europea (2007), en los que se mantiene que esta circunstancia debe tenerse en cuenta a la hora de elaborar el currículum escolar. No es de extrañar, pues, que el 80% de los alumnos desee utilizar nuevas herramientas TIC-TAC en el

aula para aprender los contenidos de Física y Química, deseo que ya se plasmó hace muchos años en los estudios de diferentes autores, como Collins (1989), Caamaño y Oñorbe (2004) o Gómez-Crespo (2008), que apostaron claramente por la introducción de las TIC-TAC como estrategia didáctica de alto potencial educativo para superar las dificultades de la materia de química.

La encuesta inicial nos da información de las características que los alumnos esperan de estas nuevas herramientas TIC-TAC. El 65% de ellos espera que siempre que sea posible se utilicen medios visuales para explicar los conceptos más complejos, corroborando así las tesis de Yopasá (2018) y Hernández-Requena (2008). El 70% reclama que pueda servir como una herramienta que les permita controlar su propio progreso y pueda utilizarse como herramienta de evaluación, tal y como proponen estudios previos (Manassero *et al.*, 2001; Acevedo *et al.*, 2003). El 75% reclama que se utilicen juegos siempre que sea posible, y sea entretenida y motivadora, de nuevo en línea de otras investigaciones (Frasca 2007; Gee, 2008; Lee y Hammer, 2011; Kapp, 2012; Sierra, 2013; Castillo *et al.*, 2013). Por tanto, el LDG *Top Chemist* se puede decir que nace para intentar responder a una serie de demandas expresadas por toda la comunidad educativa, alumnos, profesores e investigadores del área de la didáctica de las ciencias.

6.3 Grado de dificultad de los distintos bloques teóricos del LDG para los alumnos

Como ya era de esperar, los resultados muestran que los 13 bloques teóricos presentan grados de dificultad distintos para los estudiantes. Ello es así porque hay temáticas de grados de exigencia y tipos de aprendizaje muy diversos. Claramente, a medida que se avanza en el LDG, y los contenidos van haciéndose cada vez más densos, el grado de dificultad va en aumento. Recordemos que la materia de química es una de estas asignaturas que, para avanzar en ella, se necesitan tener bien asentados los conocimientos que se han adquirido previamente. De ahí viene su complejidad, justamente de la densidad que poco a poco va adquiriendo. Y si no se hace un esfuerzo diario, resulta casi imposible de avanzar. Nuestros resultados se ven corroborados por los de Cambón *et al.* (2005), que mantienen que las ciencias en secundaria están sufriendo un

lento pero constante deterioro debido a que son asignaturas que requieren de un aprendizaje trabajoso y un esfuerzo mental elevado, que cada vez más alumnos no están dispuestos a hacer. De hecho, los bloques que les entrañan una mayor dificultad al alumnado son los que requieren del conocimiento de una mayor cantidad de terminología y códigos de representación simbólica, corroborando las tesis de algunos autores como Caamaño y Oñorbe (2004).

Los resultados nos indican que los conceptos que se les hacen más complicados de aprender son los bloques dedicados a Tipos de enlaces, el de Estequiometría y el de Ajuste de reacciones. Hay que matizar que este último bloque podría bien considerarse una extensión del apartado de Estequiometría, en la que se aprende cómo ajustar reacciones. Éste permite contextualizar los típicos problemas de Estequiometría y tratarlos de una manera más profunda.

Si comparamos estos resultados con los obtenidos en la encuesta inicial, vemos que en realidad el único bloque teórico que les sigue resultando complejo es el dedicado a Estequiometría. Y deja de resultarles difícil el dedicado a la Tabla periódica y al concepto de Mol y Masa molar. No obstante, al grupo de temáticas de dificultad alta se incorpora el bloque relativo a los Tipos de Enlaces; curiosamente, en la encuesta inicial, únicamente el 25% de los alumnos lo señaló como complejo. Una de las razones de esta incorporación se puede atribuir al hecho de que en este bloque teórico se requería un conocimiento de contenidos que no se habían trabajado en el LDG; así, para resolver el *test* con éxito, los alumnos debían conocer de memoria los elementos de la tabla periódica, así como conocer sus propiedades. A nuestro entender, esto fue la causa que empañó los resultados de las pruebas finales en dicho bloque. A esto hay que añadir que se trata de un bloque teórico muy extenso, factor que sin duda también ha influido en que acabe resultándoles de mayor dificultad. Aun así, el alumnado obtuvo una calificación mediana de 7,85 sobre 10, lo que invita a un cierto optimismo.

El apartado de Estequiometría (incluyendo el de Ajuste de reacciones), como se ha mencionado, sigue resultándoles difícil en comparación al resto, aunque cabe decir que sus calificaciones medianas son de 6,42 para Estequiometría y 7,85 para Ajuste de reacciones. Se trata de unos bloques que requieren del conocimiento de gran parte de los contenidos tratados previamente en el LDG. Es por ello por lo que se encuentran entre los últimos del LDG (Bloques 11 y 13). Como se analizó en los resultados, se trata de un apartado muy denso, uno de los más largos y que se caracteriza por requerir una competencia matemática considerable, así como un grado de

abstracción elevado. Estas dificultades del aprendizaje de los conceptos químicos tienen mucha relación con el proceso de construcción de conocimiento científico; como mantienen Pozo y Gómez-Crespo (1998), debe haber una clara integración jerárquica de los contenidos. En este sentido, en la parte teórica del LDG *Top Chemist* se intentó solucionar, a nuestro modo de entender, con éxito, esta dificultad intrínseca al aprendizaje de esta materia. Se limitó a explicar los contenidos de la manera más sencilla y visual posible (tal y como los alumnos demandaban en las encuestas iniciales). Se evitó explicar teorías o modelos anteriores, focalizándose únicamente en los realmente necesarios para llegar a alcanzar los conocimientos que ayudan a seguir avanzando en la materia. Por poner un ejemplo, se enseña el modelo de Rutherford, sin explicar la historia de modelos anteriores, para evitar, como mantienen Caamaño y Oñorbe (2004), las dificultades que provienen del carácter evolutivo continuo que tiene el conocimiento científico. Para conseguir el efecto “bola de nieve”, estos contenidos se fueron ofreciendo bloque a bloque, de manera escalonada y ligándolos con los anteriores, para ir engrosando estos conocimientos, capa a capa, estructurándolos jerárquicamente desde el mismo núcleo, y evitando el gran peligro que tiene la avalancha de información que, para la mayoría de nuestros alumnos, les resulta, inconexa y abrumadora. Se hizo claramente en la línea de lo que se conoce como *scaffolded instruction* o *step-by-step instruction* (Hogan y Pressley, 1997), una instrucción más guiada que ayuda a focalizar la atención del alumno en la temática a tratar (Benson, 1997). En este sentido creemos que, de forma general, los apartados teóricos de *Top Chemist* han logrado superar estas dificultades, demostrado ser una herramienta útil a la hora de ayudar a hacer más comprensibles ciertos temas inicialmente etiquetados de muy complejos. Aun así, es evidente que todavía existe margen de mejora del LDG, y el presente estudio ha servido para identificar las carencias que presenta.

El bloque dedicado a Estequiometría les ha resultado, a todas luces, demasiado extenso, y perfectamente se podría dividir en dos bloques. Ello permitiría no sobrecargar metodológicamente a los estudiantes en la resolución de problemas, dedicarse con más detalle al procedimiento de resolución de éstos, y a contextualizarlos más extensivamente. Sin duda, ahora vemos que de esta manera se podría mejorar la asimilación y el aprendizaje de dichos bloques teóricos.

Merece una discusión el resultado de las diferencias de aprovechamiento de los contenidos teóricos de LDG entre alumnos de 3º y 4º ESO, siendo estos últimos los que demuestran acceder más a los bloques teóricos más avanzados, al tiempo que muestran más capacidad de obtener las puntuaciones necesarias en los juegos para desbloquear los *tests*. Este resultado es completamente lógico, puesto que, en primer lugar, en 4º de ESO el currículum es más extenso que el ofrecido en 3º ESO, y el alumnado llega necesariamente a las lecciones más avanzadas del LDG. Y, en segundo lugar, los alumnos ya vieron dichos contenidos el año anterior, resultándoles no tan nuevos como a los de 3º de ESO, hecho que explica la mayor capacidad de acceder a los *tests* finales. Esta razón explica que sean los alumnos de 4º ESO los que más accedan, en porcentaje respecto al total, a los juegos y los *tests* de los bloques más avanzados. Una posible explicación de este hecho es que los de 3º presentan un menor desarrollo psico-cognitivamente que los de 4º curso. De hecho, se encuentran en el tránsito de la adolescencia temprana (de 10 a 14 años) a la adolescencia media (14-15 a los 16-17 años), dos etapas importantes en el desarrollo psicosocial del adolescente (Gaete, 2015). Es en la adolescencia media es donde tiene lugar el desarrollo de nuevas habilidades cognitivas (Hazen *et al.*, 2008; Hornberger, 2006; Radzik *et al.*, 2008; Muuss, 1996). Según Piaget (1978), durante este periodo de transición se avanza desde el pensamiento concreto (operatorio concreto) al abstracto (operatorio formal). En la misma línea, Gaete (2015) mantiene que el desarrollo cognitivo en la etapa de adolescencia media se caracteriza por un incremento de las habilidades de pensamiento abstracto y razonamiento. Esto también explicaría que, en general, los alumnos de 3º de ESO sean más proclives a jugar que los de 4º ESO en los cuatro primeros bloques teóricos, que son los que más acceden; esta situación se invierte lógicamente a medida que se avanza en el grado de dificultad de los bloques temáticos.

6.4 Nivel de mejora experimentado por los alumnos, dentro del LDG, en cada bloque teórico del LDG

Los resultados muestran que el LDG registra un incremento significativo en el aprendizaje del alumnado, cuando comparamos las puntuaciones entre la primera vez que jugaron y las calificaciones en los *tests* finales, en todos los bloques teóricos con la excepción del bloque dedicado a Estequiometría. En este último, aunque se registra un incremento en las

calificaciones, pasando de un suspenso en el juego inicial (mediana de 4,28) a un aprobado más que suficiente (mediana de 6,08), este incremento no resulta estadísticamente significativo. Este resultado, como se vio en el apartado anterior, revela que este bloque teórico necesita de una revisión profunda para hacerlo más comprensible a los alumnos. Hay que añadir que el hecho de que no exista mucha variedad de tipos de videojuegos dentro del LDG, ha sido un factor que ha jugado en contra de su uso, ya que en muchas ocasiones ha podido hacerse repetitivo e incluso aburrido, especialmente a medida que se avanzaban en los bloques teóricos. Este es otro factor a tener en consideración a la hora de hacer una segunda versión del LDG.

Un efecto positivo a tener en cuenta es que el LDG logra que los alumnos no muestren reticencias a demostrar su desconocimiento la primera vez que juegan. Esta percepción se consigue gracias a que ellos son conscientes que sólo es un juego, y los juegos te permiten equivocarte sin consecuencias negativas para tus notas. Esta sinceridad difícilmente se consigue en el aula convencional.

De forma general, resulta pues evidente que el videojuego ha incentivado el aprendizaje. En este sentido el LDG, a través de la gamificación, ha logrado sacar al alumno del rol pasivo de mero receptor de información que se adopta en las clases tradicionales, a hacerlo participar activamente en la construcción de su propio aprendizaje. Esto corrobora los resultados de multitud de estudios anteriores, en los que se mantiene que los estudiantes aprenden mejor y de forma más efectiva cuando participan activamente y se sienten comprometidos con el aprendizaje en el aula, promoviendo una actitud positiva y mayor motivación (Bonwell y Eison, 1991; Johnson et al., 1991; Becker, 1997; Salemi, 2002; MacGregor *et al.*, 2000; González, 2000; Aguilar, 2011 y Sierra, 2013). En este sentido, se puede afirmar que la parte de gamificación del LDG ha producido el efecto de inmersión de éxito, similar al que producen los videojuegos en los jugadores. Ha logrado combinar elementos instructivos con el interés intrínseco que tienen niños y estudiantes por los videojuegos, para aumentar la motivación de éstos hacia el aprendizaje. Este resultado corrobora las tesis de numerosos estudios previos (Long 1984; Greenfield y Subrahmanyam, 1994; Brewer *et al.*, 2013; Bergin y Reilly, 2005; Kumar, 2000; Spector y Loria, 2014; Lawrence, R. 2004; Wallace y Margolis, 2007; Ebner y Holzinger, 2007 y Ribeiro *et al.*, 2009).

6.5 Diferencias en el rendimiento académico de química por escuelas

Los resultados muestran que no existen diferencias en el rendimiento académico de la materia de química entre los centros españoles; no obstante, las calificaciones de química en el centro americano están significativamente por encima del resto. Existe un motivo principal que puede explicar este hecho. La escuela americana es un centro concertado, es decir, recibe subvenciones públicas, pero tiene una gestión privada y su clientela, es decir, los padres de los alumnos, son los que eligen llevar o no a sus hijos allí. Puesto que por ley está obligada a la aceptación de todo el alumnado que lo solicite, según Calero y Escardíbul (2007) o Perelman y Santín (2011), quedaría cuestionada que existiese una superioridad en sus calificaciones por el denominado “efecto composición” de los alumnos escolarizados, que serían seleccionados por el centro privado. A esto hay que añadir que la experiencia docente del autor corrobora, en este sentido, que los padres ejercen presión, en muchas ocasiones de manera directa sobre el docente, en relación con las calificaciones de sus hijos. El resultado es que, de manera generalizada, el profesorado acaba bajando la exigencia e inflando las calificaciones de las materias.

6.6 Influencia de la competitividad en el aprendizaje

Reflexionando sobre los resultados obtenidos, cuando comparamos cuán competitivos se sienten los alumnos de cada país, no existen diferencias significativas entre los alumnos españoles y los estadounidenses. No obstante, a diferencia de los españoles, los alumnos americanos creen más firmemente que el hecho de competir tiene un efecto más intenso en el aprendizaje, hecho que corrobora la ya conocida competitividad de la sociedad estadounidense.

Tras el uso del LDG, más de la mitad de los alumnos, un 55%, consideró que competir les había ayudado en gran medida a aprender. El 80% de los alumnos se declaró competitivo, mantenido que les gustaría participar en competiciones de distinta índole. Al comparar esta cifra con la opinión de los alumnos en la encuesta inicial (66%), vemos que el tras el uso del LDG hay un incremento del 14% de los alumnos que se declaran competitivos. No obstante, tal aumento debe tomarse con precaución puesto que el tipo de pregunta de ambas encuestas era distinto,

siendo la inicial una escala Lickert y la final, una cerrada de dos opciones, sí o no. De igual modo se puede apreciar la elevada predisposición a la competición demostrada por los alumnos, en la línea de las tesis Marín y Hierro (2013).

A pesar de ello los resultados han demostrado que ser competitivo o creer que competir potencia el aprendizaje, no influyen en ser mejor o peor estudiante. Este resultado corrobora los estudios previos como los de Martínez, (1996, 2002), que mantienen que no hay evidencias firmes de que la competitividad mejore el rendimiento académico en los alumnos, e incluso puede llegar a ser un factor que no favorezca el rendimiento académico, al mostrar, esta variable, signo negativo en la ecuación de regresión hallada por este autor. Y, en la misma línea, los resultados muestran que ser más competitivo no repercute de ningún modo en el aprovechamiento del LDG ni en el rendimiento académico de química.

Otro resultado que llama la atención es que los alumnos que han participado en ligas, es decir, los que han competido entre sí, son más escépticos respecto a las presuntas bondades de la competición a la hora de aprender que los que no lo han hecho. Aun así, el 43% de los que han participado en liga siguen pensando que competir les ha ayudado. Parece que existe una tendencia generalizada a creer que la competición es buena, pero cuando se lleva a la práctica, esta fe en la competitividad decae un poco, pasando del 66% al 43%.

Por último, los resultados muestran que existen diferencias de género en cuanto a la importancia que se le atribuye a la competición como factor de aprendizaje, siendo los varones los que más importancia le atribuyen. Igualmente existen diferencias entre géneros a la hora de auto-describirse como competitivos, si bien éstas son marginalmente significativas. Este resultado confirma multitud de estudios previos, en los que el rasgo de competitividad medido fue más alto en hombres y mantienen que la competitividad es una variable ligada al sexo (Cashdan, 1998; Remor, 2007; Gneezy *et al.*, 2009; Niederle y Vesterlund, 2011; Houston *et al.*, 2005; Jones *et al.*, 2001). No obstante, otros autores son más escépticos a la hora de afirmar esta relación; así, Bertrand (2011) mantiene que es difícil encontrar datos que recojan una buena medida de la competitividad real de los alumnos. Rodríguez Escobedo (2019) no encontró evidencias para afirmar que las mujeres compitan menos que los hombres.

Lo que se evidencia en este estudio es que, para las mujeres, competir no tuvo tanta importancia a la hora de aprender como para los hombres. Este desmerecimiento de la competición como factor de aprendizaje podría ser debido, como algunos autores mantienen, a que las mujeres no se sienten cómodas bajo ambientes de competitividad (Felder *et al.*, 1995; Goodman Research Group, 2002), especialmente cuando tienen que competir contra hombres (Gneezy *et al.*, 2003; Balafoutas y Sutter, 2012; Niederle *et al.*, 2013; Rodríguez Escobedo, 2019), llegando, como afirma esta última autora, a responder de manera negativa cuando son forzadas a participar en escenarios competitivos.

En esta discusión no se nos puede escapar el considerar el factor cultural, cuya influencia es determinante en cualquier comportamiento humano, y la competitividad es uno de ellos. De hecho, la totalidad de los estudios que defienden la asociación de competitividad y género, pertenecen a la cultura occidental, y más concretamente al norte de Europa y Estados Unidos y, aun así, entre ellos se han encontrado voces discordantes que discrepan de tal asociación. Merece pues traer a esta discusión los resultados de la investigación llevada a cabo por Gneezy *et al.* (2009), que con un estudio empírico demostraron que las diferencias en la competitividad son resultado de la cultura y la socialización. En éste demostraron que las mujeres que crecieron en un matriarcado no presentaban auto-exclusión frente a la competición, cosa que sí hacían las que venían de sociedades patriarcales, como podría ser la occidental. Los psicólogos sociales estructuralistas atribuyen las diferencias en la competitividad entre géneros a las diferencias en poder, estatus, y en control de recursos entre hombres y mujeres, en muchas sociedades alrededor del mundo. En la misma línea, otros autores han encontrado que la brecha de género está influenciada por el estereotipo de género asociado a ciertos estudios, generalmente de tipo cuantitativo (Grosse y Riener, 2010; Günther *et al.*, 2010). Los resultados del presente estudio, en la línea de otros estudios, puede ser un indicio de que empieza a haber cierta rotura de este tipo de estereotipos en nuestra sociedad.

6.7 Aprovechamiento de los contenidos que ofrece el LDG por alumnos con distinto rendimiento académico global

Como era de esperar, los resultados mostraron que los alumnos con los mayores rendimientos académicos globales, es decir los del cuartil 4, fueron aquellos que aprovecharon más lo que el LDG podía ofrecerles, y lo usaron más. No obstante, sorprendentemente, y seguidos muy de cerca en el aprovechamiento y el uso, no fueron los alumnos del cuartil 3 de rendimiento académico global, como sería de esperar, sino los del cuartil 2, o lo que es lo mismo, los alumnos que habitualmente aprueban con calificaciones bajas. Estamos pues ante un dato relevante: el LDG ha tenido un impacto significativo, no solo en los alumnos de rendimientos académicos globales más altos, sino también en los medio-bajos. Es remarcable que esta herramienta haya sido capaz de motivar a su aprovechamiento y uso, de forma especial, a alumnos de rendimientos académicos medio-bajos. Esto corrobora otros estudios respecto al poder de los videojuegos como herramientas motivadoras (Kingsley y Grabner-Hagen, 2015; Leaning, 2015; Papastergiou, 2009; Seaborn y Fels, 2015; Koivisto y Hamari, 2014). Especialmente relevante es el hecho que este *software* gamificado haya alentado el interés por la materia de química a un segmento de alumnos que, tradicionalmente tienen dificultades con esta materia. Y que por ser de la parte baja de rendimientos globales, generalmente no tienen una confianza en sus capacidades comparable a los alumnos con mayores rendimientos académicos. En este sentido, nuestros resultados corroboran las tesis de autores como Lee y Hammer (2011), quienes mantienen que los juegos permiten trabajar facetas como la frustración (ante la derrota) e incluso transformarla en emociones positivas.

Lo mismo ocurre con el tiempo que dedican los alumnos a la teoría y a los juegos: de nuevo son los alumnos de cuartil 4 de rendimiento académico global, seguidos muy de cerca por los del cuartil 2, los que más tiempo emplean. Estos datos demuestran que las características y la forma en que se han tratado los apartados teóricos en el LDG resultan ser atractivos, no únicamente para los estudiantes tradicionalmente con mayores rendimientos académicos, sino para segmentos de rendimiento más bajo. En este sentido, demuestran adaptarse mejor a las necesidades de los alumnos. Creemos pues que ello es así no únicamente por sus características, metodología seguida y recursos visuales que ofrece la teoría, sino también porque el alumno

puede acceder a los contenidos de una manera instantánea, siempre que lo necesite, y a su ritmo. Y lo mismo ocurre con los juegos, que se basan en retos para solucionar problemas, y proporcionan *feedbacks* inmediatos. Esto corrobora las tesis de Papastergiou, 2009 o Cruz-Lara *et al.* (2013), entre otros autores, que mantienen que los juegos contribuyen a hacer que las materias sean más fáciles y centradas en los alumnos, más basadas en problemas, que son capaces de potenciar la activación del conocimiento previo, y proporcionan *feedbacks* inmediatos. En este sentido podemos afirmar que LDG ayuda a adaptar contenidos de la materia de química, haciéndolos más específicos y ajustándose mejor a las necesidades de cada estudiante.

Los resultados también han demostrado que, en general, los alumnos con los rendimientos académicos más bajos son los que menos han aprovechado el LDG y los que menos lo han usado. Este segmento del alumnado se caracteriza, de forma general, por tener pocos hábitos de estudio. Esto concuerda con la mayor parte de las investigaciones revisadas, que mantienen que el hábito, que como sostiene Hernández y García (1991), se trata de un comportamiento automatizado y adquirido a lo largo del tiempo con numerosas repeticiones, es una variable determinante del rendimiento académico (Díaz, 1995; Fullana, 2008; Hernández y García, 1991; Martínez, 1996; Meneghetti *et al.*, 2007; Nonis y Hudson, 2010; Salas, 1999). En este sentido, de forma general, el LDG no ha sido capaz de revertir los hábitos de estudio de los alumnos con peores rendimientos académicos, pero sí ha sido capaz de hacerlo con los alumnos de rendimientos medio-bajos, corroborando estudios previos como los de Cortizo *et al.* (2011) y Brewer *et al.* (2013), que mantienen que la gamificación en la formación de estudiantes puede impulsar cambios en sus hábitos.

Por último, merece la pena discutir el hecho que la calidad del tiempo invertido en el LDG, no depende de la tipología del alumnado, en cuanto a su rendimiento académico. En este sentido se demuestra que, de nuevo, el LDG ha sido capaz de atraer la atención de los alumnos de un modo eficiente, demostrando que los alumnos han invertido su tiempo de la misma manera, independientemente de su pasado académico.

6.8 Influencia del género en el rendimiento académico global y en la utilización del LDG

Los resultados obtenidos muestran claramente que las mujeres obtienen, de forma general, mejores rendimientos académicos globales que los hombres, siendo éstos últimos los que se acumulan en el grupo de alumnos de rendimiento más bajo. Esto corrobora numerosos estudios previos (Martínez, 1996; Seder y Villalonga, 2016; Córdoba, 2010; Corea, 2001; Crosnoe, 2002; Kovacs *et al.*, 2008; Ruiz de Miguel, 2009 y Yu *et al.*, 2006).

Otro resultado que bien merece una discusión es el hecho que, si bien hombres y mujeres usan por igual el LDG, las mujeres dedican, de forma general, significativamente más tiempo al LDG que los hombres. No obstante, al profundizar un poco más en cómo reparten este tiempo, se aprecia que, estas diferencias no vienen por el tiempo que dedican a los juegos, sino por el que dedican a la teoría. Las mujeres invierten casi un 50% más de tiempo en los contenidos teóricos que los hombres. Esto puede ser debido a que, a estas edades, las mujeres son más maduras y responsables, y demuestran la paciencia e interés de dedicar tiempo a aprenderse de la teoría, antes de lanzarse a jugar. Contrariamente, en los hombres se manifiesta cierta impulsividad típica de los adolescentes (Gaete, 2015), que les hace pasar la teoría lo más rápido posible, para acceder cuanto antes al juego. Este gesto muestra rasgos más infantiles y se acerca más a un tipo de aprendizaje basado en el ensayo-error. Esta brecha de madurez y hábitos de estudio de género en la adolescencia confirma las tesis de otros autores como Seder y Villalonga (2016). Parece pues evidente que el modo en que se administra la teoría del LDG funciona mejor para el género femenino que para el masculino. Para enmendar esta situación se propone implementar otro modo de administración de la teoría, complementario al ya existente. Esta recomendación se verá con más detalle en el último apartado del presente capítulo.

6.9 Asociación entre el tipo de escuela (pública, concertada o privada) y el tipo de uso que se ha hecho del LDG

Los resultados mostraron diferencias significativas en el tipo de uso le dieron al LDG: la gran mayoría de los centros públicos hizo un uso extraescolar, es decir que no utilizaron el LDG en clase. En cambio, los centros concertados y el privado utilizaron, en su totalidad, el LDG dentro del aula. Además, de todos estos centros, únicamente el privado organizó una competición, siendo un centro público el que organizó la otra liga.

El hecho de implementar un recurso nuevo y además desconocido dentro del aula supone siempre un trabajo extra. Aparte de la parte formativa que requiere utilizar un *software* de este tipo, el docente debe hacer un trabajo reflexivo de cómo va a encajar una nueva herramienta en sus clases diarias, así como preparar estrategias para su implantación con éxito. Los resultados muestran que los centros de gestión privada realizaron dicha tarea. A esto hay que añadir que, si además se organiza una competición alrededor del LDG, ello le supone al docente un trabajo extra. Con esto el autor no pretende de ningún modo defender una gestión privada de la educación, nada más alejado de esto, ya que existen razones que podrían perfectamente explicar dicha situación. A lo largo del curso de implementación del LDG en los 10 centros que participaron en el cuasi-experimento, recibimos numerosas quejas por parte del profesorado de los centros públicos respecto a la precaria situación de recursos tecnológicos que tenían en las aulas. Otras veces se atribuía a problemas con la red de internet, que se colapsaba al conectar 5 ordenadores o tabletas al mismo tiempo. Es por ello por lo que puedo verificar que esta falta de uso en el aula en los centros públicos no debería interpretarse como una falta de interés por parte de los docentes responsables de los centros públicos, que en todo momento me trasladaron sus inquietudes al respecto, sino que fue debida a las limitaciones derivadas de la anteriormente citada falta de recursos tecnológicos y/o deficiencia de los ya existentes.

6.10 Influencia del tipo de uso en la utilización global que se ha hecho del LDG

Los resultados muestran que el tipo de uso que se ha hecho del LDG en el aula ha sido un factor decisivo a la hora de influir significativamente en los rendimientos obtenidos en el LDG y sobre el tiempo dedicado al mismo en general.

Claramente fue en los centros en los que se creó la liga en los que los alumnos obtuvieron las mayores puntuaciones, no solo en los *tests* finales de cada bloque teórico, sino también en los resultados de las puntuaciones de la primera vez que jugaron en cada bloque teórico.

A todas luces, el hecho de haber creado un ambiente de competición entre los alumnos de la clase incentivó el uso del LDG. El hecho de haber obtenido puntuaciones significativamente más altas en el primer juego de cada bloque teórico, puede ser indicativo de una mayor disposición a aprender los contenidos teóricos, que se manifiesta en mayores rendimientos en el primer juego. Pero no solo es eso, parece que la liga incentiva un esfuerzo que también se traduce en mayores rendimientos en los *tests* finales en cada bloque teórico.

La creación de la liga en clase, lejos de convertirse en una competición individualista entre compañeros, se convirtió más bien una competición sana, que más que el enfrentamiento promovió la socialización. Por lo recogido por el autor en conversaciones con los profesores que implementaron las ligas, la excusa de la liga creó un ambiente de aprendizaje, donde la cooperación entre alumnos primó por encima del individualismo.

Por el contrario, los alumnos que hicieron un uso fuera del aula del LDG obtuvieron los resultados más bajos en los *tests*. Lo que significa que el hecho de utilizar el LDG como soporte en el aula garantiza mejores rendimientos en los *tests* de cada bloque teórico.

Por último, los resultados muestran que el tipo de uso vuelve a influir de manera determinante en los tiempos dedicados a la teoría, a los juegos y al tiempo total dedicado al LDG. Nuevamente, los alumnos que han participado en liga invierten significativamente más tiempo que el resto, seguidos por los que han hecho un uso en el aula y finalmente por los que han hecho un uso fuera del aula.

Parece claro que el factor humano, es decir el profesor y las circunstancias, juegan un papel clave en la elección del tipo de uso que finalmente tuvo lugar. Crear una liga o no crearla, también tiene su efecto en la motivación del alumnado para utilizar el LDG. Esto corrobora las experiencias de autores como Stott y Neustaedter (2013), Zichermann y Cunningham (2011), Marczewski (2013), Werbach y Hunter (2014), Berkling y Thomas (2013), entre otros, que mantienen que el uso de la gamificación a través de sus distintos elementos, como los tableros de clasificación, ayudan a aumentar la motivación de los alumnos.

6.11 Influencia del factor Curso en la utilización global que se ha hecho del LDG

Los resultados mostraron que los alumnos de 3º de ESO dedicaron significativamente más tiempo al LDG que los de 4º de ESO. Posiblemente este hecho se deba a que, puesto que el LDG excedía el currículum de la materia de química de 3º de ESO, este curso estuvo trabajando durante muchos meses con el LDG. Lo contrario pasó con los de 4º curso, ya que el LDG sirvió para repasar y aprender unos cuantos conceptos nuevos, lo que resultó en que invirtieran menos tiempo en el LDG.

Otro resultado nos indica que los alumnos de 3º curso dedicaron más tiempo a la teoría, aunque no hubo diferencias significativas en el tiempo dedicado a juegos. Claramente esto se explica, primero por la razón antes mencionada, y segundo, porque los dos centros que organizaron una liga, que recordemos se demostró que invirtieron más tiempo en general en el LDG, eran ambos de 3º curso.

Por último, los resultados mostraron que el factor curso no tiene influencia sobre el rendimiento académico en química que acaba obteniendo el alumno.

6.12 Relación entre tiempo efectivo dedicado al LDG y otras variables de utilización del LDG, así como su influencia en el rendimiento académico de química

Antes de empezar la discusión de estos resultados, es importante recordar que la adolescencia es el período del ciclo vital con mayor facilidad para procrastinar. Algunos estudios indican que aproximadamente el 95% de los adolescentes manifiestan comportamientos procrastinadores (Ariely y Wertenbroch, 2002; Steel, 2007, Steel *et al.*, 2001). Es por ello una tarea doblemente ardua y difícil, la de atrapar la atención de los alumnos para evitar actitudes indeseadas e improductivas.

Los resultados obtenidos han mostrado que, independientemente del tipo de alumnado, en cuanto a sus rendimientos académicos se refiere, todos ellos realizan un aprovechamiento del tiempo dedicado al LDG similar; es decir, que cuando utilizan el LDG, todos invierten un tiempo efectivo similar o procrastinan de igual manera, según como se vea. Posiblemente, este hecho se deba a que el *software* ha sido capaz de limar estas diferencias en cuanto al nivel de procrastinación existente, entre los estudiantes de altos y bajos rendimientos académicos (Chan, 2011). En este sentido se puede decir que esta herramienta gamificada ha conseguido involucrar y motivar a todos los que la han usado, en el mismo grado, corroborando las tesis de otros investigadores (Brinkman, 2011; de Byl, 2012).

Tampoco existen diferencias en el tiempo efectivo entre géneros, es decir que chicos y chicas han procrastinado de similar manera. Esto nos puede indicar que el LDG ha hecho el mismo efecto motivador tanto en chicos como en chicas.

No obstante, los alumnos que más tiempo han dedicado al LDG también se caracterizan por haber procrastinado menos, invirtiendo más tiempo en acciones de aprendizaje, y menos en apartados improductivos. Contrariamente, los alumnos que menos tiempo han invertido en el LDG, son que los más procrastinan.

Merece traer a esta discusión el hecho que los alumnos con tiempos efectivos más altos son los que obtuvieron los mejores rendimientos académicos en química, corroborando, de nuevo, las tesis de Chan (2011).

Para finalizar, cabe decir que el tiempo efectivo general dedicado al LDG ha rondado el 94% respecto al total, una cifra que se puede considerar buena. Si consideramos que como mantiene Ferrari (2001), la procrastinación académica es el comportamiento evitativo de las responsabilidades y actividades académicas debido, tal vez, a que estas son percibidas como aversivas. Viendo estas cifras, parece que el uso del LDG ha cumplido con el objetivo de hacer la materia de química, más atractiva y motivadora para nuestros estudiantes.

6.13 Influencia del aprovechamiento del LDG en el rendimiento académico de química

Los resultados muestran que cuanto más se ha aprovechado el LDG, es decir, cuantos más bloques se han trabajado, mayor ha sido el rendimiento académico obtenido en química. Esto corrobora las tesis de muchos investigadores que, tras estudios empíricos, han demostrado que la introducción de, en este caso, videojuegos, tiene un efecto positivo en el incremento del rendimiento académico (Le Maire *et al.*, 2018; Kingsley y Grabner-Hagen, 2015; Leaning, 2015; Papastergiou, 2009; Seaborn y Fels, 2015; Koivisto y Hamari, 2014).

6.14 Influencia del tiempo general dedicado al LDG sobre el rendimiento académico de Química

Los resultados muestran que los alumnos que invierten más tiempo en general en el LDG obtienen resultados académicos superiores. Concretamente, una mayor inversión en la teoría supone mayores rendimientos en química, y ocurre lo mismo con el tiempo invertido en los juegos. Este resultado pone de manifiesto la utilidad del LDG como herramienta de aprendizaje, confirmando multitud de estudios previos que mantienen que la gamificación y los videojuegos repercute de forma positiva en los rendimientos académicos (Toriz y Murillo, 2017; Kingsley y Grabner-Hagen, 2015; Leaning, 2015; Papastergiou, 2009; Seaborn y Fels, 2015; Koivisto y Hamari, 2014, entre otros).

6.15 Factores que han influido en el uso del LDG, así como el impacto que esta variable ha tenido en el rendimiento académico de química

Los resultados muestran que los alumnos que han realizado un mayor uso del LDG, muestran tiempos efectivos más elevados; en otras palabras, que procrastinan menos. Es pues otra prueba de que el uso del LDG consigue captar la atención del alumno en las tareas de aprendizaje, logrando su propósito. Está claro que la gamificación bien enfocada puede ser una poderosa herramienta para el aprendizaje, en la línea de multitud de estudios previos (Gros, 2000; Kumar y Khurana (2012); Stott y Neustaedter, 2013; Revuelta *et al.*, 2017; Hanus y Fox (2015); Bernik *et al.*, 2019; entre otros).

Otro resultado que merece ser traído a discusión es el hecho de que, en función del Uso del LDG en cada centro, existen mayores o menores diferencias de uso entre los alumnos con mayores o menores rendimientos académicos. De hecho, en los centros donde se ha usado menos, no existen diferencias significativas en el uso del LDG entre los alumnos con mayores y menores rendimientos académicos globales. Sin embargo, en los centros donde se ha hecho un uso mayor, los alumnos con un rendimiento académico global más alto lo han usado significativamente más que los que muestran un rendimiento académico global menor. Pero lo realmente interesante es que esta tendencia se rompe si analizamos esta relación con el tipo de uso que se ha hecho. Los resultados muestran que en los centros en los que se organizó una liga, todos los alumnos usaron el LDG por igual, independientemente de su rendimiento académico global. Este resultado indica que el hecho de crear una competición favoreció la implicación de todo tipo de alumnado, motivándolo a participar. Esto, de cara a la implementación de una nueva versión de *Top Chemist*, sería una característica a considerar, es decir, la posibilidad voluntaria, nunca obligatoria, de que el alumno pueda unirse a una liga con compañeros de clase, pudiéndose usar pseudónimos. De este modo se consigue que alumnos con un rendimiento académico global bajo utilicen el LDG con la misma frecuencia que los de rendimiento global alto, cosa que

no ocurre con los otros dos tipos de uso del LDG. Este resultado corrobora estudios previos como los de Lampe (2012) y Stott y Neustaedter (2013).

A continuación, nos disponemos a discutir los últimos resultados obtenidos que explican los factores que han incidido de manera significativa en el rendimiento académico de química.

El primero de ellos es el rendimiento académico global del alumno. Se ha demostrado que los alumnos con un rendimiento académico global más alto obtienen, como era de esperar, mayores rendimientos en química, siendo en última instancia las mujeres, puesto que son las que se acumulan en los cuartiles más altos de rendimiento académico global.

El segundo es el uso del LDG. Respondemos pues a la hipótesis que condujo esta investigación, y podemos afirmar que el LDG es una herramienta didáctica que mejora el rendimiento académico de química. Esto corrobora estudios previos como los de Kingsley y Grabner-Hagen (2015), Leaning (2015), Papastergiou (2009), Seaborn y Fels (2015), Koivisto y Hamari (2014), Toriz y Murillo (2017) y Le Maire *et al.* (2018). Pero los resultados muestran que lo que más ha incentivado el uso del LDG ha sido el tipo de uso que se ha promovido por parte del profesor, y en última instancia, del tipo de centro. De hecho, la creación de la liga ha favorecido el uso masivo del LDG por parte del alumnado, independientemente de su pasado académico. Esta introducción extra de mecánicas de juego ha aumentado la predisposición de los alumnos por la materia (Attali y Arieli, 2015), corroborando los numerosos estudios que demuestran las abundantes ventajas de aumentar la implicación y la participación de los alumnos en el aula (Chao y Chen, 2009; Sharples *et al.*, 2005), siendo la participación en grupo (como la liga) uno de los factores cruciales para hacer más efectivo el aprendizaje (Roschelle *et al.*, 2000). Esto ha motivado al alumno a usar el LDG, desembocando en un aumento del rendimiento. Se confirma pues el efecto positivo LDG cuando se utiliza en ligas, ya que aumenta la motivación del alumno, siendo ésta la clave del éxito académico, tal como mantienen numerosos autores (Beltrán, 1993; Good y Brophy, 1983; Amrai *et al.*, 2011; Lampe, 2012; Stott y Neustaedter, 2013; Pintrich, 2004; Pintrich y De Groot, 1990; Schiefele, 1991; Wolters y Pintrich, 1998).

Por último, merece discutirse el hecho que, una vez probado que el LDG tiene un impacto significativamente positivo en el rendimiento de química, esta incidencia resulta ser más acentuada en los cuartiles más bajos de rendimiento académico global. Según la literatura

consultada, estos alumnos se caracterizan por su desmotivación (Cabanach *et al.*, 1999; Núñez *et al.*, 2009; Pérez *et al.*, 2000) y presentar problemas comportamentales (Digdon y Howell, 2008; Dietz *et al.*, 2007; Steel, 2007; Steel *et al.*, 2001). El LDG ha logrado revertir esta tendencia y conseguir que con un uso intensivo del mismo, alumnos que inicialmente estarían suspendiendo la materia puedan alcanzar rendimientos académicos superiores incluso a los que alcanzarían alumnos de cuartiles medio-altos (cuartil 3). Esto nos lleva a la conclusión que el LDG es especialmente útil en los alumnos con mayores problemas académicos.

6.16 Opinión que los alumnos tienen del LDG después de haberlo utilizado esta herramienta educativa y de qué modo lo han utilizado

A continuación, se procede a la discusión de los resultados de la encuesta final. Esta se ha abordado en cuatro bloques, que han recogido la opinión de los alumnos sobre distintas facetas del LDG. Este penúltimo apartado ha recogido la discusión alrededor del constructivismo como metodología de aprendizaje y de qué modo se ha implementado a través del LDG. Si bien es cierto que los videojuegos podrían enmarcarse en el ámbito de la metodología conductista, a través del ensayo-error, como veremos más adelante en el LDG no siempre es así. La manera en que se organiza el libro digital gamificado y cómo trata los contenidos teóricos bien podría decirse que es constructivista. Podríamos asegurar pues que el LDG aúna distintas corrientes de aprendizaje, y las ensambla para intentar sacar el máximo rendimiento.

En general el LDG intentó seguir paradigmas constructivistas buscando promover dos cosas: la experiencia y el error, a través del juego, y la búsqueda de soluciones a través de los contenidos teóricos, con la finalidad de favorecer el aprendizaje y ayudar al estudiante a que vaya construyendo el andamiaje de su propio conocimiento.

6.17 Opinión sobre la teoría del LDG

Los resultados muestran que una gran mayoría, casi el 75% de los alumnos, reconoce que la manera que el LDG ofrece los contenidos teóricos les ayudó mucho o bastante a entenderlos. Además, el 70% mantiene que entendieron muy bien las explicaciones teóricas y que les ayudó bastante o mucho a entender los conceptos más complejos. Recordemos que para la creación del LDG se tuvieron muy en cuenta las opiniones de los alumnos, no solo porque se centró en los contenidos teóricos que más dificultad les suponían, sino porque lo hizo como ellos manifestaron que les gustaría, es decir intentando aproximarse a los contenidos de una manera visual, con animaciones, simulaciones, explicaciones claras y concisas, con ejemplos resueltos, siguiendo las tesis de algunos autores (Hernández-Requena, 2008; ATTES, 2003) y, como mantiene Gros (2000), acoplándose perfectamente al mundo que rodea a los adolescentes. Además, como mantienen Pozo y Gómez-Crespo (1998), el alumno consigue construir su propio conocimiento científico cuando se reestructura la teoría, se explica de forma progresiva e integra jerárquicamente los conceptos, tal y como se ha hecho en el LDG.

En este sentido, los contenidos teóricos ofrecen multitud de rasgos constructivistas que enumeramos a continuación:

- Da al alumno libertad para controlar su propio aprendizaje, haciéndolos responsables de él, fomentando su propia autonomía (Driver y Oldham, 1986).
- Se adapta a las necesidades de cada individuo de manera gradual y pautada, ya que el alumno puede aprender a su propio ritmo, para garantizar un aprendizaje significativo, asegurando la intervención activa del alumno para relacionar conceptos recién adquiridos con los que irá a adquirir (Ausubel, 1968). El aprendizaje activo promueve, en consecuencia, una actitud positiva hacia el aprendizaje y una comprensión más profunda (MacGregor *et al.*, 2000; Salemi, 2002).
- Permite acceder a la información de una manera rápida, inmediata y fácil, “*just in time and just for me*” (Cabero, 2007).
- Libera al profesor de la tarea de transmisor de conocimientos para darle la libertad de atender de manera más personalizada al alumnado, de resolver dudas, fomentando

un trabajo más activo, reflexivo, cooperativo y responsable de buscar, descubrir y construir su propio conocimiento (Zabalza, 2002).

6.18 Opinión sobre los juegos del LDG

La opinión de los alumnos sobre los juegos ofrecidos por el LDG es extremadamente positiva y nos da una clara visión de lo que han representado para los estudiantes. De hecho, el 85% de los alumnos manifiesta que jugar les ha ayudado bastante o mucho a la hora de aprender, siendo prácticamente inexistentes las opiniones negativas sobre éstos.

Si bien es cierto que los juegos pueden tener una componente conductista, la manera como se han desarrollado en el LDG ha tratado de seguir la metodología constructivista en todo momento. A continuación, se citan algunas características típicas del aprendizaje constructivista y que se han implementado con éxito en el diseño de *Top Chemist*:

- Se trata de una herramienta que promueve la motivación y premia al alumno a través de la motivación personal para que participen e interactúen en el proceso de aprendizaje (Vygotsky, 1985). Esto corrobora numerosos estudios previos sobre las ventajas de aumentar la implicación y participación del estudiante en el proceso de aprendizaje (Chao y Chen, 2009; Sharples *et al.*, 2005).
- El LDG proporciona al aula otra dimensión de la realidad, y ayuda a contextualizar los contenidos de la materia, incorporando al aula nuevas experiencias ricas en contexto, en la línea de las tesis planteadas por Jonassen (1991).
- Siguiendo las metodologías constructivistas, el LDG potencia la interacción del sujeto en la resolución de un problema que se plantea en el juego y plantea objetivos, a corto y largo término, a través de retos, como los del juego de los pictogramas, que les es de utilidad en el mundo real, tal y como mantienen autores como Hernández-Requena, (2008) o Roschelle *et al.*, (2000).
- Por último, los juegos proporcionan una de las características importantes de la metodología constructivista, y es un *feedback* inmediato, confirmando las tesis de numerosos autores como Fox (1991), Merrill *et al.* (1995) y Roschelle *et al.* (2000).

6.19 Opinión general sobre *Top Chemist*

Siguiendo con la discusión de los resultados obtenidos en la encuesta final, el 60% de los alumnos mantiene que el LDG les ha provocado muchas o bastantes ganas de seguir progresando y aprendiendo. Además, los resultados demuestran que la gamificación del LDG logró aumentar la motivación, y que los alumnos que más motivados se manifiestan son los que mayores rendimientos académicos obtienen en química. Este resultado confirma numerosos estudios previos (Rosas *et al.*, 2000; *Quest to Learn*, 2008; Sheldon, 2012; Stott y Neustaedter, 2013; Revuelta *et al.*, 2017; de Byl, 2012; Bernik *et al.*, 2019; Kingsley y Grabner-Hagen, 2015; Le Maire *et al.*, 2018; Leaning, 2015; Papastergiou, 2009; Seaborn y Fels, 2015 y Koivisto y Hamari, 2014).

Las características de diseño de *Top Chemist* ayuda a que el alumno sepa en todo momento qué necesita saber para seguir aprendiendo, haciéndoles responsables de su propio aprendizaje, confirmando las tesis constructivistas de Driver y Oldham (1986). En este caso, la famosa frase de “*el profesor me ha suspendido*” deja de cobrar sentido, puesto que el LDG monitorea todo lo que el alumno trabaja en los contenidos, sus calificaciones, sus rendimientos en los juegos, etc. Y el mismo alumno puede, con sus propios ojos, comprobar el esfuerzo que ha dedicado a la materia.

Los resultados de la encuesta también mostraron que, después del uso del LDG, el 62% de los alumnos afirman haber aprendido más con el LDG que con las clases tradicionales. Este hecho revela la exitosa acogida que esta herramienta ha tenido entre los estudiantes, confirmando las opiniones de numerosos expertos en la materia (Gerónimo y Rocha, 2007; Kulik, 1994 y Rosas *et al.*, 2000). Este hecho confirma al mismo tiempo otras tesis, que mantienen que las metodologías tradicionales en las cuales el docente tenía el protagonismo absoluto, han dejado de ser atractivas para los estudiantes, los cuales reclaman otro tipo de metodologías (Cabero, 2007; Sierra, 2013; Imbernón, 2006; Gerónimo y Rocha, 2007; Aikenhead, 2003; Millar y Osborne, 1998; Vázquez *et al.*, 2005; Acevedo, 1996; Martín-Gordillo, 2003; Manassero, 2001 y Manassero *et al.*, 2003).

Como vimos en los apartados anteriores, el resultado de la creación de la liga en clase fue clave para fomentar el uso del LDG. Como se discutió anteriormente, esta decisión implicaba para el profesor tener que readaptar su manera de trabajar, y estar abierto a introducir nuevas metodologías requiere siempre un esfuerzo adicional por parte del docente. Pero, como

mantienen las tesis del constructivismo, el conocimiento es construido por las personas a través de la interacción social. En este sentido, creemos que la creación de la liga no solamente fomentó la competición sana, como mantiene Stott y Neustaedter (2013), así como el liderazgo, sino que también promovió la socialización. Lejos de ser un punto de enfrentamiento entre compañeros, se convirtió en algo novedoso, donde los alumnos jugaban al mismo tiempo, aprendiendo juntos, jugando juntos. En este sentido, creemos, como mantiene Solé (2001), que el LDG creó “un ambiente de aprendizaje” en el que primó la cooperación por encima de la competición, en el que era normal pedir y ofrecer ayuda y en el que cupo la posibilidad de equivocarse y aprender de los propios errores. Sin duda, el LDG también se convirtió en una herramienta de socialización y trabajo cooperativo que fomentó el aprendizaje significativo, siguiendo las tesis de multitud de autores como Gerónimo y Rocha (2007), Roschelle *et al.*, (2000), González y López (2012) o Herrera *et al.* (2008).

La introducción de esta herramienta proporcionó al profesor más libertad para atender necesidades particulares de cada alumno, mejorando el tiempo de calidad del docente durante la sesión y brindando al alumno la oportunidad de aprender a su propio ritmo, en palabras de Thinley *et al.* (2014), integrando las capacidades tecnológicas disponibles de una manera que mejore el proceso de enseñanza y aprendizaje tradicional. Además, facilitó el autoconocimiento, básico en cualquier aprendizaje constructivista, permitiendo que el alumno fuera consciente en todo momento del grado de control que tenía sobre los contenidos, y lo que le quedaba todavía por aprender, en consonancia con las tesis de otros autores, como Sierra (2013).

Por último, la característica que a nuestro entender ha ayudado a hacer del LDG una herramienta de éxito es la incorporación de los niveles, que indicaban el grado de progreso del jugador en el juego. La posibilidad ver todas sus metas alcanzadas, puntos conseguidos en el juego, resultados en los *tests*, y ver como su personaje va progresando y escalando posiciones en el organigrama de la empresa a medida que más sabe, ha sido sin duda uno de los grandes aciertos de esta herramienta educativa. Tal como mantienen Hunicke *et al.* (2004), este elemento permite mantener la motivación del jugador.

El 73% de los encuestados manifestó que les gustaría que toda la asignatura fuese un videojuego. Y el 85% de ellos manifestó que les gustaría que más asignaturas tuviesen LDGs como *Top Chemist*, siendo el 50% de los estudiantes que declararon que les gustaría mucho que así fuera.

Este resultado es un claro indicador de la situación de desafección hacia la manera tradicional de enseñar, y no solamente la materia de química. Yendo más allá, los resultados mostraron que el 70% de los alumnos desearían que los tradicionales libros de texto fuesen substituidos por los libros digitales gamificados. Se evidencia que la comunidad estudiantil valora muy positivamente esta herramienta educativa y demanda la implementación de recursos como este en el aula tradicional. Pero no solo eso, también nos marca el camino a seguir de cara al cambio metodológico, con la introducción de nuevas herramientas gamificadas, que sin duda demuestran el efecto positivo que su uso ejerce sobre la motivación de los alumnos y sobre el rendimiento académico. Este resultado confirma numerosos estudios previos (Imbernón, 2006; Gerónimo y Rocha, 2007; Aikenhead, 2003; Millar y Osborne, 1998; Vázquez *et al.*, 2005; Acevedo, 1996; Martín-Gordillo, 2003; Manassero *et al.*, 2001 y Manassero *et al.*, 2003). Los alumnos demandan pues un cambio en el paradigma educativo en las aulas.

Otro resultado que merece la pena discutir es que el 60% de los encuestados opina que podrían aprender mucho o bastante únicamente con la sola ayuda del LDG y sin la ayuda del profesor. Ello nos da información de cuánta seguridad les ha suscitado el uso del LDG. No obstante, ahondando un poco más en la respuesta, podemos ver que son los alumnos con mayores rendimientos académicos los que se manifiestan más escépticos, y por tanto más valor atribuyen a la figura del profesor a la hora de aprender contenidos. En este sentido, como se ha demostrado en esta investigación, el factor humano (en este caso la dedicación del docente) sigue siendo fundamental en estas etapas de aprendizaje, corroborando estudios previos que atribuyen gran importancia a la tarea del profesor como motivador y guía (Ausubel, 1978; Wentzel, 1997; Solé, 2001 y Furió Más, 2006).

Pero si comparamos la opinión de los alumnos dada en la encuesta inicial con respecto a la final, nos sorprende la diferencia que supone el uso del LDG. En la encuesta inicial, el 45% de los alumnos encuestados mantenía que se sentía capaz de aprender sin la ayuda del profesor y únicamente con la ayuda de una aplicación. Tras el uso del LDG, este porcentaje aumenta hasta el 60%, un incremento notable. Quizás este resultado sea una prueba que el LDG ha cumplido con sus expectativas.

6.20 Perspectivas de futuras investigaciones

La investigación que se ha llevado a cabo ha pretendido ahondar en el todavía desconocido mundo de los libros digitales gamificados y su impacto en el rendimiento académico. Una herramienta que, en opinión del autor, podría llegar a sustituir a los actuales libros digitales en un futuro relativamente cercano. Los resultados y la discusión muestran algunos nuevos caminos de investigación que servirían para conocer todavía más el potencial de este tipo de herramientas, así como otras propuestas para la implementación con éxito del LDG *Top Chemist* en las aulas. A continuación, se proponen algunos de estos nuevos caminos de investigación.

1. Se recomienda rediseñar el LDG en algunos aspectos, como implementar la opción voluntaria de participar en una liga (bajo pseudónimo) con los compañeros de clase, o contra otros usuarios de distintos centros que quieran participar. Asimismo, consideramos indispensable incrementar la variedad de juegos a un mínimo de 7 tipos.
2. Además, se recomienda implementar distintos tipos de ligas, una de tipo *ranking*, para los más competitivos, y otras de tipo pirámide, en la que puede haber muchos ganadores, en este caso, muchos directores generales.
3. A la hora de jugar en clase, se recomienda al profesorado que puedan jugar en parejas, ya que tienden a colaborar y a ayudarse entre ellos, fomentando el trabajo colaborativo y un aprendizaje más efectivo.
4. Para una nueva versión del LDG se recomienda implementar la voz al profesor, de manera que el mensaje llegue a través de todas las vías posibles, la visual y la auditiva.
5. Se recomienda un LDG para cada curso, que se centre en el currículum de 3º y 4º ESO por separado.
6. Se recomienda modificar el bloque teórico dedicado a la Estequiometría y el de Ajuste de reacciones. Son apartados demasiado largos que bien se podría dividir en dos bloques teóricos cada uno.
7. Sería recomendable subdividir los bloques más extensos del LDG y contextualizarlos mejor, intercalando juegos más frecuentemente, que ayuden a solidificar mejor los contenidos que acaban de recibir. De esta manera se evitaría sobrecargar a los alumnos

y ayudaría asimilar y aprender mejor y más rápido, los contenidos de estos bloques teóricos.

8. Se recomienda implementar un segundo tipo de acceso a la teoría, que sería complementario al ya existente. Después de cada partida se generaría un *feedback* instantáneo que identificaría cada error. De manera automática, el LDG reconduciría al jugador a un repaso del contenido teórico relacionado con el error, acompañado de la resolución de un ejemplo, para después de ello reenviarlo a otra nueva partida, en la que únicamente aparecerían preguntas relacionadas con los errores cometidos.
9. Se recomienda implementar nuevas características al panel del profesor en el LDG, con la finalidad de facilitarle el seguimiento del alumno a través de estadísticas individualizadas de cada alumno que indiquen detalladamente qué conceptos necesita reforzar cada estudiante. Esto facilitaría la tarea de detección de las dificultades de aprendizaje que presenta cada alumno, ahorrándole un tiempo precioso que lo podría dedicar a resolver de forma más inmediata las dudas de cada alumno.
10. Sería aconsejable generalizar la organización de ligas, y que su participación sea voluntaria, ya que con ello se consigue que alumnos con un rendimiento académico global bajo utilicen el LDG con la misma frecuencia que los de rendimiento global alto, cosa que no ocurre con los otros dos tipos de uso del LDG.

7. Conclusiones

7.1 Conclusiones relativas al objetivo 1

Conocer la opinión de los estudiantes respecto al proceso de enseñanza aprendizaje de la asignatura de Física y Química en la ESO y su disposición a usar nuevas herramientas TIC y TAC.

1. El alumnado muestra un claro desinterés por el aprendizaje de las ciencias, concretamente de la asignatura de Física y Química, que se refleja en una predisposición negativa en clase y de manera especial a la hora de realizar las tareas en casa.
2. Esta mala predisposición se debe en gran medida a que los estudiantes no alcanzan un grado de comprensión satisfactorio de la asignatura de Física y Química, teniendo que memorizar los conceptos.
3. La asignatura de Física y Química les resulta una materia difícil, que requiere dedicación y disciplina, y les infunde inseguridad. En la manera tradicional de enseñanza, la mayoría de los alumnos no está dispuesto a realizar dicho esfuerzo.
4. Los temas que presentan más dificultades para el alumnado (la Tabla periódica, el concepto de Mol y Masa molar, y la Estequiometría) son aquellos que se caracterizan por su densidad en terminología y códigos de representación simbólicos, así como por requerir un grado de abstracción y competencia matemática notables.
5. La mayoría de alumnos se manifiestan descontentos con la manera tradicional en que se imparten las clases y demandan nuevas herramientas TIC-TAC en el aula para aprender los contenidos de Física y Química. De ello se puede concluir que existe un vínculo entre la forma de enseñar las ciencias y la actitud desarrollada hacia ellas, por lo que es necesario que los docentes introduzcamos distintos recursos capaces de acercar la ciencia a nuestros adolescentes.

6. Los alumnos demandan herramientas TIC-TAC que proporcionen contenidos más visuales y animados, que utilicen juegos entretenidos y motivadores siempre que sea posible, que les ayuden a monitorear su propio progreso y que puedan ser utilizada como herramienta de evaluación.

7.2 Conclusiones relativas al objetivo 2

Conocer el grado de dificultad que tienen los distintos bloques teóricos del LDG para los alumnos.

1. Al aumentar la cantidad de terminología y códigos de representación simbólica que los alumnos deben asimilar cuanto más se avanza en los bloques teóricos, más densos y difíciles les resultan a éstos.
2. El LDG resulta ser una herramienta útil para hacer más comprensibles ciertos temas inicialmente etiquetados de muy complejos, siendo capaz de facilitar la comprensión y el aprendizaje de temáticas tradicionalmente difíciles, con la excepción del bloque de Estequiometría y su secuela, Ajuste de reacciones (los últimos apartados ofrecidos por el LDG y sin duda los más densos). Pese a ello, obtienen calificaciones medianas más que satisfactorias.
3. El LDG ha sido capaz de integrar jerárquicamente los contenidos, ofreciendo, únicamente, los necesarios para seguir avanzando en la materia, y de la manera más sencilla y visual posible. Esta instrucción más guiada ha ayudado al alumno a focalizar su atención en la temática, y le ha permitido ir construyendo con éxito sus conocimientos, desde abajo, capa a capa.
4. Los bloques teóricos de química más extensos les resultan de mayor dificultad al alumnado, puesto que requieren de mayor tiempo de concentración y constancia. Este aspecto deberá tenerse presente en una nueva versión de *Top Chemist*

5. Los alumnos de 4º de ESO se muestran más maduros y desarrollados psicocognitivamente a la hora de aprender contenidos más abstractos que los de 3º de ESO, quienes se muestran más proclives al juego que los de 4º curso, debido a su menor madurez psicológica.

7.3 Conclusiones relativas al objetivo 3

Conocer el nivel de mejora que los alumnos han experimentado en cada bloque teórico del LDG.

1. El LDG se muestra una herramienta eficaz en la mejora del nivel de conocimientos del alumnado, registrando en prácticamente la totalidad de los bloques teóricos un incremento significativo en su aprendizaje.
2. El bloque de Estequiometría es el único cuyo incremento de aprendizaje es mejorable, lo que nos lleva a concluir que, de manera especial, este apartado necesita de una reestructuración y mejora.
3. El LDG ha logrado sacar al alumno de su rol de mero receptor pasivo de información y ha sido capaz de incentivar su participación activa, haciéndolo más comprometido con el aprendizaje, motivándolo y promoviendo una actitud positiva. El LDG ha provocado el mismo efecto de inmersión de éxito que producen los videojuegos, que se ha traducido en un claro incremento en el nivel de conocimientos de los alumnos.

7.4 Conclusiones relativas al objetivo 4

Conocer si existen diferencias en el Rendimiento académico de química por escuelas.

1. Las calificaciones en la materia de química del centro estadounidense son muy superiores a las de los centros españoles debido a la presión a la que el profesorado está sometido, generalmente por parte de los padres (y en connivencia con las direcciones de los centros), hecho que resulta en una disminución de la exigencia por parte de los docentes, que terminan por inflar las calificaciones de las materias.

7.5 Conclusiones relativas al objetivo 5

Conocer cómo influye la competitividad en el aprendizaje.

1. La competitividad declarada de los alumnos o la opinión que ellos tienen sobre la influencia que ésta tiene en el aprendizaje, no influyen en el rendimiento académico de la asignatura de química. En su conjunto, la competitividad, como parte de la motivación intrínseca, no juega un papel determinante en el uso que se ha hecho del LDG ni en el rendimiento académico de la asignatura de química.

7.6 Conclusiones relativas al objetivo 6

Conocer de qué manera aprovecha el alumnado de distinto rendimiento académico global los contenidos que ofrece el LDG.

1. El LDG ha sido capaz de motivar a alumnos de rendimientos globales muy diversos, ejerciendo un impacto significativo tanto en los alumnos con mayores rendimientos como, lo que consideramos más importante, en los alumnos que estarían en el cuartil de rendimiento global medio-bajo. Es pues mérito del LDG haber conseguido equiparar el

aprovechamiento y uso del LDG de alumnos con semejantes diferencias académicas globales. No obstante, de forma general, el LDG no ha logrado motivar a los alumnos de rendimiento global más bajo, que son los que menos lo han aprovechado y usado, con diferencia.

2. El LDG ha sido capaz de captar la atención de todo tipo de alumnado, sin importar su pasado académico, ya que todos ellos han invertido un tiempo de una calidad similar en el LDG.

7.7 Conclusiones relativas al objetivo 7

Conocer cómo influye el Género en el Rendimiento académico global y en la utilización del LDG.

1. Las mujeres son mejores estudiantes, al obtener mayores rendimientos académicos globales que los hombres.
2. Las chicas invierten más tiempo en el LDG que los chicos; ello se debe a que las chicas invierten casi un 50% más de tiempo en los contenidos teóricos que los chicos.
3. La manera en que se administra la teoría del LDG se ha adaptado mejor al género femenino que al masculino.

7.8 Conclusiones relativas al objetivo 8

Conocer si existe alguna asociación entre el tipo de escuela (pública, concertada o privada) y el tipo de uso que se ha hecho del LDG.

1. La precaria disponibilidad de recursos tecnológicos en el aula en los centros públicos provocó que la gran mayoría de centros públicos hiciera un uso extraescolar del LDG,

ofreciéndolo a sus alumnos como un recurso más para trabajar en casa, pero sin implementarlo en el aula para enriquecer sus clases tradicionales.

2. Todos los centros concertados y privados realizaron un uso del LDG dentro del aula, dedicando más tiempo a implementar este nuevo recurso en sus clases tradicionales que el que dedicaron sus compañeros de la escuela pública.

7.9 Conclusiones relativas al objetivo 9

Conocer cómo ha influido el tipo de uso del LDG en la utilización global que se ha hecho del mismo.

1. El tipo de uso que se ha realizado del LDG ha influido significativamente en la utilización que se ha hecho del mismo, ya que la creación de un ambiente de competición entre compañeros de clase incentivó su uso. Ello generó que los alumnos que participaron en ligas obtuvieron mayores puntuaciones la primera vez que jugaron, pero también obtuvieron mejores calificaciones en los *tests* finales. En otras palabras, la creación de la competición creó un ambiente en el aula que ayudó al aprendizaje, aunque el alumno no sea plenamente consciente de ello.
2. Cuando se utiliza el LDG como soporte en el aula, se obtienen mejores rendimientos en los *tests* de cada bloque teórico que cuando se le hace un uso fuera del aula.
3. El LDG por sí solo no es una herramienta didáctica mágica que mejora el rendimiento del alumnado; por el contrario, la complicitad y voluntad del profesorado a la hora de incluirlo en programación de aula resultan fundamentales para motivar al alumnado e incrementar su uso.

7.10 Conclusiones relativas al objetivo 10

Conocer cómo ha influido el factor Curso en la utilización global que se ha hecho del LDG.

1. Los alumnos de 3° de ESO dedicaron más tiempo al LDG que los de 4° de ESO por distintas razones. La primera y fundamental, porque el LDG ofrece la totalidad del currículum de la materia de química de 3° de ESO y sólo ofrece una parte del currículum de 4° de ESO. La segunda razón es que los centros que usaron el LDG organizando ligas correspondían a 31 de ESO.
2. El factor curso no tuvo influencia alguna sobre el rendimiento académico en química que acabó obteniendo el alumno.

7.11 Conclusiones relativas al objetivo 11

Conocer la relación entre Tiempo efectivo dedicado al LDG y otras variables de utilización del LDG, así como su influencia en el Rendimiento académico de química.

1. El LDG ha conseguido que tanto los alumnos con mayores rendimientos académicos globales como los que los presentan menores, aprovechen de forma efectiva el tiempo dedicado al LDG, y de manera similar. Ha sido capaz de limar diferencias, consiguiendo involucrar y motivar en el mismo grado a todos los que la han usado.
2. Los alumnos que más tiempo han dedicado al LDG y más uso han hecho, son los que más tiempo han invertido en acciones de aprendizaje, obteniendo mayores rendimientos académicos en química. Contrariamente, los alumnos que menos tiempo han invertido y menor uso hicieron del LDG, son los que invierten más tiempo en apartados académicamente improductivos.
3. Teniendo en cuenta que el alumnado adolescente es el más proclive a procrastinar y evitar las responsabilidades académicas, se puede concluir que el LDG logró hacer más

atractiva la materia de química, consiguiendo captar la atención del alumno en las tareas de aprendizaje, logrando así su propósito.

7.12 Conclusiones relativas al objetivo 12

Conocer cómo influye el Aprovechamiento del LDG en el Rendimiento académico de química.

1. El LDG demuestra ser una herramienta eficaz para aumentar el rendimiento de química, puesto que cuanto más se ha avanzado en el LDG, mayor ha sido el rendimiento académico obtenido.

7.13 Conclusiones relativas al objetivo 13

Conocer qué influencia ha tenido el tiempo en general dedicado al LDG sobre el Rendimiento académico de Química.

1. Una mayor inversión de tiempo en el LDG se traduce en un aumento del rendimiento académico de química, tanto si se invierte en la teoría como en los juegos.

7.14 Conclusiones relativas al objetivo 14

Conocer los factores que han influido en el Uso del LDG, así como el impacto que esta variable ha tenido en el Rendimiento académico de Química.

1. El efecto liga ha logrado borrar las diferencias de uso del LDG existentes entre los alumnos con mayores y menores rendimientos académicos. La competición favoreció la implicación de todo tipo de alumnado y los motivó a usar el LDG.

2. El rendimiento académico global del alumno ha demostrado ser un factor determinante para el rendimiento académico de química. Los estudiantes con mayores rendimientos académicos obtienen mayores rendimientos en química. Por esta razón son las mujeres las que consiguen mayores rendimientos en química, puesto que, de forma general, son mejores estudiantes que los chicos.
3. Un mayor uso del LDG se traduce en un mayor rendimiento de química.
4. Lo que más ha incentivado el uso del LDG ha sido el tipo de uso elegido por el profesor, y en última instancia, el tipo de centro. La introducción extra de mecánicas de juego a través de la creación de una liga, ha aumentado la predisposición de los alumnos por la materia, favorecido el uso masivo del LDG por parte del alumnado, independientemente de su pasado académico. Esto ha traducido en un aumento del rendimiento académico de química.
5. el LDG demuestra ser especialmente útil entre el alumnado con mayores problemas académicos. El impacto positivo que el LDG ha tenido sobre el rendimiento académico de química ha sido más acentuado en los alumnos que se acumulan en los cuartiles más bajos de rendimiento académico global. Por tanto, el LDG ha logrado revertir la desmotivación que caracteriza a este segmento de alumnado y ha conseguido involucrarlos en el aprendizaje, animándolos a ejercer un uso intensivo del mismo.

7.15 Conclusiones relativas al objetivo 15

Conocer la opinión que los alumnos tienen del LDG después de haberlo utilizado esta herramienta educativa y de qué modo lo han utilizado.

1. El alumnado se siente más seguro y satisfecho cuando se explica la teoría de forma progresiva e integrando jerárquicamente los conceptos. Agradecen que los contenidos se presenten de forma visual, con animaciones, simulaciones, explicaciones claras y concisas, así como que se les dé la oportunidad de acceder a los contenidos con total libertad y a su ritmo.

2. El LDG se adapta a las necesidades de cada alumno de manera gradual y pautada, ya que éste puede aprender a su propio ritmo, para garantizar un aprendizaje significativo, permitiéndole controlar su propio aprendizaje.
3. Los juegos ofrecidos por el LDG han tenido una acogida extremadamente positiva entre los alumnos, puesto que una abrumadora mayoría mantiene que les ayudaron mucho a aprender.
4. Los alumnos que reconocieron sentirse motivados gracias al LDG obtuvieron mayores rendimientos académicos en química.
5. La acogida del LDG fue excelente entre el alumnado, ya que una mayoría afirmó haber aprendido más con él que con las clases tradicionales.
6. La introducción del LDG en el aula liberó al profesor de la tarea de instructor y único transmisor de contenidos, y le ofreció mayor libertad para atender de manera individualizada a sus alumnos, mejorando la calidad del tiempo invertido por el docente en el aula.
7. Una de las características especialmente exitosa del diseño fue la incorporación de una meta alcanzable de una manera progresiva. Esto proporcionó a cada alumno la posibilidad de seguir su propio progreso, responsabilizándolo de su propio aprendizaje.
8. La mayoría de alumnos manifiesta una desafección generalizada respecto a la manera tradicional de enseñanza, afirmando que les gustaría que los LDG's sustituyesen a los libros de texto.
9. El LDG ha logrado generar la confianza suficiente entre el alumnado como para que la mayoría se arriesgue a afirmar que serían capaces de aprender por si solos con el LDG y sin la ayuda del profesor.
10. La figura del profesor en estas etapas de aprendizaje se revela fundamental, no únicamente como figura motivadora, sino como guía, organizador y creador de ambientes que fomenten el aprendizaje.

7.16 Conclusión final

Esta investigación ha confirmado que el LDG demuestra ser una alternativa real a la manera tradicional de enseñanza de las ciencias, pero también que la figura del profesor sigue siendo fundamental en cualquier proceso de aprendizaje. Top Chemist nos abre pues, el camino a una nueva forma de enseñar y aprender con éxito, donde la figura tradicional del docente pasa de ser el poseedor y transmisor de conocimiento a convertirse en un facilitador, un guía, un creador de ambientes de aprendizaje.

En definitiva, se puede concluir que el LDG demuestra ser una herramienta que permite al estudiante superar con éxito las barreras del aprendizaje tradicional, y cuyo potencial educativo es inmenso. Una tecnología que, bien utilizada, no solo es capaz de motivar a nuestros alumnos, sino que consigue hacer más comprensibles contenidos históricamente complejos de asimilar. Y lo que es más importante, se ha mostrado capaz de recuperar el entusiasmo por el aprendizaje de una materia tan importante y necesaria, como lo es la Química en la educación secundaria.

8. Bibliografía

- Acevedo, J. A., (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 1, N°1, págs. 3-166. ISSN 1697-011X
- Acevedo, J.A, Vázquez, A y Manassero, M.A (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2). Recuperado de <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Acevedo, J.A. (1996). Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. *Borrador*, 13, 26-30. En línea en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo2.htm>.
- Agència de Polítiques i de Qualitat. (2010). *Código de buenas prácticas en investigación*. Barcelona: Universitat de Barcelona. Recuperado de <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/28543>
- Aguilar, J. (2011). *Estrategias de aprendizaje activo*. Centro de investigaciones educativas.
- Aikenhead, G.S. (2003). Chemistry and Physics Instruction: Integration, Ideologies, and Choices. *Chemical Education: Research and Practice*, 4(2), 115-130. Recuperado de <http://www.uoi.gr/cerp>.
- Aikenhead, G.S. (2003). Review of Research on Humanistic Perspectives in Science Curricula. Paper presented at the 4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA): *Research and the Quality of Science Education*. Noordwijkerhout, The Netherlands. Recuperado de <http://www1.phys.uu.nl/esera2003/program.shtml>.
Texto completo en http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/ESERA_2.pdf.
- Aikenhead, G.S. (2003). STS Education: A Rose by Any Other Name. En R. Cross (Ed.): *A Vision for Science Education: Responding to the work of Peter J. Fensham*, pp. 59-75. New York: Routledge Falmer. Recuperado de <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/stsed.htm>.
- Alsawaier, R. (2018). The effect of Gamification on Motivation and Engagement. *International*

-
- Journal of Information and Learning Technology*. doi: 10.1108/IJILT-02-2017-009
- Álvarez Sánchez, Diego y Edwards, Mónica (2006). *El teléfono móvil: una herramienta eficaz para el aprendizaje activo*. *Current Developments in Technology-Assisted Education*. Badajoz: FORMATEX.
- Amrai, K., Motlagh, S.E., Zalani, HA, y Parhon, H. (2011). The relationship between academic motivation and academic achievement students. [doi: 10.1016/j.sbs-pro.2011.03.111]. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 15(0), 399-402.
- Annagar, A. y Tiemann, R. (2019): Design and Development of a Video Game to Assess Problem-Solving Competence in Chemistry Education. *ChemRxiv. Preprint*. Recuperado de <https://doi.org/10.26434/chemrxiv.9725450.v1>
- Ardito, Carmelo y Lanzilotti, Rosa (2008). *Isn't this archaeological site exciting! a mobile system enhancing school trips*. En LEVIALDI Stefano (ed.), *Proceedings of the working conference on Advanced Visual Interfaces*. Nueva York: ACM.
- Ariely, D., Wertenbroch, K. (2002). Procrastination, deadlines, and performance: self-control by precommitment. *Psychological Science*, 13(3), 219-224. doi: 10.1111/1467-9280.00441.
- Arnal, J., Rincón, D. del., y Latorre, A. A. (1992). *Investigación educativa fundamentos y metodologías*. Labor.
- Arnau, J. (1978). *Psicología experimental. Un enfoque metodológico*. México: Trillas.
- Arnau, J. (1981). *Diseños experimentales en psicología y educación*. México: Trillas.
- Attali y Arieli. (2015). Gamification in assessment: Do points affect test performance? *Computers and Education*, 83, 57-63. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.12.012>
- ATTES (2003). Programa de actualización en tecnología y educación para escuelas secundarias en Latinoamérica. Recuperado de <http://www.ruv.itesm.mx./especiales/citela/documentos/index.html>
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart y Winston.

- Avilés, José María. (2009). *Cyberbullying: diferencias entre el alumnado de secundaria*. Boletín de Psicología, 96, pp. 79-96. Recuperado de <http://www.uv.es/seoane/boletin/previos/N96-6.pdf>
- Azcona, R. Furió, C., Socorro, I., Álvarez, AL. (2004). ¿Es posible aprender los cambios químicos sin comprender qué es una sustancia? Importancia de los prerrequisitos. *Alambique*, 40, pp.7-17.
- Baker, R. S. e Inventado, P. S. (2014). Educational Data Mining and Learning Analytics. *Learning Analytics* (pp. 61–75). New York, NY: Springer New York. Recuperado de http://doi.org/10.1007/978-1-4614-3305-7_4
- Baker, R. S. J. d., y Yacef, K. (2009). Editorial Welcome. *JEDM - Journal of Educational Data Mining*, 1(1), 1–3.
- Balafoutas, L. y Sutter, M. (2012). Affirmative Action Policies Promote Women and Do Not Harm Efficiency in the Laboratory. *Science*, 335, N° 6068; 579–582.
- Balra, A. (1990). Lenguaje learning through computer adventure games. *Simulation and Gaming*, 21, 445-452.
- Barata, G., Gama, S., Jorge, J. y Goncalves, D. (2013). Engaging engineering students with gamification. *5th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications*. pp. 1-8.
- Bartle, R.A. (2004) *Designing Virtual Worlds*. Indianapolis. Ind: New Riders Pub.
- Bartolomé, M. (1984). La pedagogía experimental. Editorial Barcanova(Ed.). *Introducción a la pedagogía* (pp. 381–404). Barcelona.
- Bauman, Z. (2003). *Modernidad líquida*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Bauman, Z. (2008). *L'educació en un món de diàspores*. Debats d'educació 11. Barcelona: Fundació Jaume Bofill.
- Bayes, R. (1974). *Una introducción al método científico en Psicología*. Barcelona: Fontanella.
- Beck, U. (1998). *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Paidós. Barcelona

- Becker, William E. (1997). Teaching economics to undergraduates. *Journal of economic literature*, vol. 35, n° 3. Septiembre, pp. 1347-1373.
- Beltrán, J. (1993). Procesos, estrategias y técnicas de Procesos, estrategias y técnicas de aprendizaje. Síntesis: Madrid.
- Benson, B. (1997). Scaffolding (Coming to Terms). *English Journal*, 86(7), 126-127
- Bergin, S. y Reilly, R. (2005). The influence of motivation and comfort-level on learning to program. In Proceedings of the 17th Workshop on Psychology of Programming – PPIG'05, 293–304.
- Berkling, K. y Thomas, C. (2013). Gamification of a software engineering course. *International Conference on Interactive Collaborative Learning*. pp. 525-530.
- Bernik, A., Radosevic, D. y Bubaš, G. (2019). Achievements and Usage of Learning Materials in Computer Science Hybrid Courses. *Journal of Computer Science*. 15. 489-498. 10.3844/jcssp.2019.489.498.
- Berríos, Llareda y Buxarrais (2005). Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y los adolescentes. Algunos datos. *Ciudadanía, democracia y valores en sociedades plurales*, 5. Recuperado de <http://www.oei.es/valores2/monografias/monografia05/reflexion05.htm>
- Bertrand, M. (2011). “New Perspectives on Gender,” in Handbook of Labor Economics, Orley Ashenfelter, and David Card, eds. vol. 4B (Amsterdam: Elsevier), 1543–1590.
- Best, J.W. (1983). *Cómo investigar en educación*. Madrid: Morata.
- Betts, B.W., Bal, J. y Betts, A.W. (2013). Gamification as a tool for increasing the depth of student understanding using a collaborative e-learning environment. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning*. Vol. 23 N° ¾. pp. 213-228.
- Bienkowski, M., Feng, M., y Means, B. (2012). *Enhancing Teaching and Learning Through Educational Data Mining and Learning Analytics: An Issue Brief*. U.S. Department of Education Office of Educational Technology. Recuperado de <http://www.ed.gov/technology>.

-
- Bisquerra, R. (1989). *Métodos de investigación educativa: guía práctica*. CEAC. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=56200>
- Bonwell, C. Y Eison, J. A. (1991). *Active learning: creating excitement in the classroom*. Ashe-eric higher education report n° 1. George Washington university. School of education and human development, Washington.
- Brewer, R., Anthony, L., Brown, Q., Irwin, G., Nias, J. y Tate, B. (2013). Using Gamification to Motivate Children to Complete Empirical Studies in Lab Environments. Trabajo presentado en *12th International Conference on Interaction Design and Children*, pp. 388–391.
- Brinkman, D. (2011). Microsoft Research. *Just Press Play*. Recuperado de <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/just-press-play/>
- Brown, T.H. (2006). Beyond constructivism: navigationism in the knowledge era. *On the Horizon*, 14, 108-120.
- Bruder, P. (2015). Game on: Gamification in the classroom. *Education Digest*, 80(7), 56.
- Bruner, J. S, Jolly A. y Sylva. K. (1976). *Play: Its role in development and evolution* (pp. 537–554). New York, NY: Basic Books.
- Bybee, R.W. (1993). *Reforming science education: Social perspectives and personal reflections*. New York: Teachers College Press.
- Caamaño, A. (2001). Repensar el currículum de química en los inicios del siglo XXI. *Alambique*, 29, p.43.
- Caamaño, A. y Oñorbe, A. (2004). *La enseñanza de la química : conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares*. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/39210162>
- Caamaño, A., Izquierdo, M. (2003). El currículum de química del bachillerato en Cataluña. *Alambique*, 36, pp.60-67.
- Cabanach, R. G., Pérez, J. C. N., Martínez, S. R., Aguin, I. P. (1999). Un modelo causal sobre los determinantes cognitivo-motivacionales del rendimiento académico. *Revista de psicología general y aplicada: Revista de la Federación Española de Asociaciones de Psicología*,

- 52(4), 499-519. Recuperado de file:///C:/Users/CAROLINA.LATORRE/Downloads/Dialnet-UnModeloCausalSobreLosDeterminantesCognitivomotiva-2498648%20(3).pdf
- Cabanach, R., Valle, A., Núñez, J. C. y González-Pienda, J. A. (1996). Una aproximación teórica al concepto de metas académicas y su relación con la motivación escolar. *Psicothema* 8 (1), pp. 45-61. Recuperado de <http://www.psicothema.com/pdf/4.pdf>
- Cabero, J. (2006). Bases Psicopedagógicas del e - learning. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 3 (1). Recuperado de <http://www.uoc.edu/rusc/3/1/dt/esp/cabero.pdf>
- Cabero, J. (2007). *Las Nuevas Tecnologías en la sociedad de la información*. En Cabero Julio (coord.). *Nuevas Tecnologías aplicadas a la Educación* (pp. 1- 19). Madrid: McGraw - Hill.
- Caillois, R. (2001). *Man, Play and Games*. University of Illinois Press, pp. 224.
- Calero, J. y Escardíbul, J. O. (2007). Evaluación de servicios educativos: el rendimiento en los centros públicos y privados medido en PISA-2003. *Hacienda Pública Española/Revista de Economía Pública*, 183 (4), 33-66.
- Cambón, C., Martín, M., Rodríguez, E. (2005). La enseñanza de las ciencias experimentales en educación secundaria. *Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid*. Madrid, 2005. I.S.B.N.:84-7484-172-0. Depósito Legal: M-27228-2005. Recuperado de https://www.quimicaysociedad.org/wp-content/uploads/2018/04/didactica_de_la_fisica_y_la_quimica_en_los_distintos_niveles_educativos_2.pdf
- Campbell, D.T. y Stanley, J. (1973). *Diseños experimentales y cuasi-experimentales en la investigación social*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Carbonell, J. (2002). *El profesorado y la innovación educativa*. En Cañal Pedro (coord.), *La innovación educativa* (pp.11-27). Madrid: Universidad Internacional de Andalucía-Ediciones Akal.
- Carey, S. y Spelke, E. (1994). *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*. Cambridge University Press. Vol. 169, pp. 200.

- Carneiro, R. (2000). *Educação 2020, 20 anos para vencer 20 décadas de atraso educativo*. Lisboa, ME/DAPP.
- Carneiro, R. et al. (2002). *A evolução del e-learning em Portugal: contexto e perspectivas*. Lisboa, MSST/INOFOR y UCP/CEPCEP
- Carneiro, R., Toscano, J. C. y Díaz-Fouz, T. (2009). *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo*. Ed. Fundación Santillana. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). Recuperado de <https://www.oei.es/uploads/files/microsites/28/140/lastic2.pdf>
- Cashdan, E. (1998). Are men more competitive than women? *British Journal of Social Psychology*, 37 (2), 213-229.
- Castells, M. (2010). *The rise of the network society*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Castillo, A., Ramírez, M. González, M. (2013). El aprendizaje significativo de la química: condiciones para lograrlo. *Omnia*, vol. 19, núm. 2, mayo-agosto, 2013, pp. 11-24. Universidad del Zulia Maracaibo, Venezuela. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73728678002>
- [CCE] Comisión de las Comunidades Europeas (1995). *Libro Blanco sobre la educación y la formación. Enseñar y aprender. Hacia la Sociedad del conocimiento*. Luxemburgo.
- Chaminade, C. (2001): “La sociedad del conocimiento y su impacto en la empresa: medición y gestión de intangibles”. *Revista tribuna de debate*. Recuperado de <http://www.madrimasd.org/revista/revista3/tribuna/tribunas3.asp>
- Chan, L. (2011). Procrastinación académica como predictor en el rendimiento académico en jóvenes de educación superior. *Temática Psicológica*, 7(1), 53-62. Disponible en http://www.unife.edu.pe/publicaciones/revistas/revista_tematica_psicologia_2011/chan_bazalar.pdf
- Chao, P.Y., y Chen, G.D. (2009). Augmenting paper based learning with mobile phones. *Interacting with Computers*, 21, 173185. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.intcom.2009.01.001>

-
- Chatti, M. A., Dyckhoff, A. L., Schroeder, U., y Thüs, H. (2012). A reference model for learning analytics. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5/6), 318. Recuperado de <http://doi.org/10.1504/IJTEL.2012.051815>
- Chetwynd, A. G. (2006). A degree of concern? UK first degrees in science, technology and mathematics. *The Royal Society*. London. Recuperado de https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/2006/8240.pdf
- Clark, M. C. y Rossiter, M. (2008). Narrative Learning in Adulthood. *New Directions for Adult and Continuing Education*, 2008: 61–70. doi: 10.1002/ace.306
- Clow, D. (2012). The learning analytics cycle. Trabajo presentado en *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge - LAK '12* (p. 134). New York, New York, USA: ACM Press. Recuperado de <http://doi.org/10.1145/2330601.2330636>
- Cohen, L., Manion, L., y Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education* (Sixth). New York: Taylor y Francis.
- Cohen, L., y Manion, L. (1985). *Research Methods in Education*. Beckenham, Kent, Gran Bretaña: Croom Helm.
- Cohen, L., y Manion, L. (1990). *Métodos de investigación educativa*. Madrid: La Muralla. Recuperado de http://cataleg.ub.edu/record=b1056481~S1*cat
- Coll, C. (2004). Psicología de la educación y prácticas educativas mediadas por las tecnologías de la información y la comunicación. Una mirada constructivista. *Revista Electrónica Sinéctica*, 25. Recuperado de <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=99815899016>
- Collins, K. A. (1989). *Teaching and Teacher Education*. Vol. 5. Págs. 217-228. Recuperado de: [https://doi.org/10.1016/0742-051X\(89\)90005-X](https://doi.org/10.1016/0742-051X(89)90005-X)
- Comisión Europea. (2005a). Europeans, Science and Technology. Special Eurobarometer 224. Bruselas: *Directorate General Press and Communication*. European Commission.

- Comisión Europea. (2007). *Science Education NOW: A renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Connolly, T. M., Boyle, E.A., MacArthur, E., Hainey, T. y Boyle, J. M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers and education*. 59 (2012) 661-686. Recuperado de https://tecfa.unige.ch/tecfa/maltp/VIP/Ressources/Articles/Connolly_LitReview.pdf
- Consejo de Europa (2003). Conclusiones del Consejo de 5 de mayo de 2003 sobre los niveles de referencia del rendimiento medio europeo en educación y formación. *Diario Oficial C 134* de 7.6.2003. Recuperado de <http://europa.eu.int/scadplus/leg/es/cha/c11064.htm>
- Cook, T. D., y Campbell, D. T. (1979). *Quasi-experimentation: Design and Analysis Issues for Field*. Houghton Mifflin
- Corbetta, P. (2003). *Metodología y técnicas de investigación social*. McGraw-Hill Interamericana de España.
- Córdoba, L.G. (2010). Hábitos de estilo de vida en relación con el rendimiento académico en alumnos de la ESO de Extremadura-Badajoz. Universidad de Extremadura, Badajoz.
- Corea, N.C. (2001). Régimen de vida de los escolares y rendimiento académico. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona. Recuperado de <http://www.tdx.cat/handle/10803/5002>
- Cortizo, J., Carrero F, Pérez J. (2011). Gamificación y Docencia: Lo que la Universidad tiene que aprender de los Videojuegos. Trabajo presentado en *VIII Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria 2011*, Universidad Europea de Madrid.
- COSCE (Confederación de Sociedades Científicas de España). (2011). Informe ENCIENDE. Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España. Recuperado de https://www.cosce.org/pdf/Informe_ENCIENDE.pdf
- Costa, J. A., Martins, I. P., Magalhaes, M. C, y Lopes, J. M. (2003). La química en la educación secundaria en Portugal: una perspectiva de cultura científica. *Alambique*, 36, pp.68-75.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*.

- Crosnoe, R. (2002). Academic and health-related trajectories in adolescence: The intersection of gender and athletics. *Journal of Health and Social Behaviour*, 43(3), 317- 335. Tomado el 22/04/2012: <http://www.jstor.org/stable/3090207>
- Cruz-Lara, L., Fernández-Manjón, B. y Vaz de Carvalho, C. (2013). Enfoques Innovadores en Juegos Serios. *IEEE V AEP RITA* 1, 19-21.
- Dale, S. (2014). Gamification: Making work fun, or making fun of work? *Business Information Review*, 31(2), 82–90. Recuperado de <http://doi.org/10.1177/0266382114538350>
- Davis, V. (2014). Gamification in education. *Edutopia*, 1-4. Recuperado de <http://www.edutopia.org/blog/gamification-in-education-vicki-davis>
- de Byl, P. (2012). Can Digital Natives Level-Up in a Gamified Curriculum? Trabajo presentado en *Ascilite* 2012. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/c9a4/ace0c71cf881c7214ee3d13fd6b0d332a166.pdf>
- de Freitas, A.A. y de Freitas, M.M. (2013). Classroom live: a software-assisted gamification tool. *Computer Science Education*. Vol. 23. N°. 2. pp. 186-206.
- De la Torre, S. (2001). *Cómo aprender de los errores en la enseñanza de la lengua*. Madrid: Paidós.
- de Waard, I. (2011). @Ignatia Webs: #LAK11 the #semantic web and how the intelligent curriculum will enhance our learning. Recuperado de <http://ignatiawebs.blogspot.com.es/2011/01/lak11-semantic-web-and-how-intelligent.html>
- DeLong, J., Goldin, C. y Katz, L. en Aaron, H., Lindsay, J. y Nivola, P. (eds.) (2003), Sustaining U.S. Economic Growth. Agenda for the Nation. *Brookings Institution*, pp. 17-60.
- Departament d'Educació. Generalitat de Catalunya. (2009a). *Currículum Educació Primària*. Recuperado de http://www.xtec.cat/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/034fc257-4463-41ab-b7f5-dd33c9982b4f/curriculum_ep.pdf
- Departament d'Educació. Generalitat de Catalunya. (2009b). *Currículum Educació Secundària Obligatoria*. http://www.xtec.cat/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/fe124c3b-2632-44ff-ac26-dfe3f8c14b45/curriculum_eso.pdf

-
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. y Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining gamification. Trabajo presentado en *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments* (pp. 9-15). ACM.
- DeWitt, J., Archer, L., y Osborn, J. (2014). Science-related Aspirations Across the Primary-Secondary Divide: Evidence from two surveys in England. *International Journal of Science Education*, 36 (10) 1609-1629.
- Díaz, F. (1995). La predicción del rendimiento académico en la Universidad: un ejemplo de aplicación de la regresión múltiple. *Enseñanza. Anuario Interuniversitario de Didáctica*, 13, 43-61.
- Dietz, F., Hofer, M., y Fries, S. (2007). Individual values, learning routines and academic procrastination. *The British journal of educational psychology*, 77(4), 893-906. doi: 10.1348/000709906X169076.
- Dietz-Uhler, B., Hurn, J. E. (2013). Using Learning Analytics to Predict (and Improve) Student Success: A Faculty Perspective. *Journal of Interactive Online Learning*, Volume 12, Number 1. USA.
- Digdon, N.L., Howell, A.J. (2008). College students who have an eveningness preference report lower selfcontrol and greater procrastination. *Chronobiology international*, 25(6), 1029-1046. doi: 10.1080/07420520802553671.
- Drachsler, H., y Greller, W. (2012). The pulse of learning analytics understandings and expectations from the stakeholders. Trabajo presentado en *2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge - LAK '12* (p. 120). New York, New York, USA: ACM Press.
- Driver, R. y Oldham, V., (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122
- Druin, A., Strommen, E., Barranca, M., Sacher, H., Tatar, D.G. y Solloway, E. (2002). *The word of wireless and kids*. En TERVEEN Loren y WIXON Dennis (eds.). Didáctica,

- Innovación y Multimedia (DIM). Recuperado de <http://www.pangea.org/dim/revista.htm>
- Ebner, M. y Holzinger, A. (2007). Successful Implementation of User-Centered Game Based Learning in Higher Education: An Example from Civil Engineering. *Computers & Education* 49, 873-890.
- Eleftheria, C.A., Charikleia, P., Iason, C.G., Athanasios, T., Dimitrios, T. (2013). An Innovative Augmented Reality Educational Platform using Gamification to Enhance Lifelong Learning and Cultural Education. Trabajo presentado en *4th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications*, pp. 1-5.
- Escalera, D. (2010). Recurso tecnológico para el aprendizaje móvil (m-learning). *Journal Boliviano de Ciencias*, 7 (21). Recuperado de http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/jbc/v7n21/a02_v7n21.pdf
- Escudero, J.M. (1988). *La innovación y la organización escolar*. En Pascual Roberto (coord.). *La gestión educativa ante la innovación y el cambio* (pp. 84-99). Madrid: Narcea Ediciones.
- Eynon, R. (2013). The rise of Big Data: What does it mean for education, technology, and media research? *Learning, Media and Technology*, 38(3), 237-240. Recuperado de <http://doi.org/10.1080/17439884.2013.771783>
- Farber, M. (2013). Beyond badges: Why gamify? *Edutopia*, 1-4. Recuperado de <http://www.edutopia.org/blog/beyond-badges-why-gamify-matthew-farber>
- FECYT (2009). *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2008*. Madrid: FECYT
- FECYT (2010). *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2010*. Madrid: FECYT
- Felder, R., Felder, G., Mauney, M., Hamrin, C. y Dietz, J. (1995). A Longitudinal Study of Engineering Student Performance and Retention. III. Gender Differences in Student Performance and Attitudes. *Journal of Engineering Education*, 84, N° 2 (1995), 151-163.
- Fensham, P.J. (2004). Beyond Knowledge: Other Scientific Qualities as Outcomes for School Science Education. En R.M. Janiuk y E. Samonek-Miciuk (Ed.), *Science and Technology Education for a Diverse World – dilemmas, needs and partnerships*. *International Organization for*

- Science and Technology Education (IOSTE) XIth Symposium Proceedings* (pp. 23-25). Lublin, Poland: Maria Curie- Sklodowska University Press.
- Ferrari, J. R. (2001). Procrastination as self-regulation failure of performance: Effects of cognitive load, self-awareness, and time limits on 'working best under pressure'. *European Journal of Personality*, 15(5), 391-406.
- Folmar, D. (2015). *Game it up: Using gamification to incentivize your library*. Maryland: Rowman y Littlefield.
- Fox, B. (1991). *Cognitive and interactional aspects of correction in tutoring*. En P. Goodyear (Ed.) *Teaching knowledge and intelligent tutoring* (págs. 149-172). Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Frasca, G. (2007). *Play, game and videogame rhetoric* (Tesis doctoral). IT University of Copenhagen. Dinamarca.
- Frey K. B. y Osborne M. A. (2013). The future of employment: How susceptible are Jobs to computerisation? Recuperado de: https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf
- Fullana, J. (2008). *La investigació sobre l'èxit i el fracàs escolar des de la perspectiva dels factors de risc. Implicacions per a la recerca i la pràctica*, tesis doctoral, Departament de Pedagogia. Universitat de Girona.
- Fundación BBVA (2012b). *Estudio internacional de "cultura científica de la fundación BBVA"*. Departamento de Estudios Sociales y Opinión Pública. Recuperado de <https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/comprehension.pdf>
- Fundación BBVA (2012a). *Values and worldviews: Valores políticos-económicos y la crisis económica*. Recuperado de <https://www.fbbva.es/equipo/values-and-worldviews-valores-politicos-economicos-y-la-crisis-economica/>
- Furió Más, C. (2006). La motivación de los estudiantes y la enseñanza de la Química. Una cuestión controvertida. *Revistas UNAM*. Recuperado de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/66011>

- Gaete, V. (2015). Desarrollo psicosocial del adolescente. *Revista chilena de pediatría*, 86(6), 436-443. <https://dx.doi.org/10.1016/j.rchipe.2015.07.005>
- Gago, J. M. (Coord.) (2004). *Increasing human resources for science and technology in Europe. European Community conference Europe Needs More Scientists*, Bruselas, 2 Abril. Recuperado de http://europa.eu.int/comm/research/conferences/2004/sciprof/publications_en.html
- Gaitán, V. (2013). Gamificación: el aprendizaje divertido. *Educativa*, 2013.
- Gallardo, S., Barrero, F. J., Toral, S.L. y Martínez-Torres, R. (2006). Empleo de las tecnologías móviles en la enseñanza práctica de asignaturas técnicas. Un caso real: el laboratorio de instrumentación electrónica. *Pixel- Bit. Revista de Medios y Educación*. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36802802>
- Connected Learning Alliance (2007). *Institute of play*. Recuperado de <https://clalliance.org/institute-of-play/>
- García-Peñalvo, F. J. (2014). Formación en la sociedad del conocimiento, un programa de doctorado con una perspectiva interdisciplinar. *Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. 15(1), 4-9. Recuperado de http://campus.usal.es/~revistas_trabajo/index.php/revistatesi/article/view/11561/11981
- García-Ruiz, M. y Orozco, L. (2008). Orientando un cambio de actitud hacia las ciencias naturales y su enseñanza en profesores de educación primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), 539-568.
- Gavidia, V. (2008). Las actitudes en la educación científica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (22), 53-66.
- Gee, J. P. (2008). *Learning and Games in The Ecology of Games: Connecting Youth, Games, and Learning*. Edited by Katie Salen. Cambridge, MA: Te MIT Press, 2008. 21-40.
- Gerónimo, G. y Rocha, E. (2007). Edumóvil: incorporando la tecnología móvil en la Educación Primaria. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*. Recuperado de <http://www.biblioteca.org.ar/libros/142097.pdf>

- Gibson, D., Ostaszewski, N., Flintoff, K., Grant, S. y Knight, E. (2013). Digital Badges in Education. *Education and Information Technologies*. Springer, New York
- Gibson, H. L. y Chase C. (2002). Longitudinal Impact of an Inquiry-Based Science Program on Middle School Students' Attitudes Toward Science. *Science Education*, 86, 693-705.
- Gilbert, J.K., De Jongh, O., Justi, R., Treagust, D.F., Van Driel, J.H. (2003). *Chemical Education: Towards Research-based practice*. London: Kluwer Academic Publishers
- Gil-Pérez, D. y Carrascosa-Alis, J. (1994). Bringing pupils' learning closer to a scientific construction of knowledge: A permanent feature in innovations in science teaching. *Science Education*. Recuperado de <https://doi.org/10.1002/sce.3730780310>
- Gneezy, U., Leonard, K. L. y List, J. A. (2009). Gender Differences in Competition: Evidence From a Matrilineal and a Patriarchal Society. *Econometrica*, Econometric Society, vol. 77(5), pp. 1637-1664, 09.
- Gneezy, U., Niederle, M. y Rustichini, A. (2003). Performance In Competitive Environments: Gender Differences. *Quarterly Journal of Economics*, 118 (2003), 1049–1074.
- Goehle, G. (2013). Gamification and Web-based Homework. *Problems, Resources, and Issues in Mathematics Undergraduate Studies* 23(3), 234–246. doi: 10.1080/10511970.2012.736451
- Goldin, C. y Katz, L. (2003). Mass secondary schooling and the state: the role of state compulsion in the high school movement. En *Understanding Long-Run Economic Growth: Geography, Institutions, and the Knowledge Economy*. *University of Chicago Press and NBER*, pp. 275-310 NBER Working Paper n.º 10.075. Recuperado de https://scholar.harvard.edu/files/lkatz/files/gk_mass_secondary.pdf
- Gómez, P. y Monge, C. (2013). Potencialidades del teléfono móvil como recurso innovador en el aula: una revisión teórica. En *Revista Didáctica, Innovación y Multimedia*, núm. 26. Recuperado de <http://www.pangea.org/dim/revista26>
- Gómez-Crespo, A. (2008). Aprendizaje e instrucción en química. *El cambio de las representaciones de los estudiantes sobre la materia*. Ministerio de educación, política social y deporte.
- Gómez-Crespo, M.A. (1996). Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química. *Alambique*, 7, pp. 37-44.

- González, Collazos y García (2016). Desafío en el diseño de MOOCs: incorporación de aspectos para la colaboración y la gamificación. *RED-Revista de Educación a Distancia*. Núm.48. Artic.7. 30-Ene-2016. doi: 10.6018/red/48/7. Recuperado de http://www.um.es/ead/red/48/carina_et_al.pdf
- González, H. (2000). La evaluación de los estudiantes en un proceso de aprendizaje activo de la cartilla docente. *Publicaciones del Crea*. Recuperado de http://www.icesi.edu.co/contenido/pdfs/cartilla_evaluacion.pdf
- González, M. y López, D. (2012). El uso del móvil en el aula: un modo de expresión. En Navarro Juan, Fernández María Teresa, Soto Francisco Javier y Tortosa Francisco (coords.), *Respuestas flexibles en contextos educativos diversos*. Murcia: Consejería de Educación, Formación y Empleo. Recuperado de <http://diversidad.murciaeduca.es/publicaciones/dea2012/docs/mgnzalez.pdf>
- Good, T., Brophy, J.E. (1983). Motivación. En T. Good y J.E. Brophy: *Psicología educacional*. México: Interamericana.
- Goodman Research Group, (2002). Final Report of the Women's Experience in College Engineering Project. Report. http://www.grginc.com/WECE_FINAL_REPORT.pdf
- Gopnik, A., Meltzoff, A. N., y Kuhl, P. K. (1999). *The scientist in the crib: Minds, brains, and how children learn*. William Morrow & Co.
- Gravetter, F. J., y Wallnau, L. B. (2017). *Statistics for the Behavioral Sciences*. (C. Learning, Ed.) (10th ed.). Boston.
- Greenfield, P y Subrahmanyam, K. (1994). Effect of video game practice on spatial skills in girls and boys. *Journal of Applied Developmental Psychology* (pp 13-32). Recuperado de [https://doi.org/10.1016/0193-3973\(94\)90004-3](https://doi.org/10.1016/0193-3973(94)90004-3)
- Gros, B. (2000). *El ordenador invisible*. Hacia la apropiación del ordenador en la enseñanza. Barcelona: Gedisa.
- Gros, B. (Coord.) (2007). *Videojuegos y aprendizaje*. Barcelona: Graó

- Gros, B. (ed.) (2011). *Evolución y retos de la educación virtual: construyendo el e-learning del siglo XXI*. Barcelona: Editorial UOC. Recuperado de http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/9781/1/TRIPA__e-learning_castellano.pdf
- Gros, B. y Suárez-Guerrero (Coord) (2016). *Pedagogía red: Una educación para tiempos de internet*. Barcelona: Octaedro-ICE. Recuperado de <https://tecnoeducativas.files.wordpress.com/2017/03/onrubia-por-que-aprender-en-red.pdf>
- Gros, B. (2000). La dimensión socioeducativa de los videojuegos. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*. N° 12. /junio 00. Recuperado de <http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec12/gros.pdf>
- Gros, B. (2011). Atrapados por los videojuegos. Auditorio Clorito Picado de la Universidad Nacional (UNA). Recuperado de https://www.unacomunica.una.ac.cr/index.php/setiembre-2011/767-Atrapados_por_los_videojuegos
- Grosse N.D. y Riener G. (2010). Explaining gender differences in competitiveness: gender-task stereotypes. Work. Pap., Friedrich Schiller Univ., Jena, Ger.
- Grup F9 (2000). Cordinació del número monogràfic “Los videojuegos en la escuela”. *Cuadernos de pedagogía*. N° 291, mayo 2000.
- Grupo F9 (2000). Ocho propuestas didácticas: Los Lemmings: para Matemáticas y resolución de problemas en Primaria. *Cuadernos de Pedagogía*, 291, pp. 70-80.
- Grupo F9 (2000). Ocho propuestas didácticas: PC Fútbol, Matemáticas para la ESO. *Cuadernos de Pedagogía*, 291, pp. 70-80.
- Guinovart, J.J. (2011). Prólogo. A COSCE, Informe ENCIENDE. *Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España* (pp.7-8). Madrid: Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE).
- Günther C, Ekinici N.A., Schwier C., Strobel M. (2010). Women can't jump? An experiment on competitive attitudes and stereotype threat. *J. Econ. Behav. Organ.* 75:395–401.

- Gutiérrez-Priego, R (2015). Learning analytics: instrumento para la mejora del aprendizaje competencial. Madrid (España). *Iberciencia*. Revista digital 26 de abril de 2015. Comunidad de Educadores para la Cultura Científica. Recuperado de <https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Learning-analytics-instrumento>
- Hamari, J. K., Koivisto, J., y Sarsa, H. (2014). Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification. *IEEE*, 3025–3034. Recuperado de <http://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>
- Han, J., Kamber, M., y Pei, J. (2011). *Data mining: concepts and techniques* (Third Edit). Morgan kaufmann.
- Hanus, M. D., y 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. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.019>
- Hazen E, Schlozman S y Beresin E. (2008). Adolescent psychological development: A review. *Pediatr Rev.*;29, 161.
- Hendley, D., Parkinson, J., Stables, A. y Tanner, H. (1995). Gender differences in pupil attitudes to the national curriculum foundation subjects of english, mathematics, science and technology in Key Stage 3 in South Wales. *Educational Studies*. 21, 85-97.
- Hendley, D., Stables, S. y Stables, A. (1996). Pupils' subject preferences at Key Stage 3 in South Wales. *Educational Studies*. 22, 177-187.
- Hepp, P. (1999). La red Enlaces del Ministerio de Educación de Chile. Recuperado de http://www.ciencia.cl/CienciaAlDia/volumen2/numero3/articulos/a_rticulo2.html
- Hernández, L., Acevedo, J., Martínez, C. y Cruz, B. (2014). *El uso de las TIC en el aula: un análisis en términos de efectividad y eficacia*. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Buenos Aires.
- Hernández, P. y García, L.A. (1991). *Psicología y enseñanza del estudio. Teorías y técnicas para potenciar las habilidades intelectuales*. Madrid: Pirámide.

- Hernández-Requena, S. (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje. En Comunicación y construcción del conocimiento en el nuevo espacio tecnológico. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*. Vol. 5, n.º 2. UOC. Recuperado de <http://www.uoc.edu/rusc/5/2/dt/esp/hernandez.pdf>
ISSN 1698-580x
- Herranz, E. (2013). *Gamification*. Madrid: Universidad Carlos III.
- Herrera, J. A., Lozano, F.G. y Ramírez, M.S. (2008). Competencias aplicadas por los alumnos para el uso de dispositivos m-learning. Trabajo presentado en *AAVV, Memorias del XVII Encuentro Internacional de Educación a Distancias. Virtualizar para educar*.
http://www.ruv.itesm.mx/convenio/catedra/recursos/material/ci_11.pdf
- Herrera, S. y Fennema, M.C. (2011). Tecnologías móviles aplicadas a la educación superior. Trabajo presentado en *AAVV, Actas del XVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*.
- Hodson, D. (1992). Assessment of practical work. Some considerations in philosophy of science. *Science & Education*, 1(2), 115-144.
- Hoffmann, L. (1985). Differences in the subjective conditions of interests in physics and technology for boys and girls. En *Girls and Science and Technology*. Trabajo presentado en *The third international GASAT conference. Supplementary contributions*, (pp. 70 – 78). London: Chelsea College.
- Hogan, K. y Pressley, M. (1997). *Scaffolding Student Learning: Instructional Approaches and Issues*. Cambridge, MA: Brookline Books.
- Hornberger L. (2006). Adolescent psychosocial growth and development. *J Pediatr Adolesc Gynecol.*; 19, 243.
- Houston, J. M., Harris, P. B., Moore, R., Brummett, R. y Kmetani, H. (2005). Competitiveness among Japanese, Chinese, and American undergraduate students. *Psychological Reports*, 97 (1), 205-212
- Hubbard, P. (1991). Evaluating computer games for language learning. *Simulation and Gaming*, 22, 220-223.

- Huizinga, J. (2000). *Homo Ludens*, Alianza editorial, Emecé Ed. 2000. (1ra ed. 1954)
- Hunicke, R., LeBlanc, M. y Zubek, R. (2004). MDA: A formal approach to game design and game research. Recuperado de <https://users.cs.northwestern.edu/~hunicke/MDA.pdf>
- Ibar, J. (2014) Gamification: sus fundamentos - *Improve-in*. Recuperado de <http://www.improvein.com/es/blog/81-gamification-fundamentos>
- Imbernón, F (2006). Actualidad y nuevos retos de la formación permanente. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 8 (2). Recuperado de <http://redie.uabc.mx/vol8no2/contenido-imbernon.html>
- Imbernón, F. (1996). *En busca del discurso perdido*. Buenos Aires: Magisterio del Río de la Plata.
- Innerarity, D. (2010). *Incertesa i creativitat. Educar per a la societat del coneixement*. Barcelona: Fundació Jaume Bofill.
- Innerarity, D. (2011). *La democracia del conocimiento*. Barcelona: Paidós.
- Institute for Learning Sciences (1994). Computer Helping Schools Address Natural Learning. Recuperado de <http://www.ils.nwu.edu>
- Íñiguez, F. J., y Puigcerver, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 307-327.
- Issacs, S. (2015). The difference between gamification and game-based learning. *Edutopia*, 1-8. Recuperado de <http://inservice.ascd.org/the-difference-between-gamification-and-game-based-learning/>
- James, R. K., y Smith, S. (1985). Alienation of students from science in grades 4-12. *Science Education*.
- Jason R., Rachels y Rockinson-Szapkiw A.J. (2018). The effects of a mobile gamification app on elementary students' Spanish achievement and self-efficacy. *Computer Assisted Language Learning*, 31:1-2, 72-89. doi: [10.1080/09588221.2017.1382536](https://doi.org/10.1080/09588221.2017.1382536)

- Jiménez, T. y García, L. (2015). *El proceso de gamificación en el aula: Las matemáticas en educación infantil*. Madrid: GRIN Verlag.
- Jo Kim, A. (2012). Social Engagement: who's playing? how do they like to engage? Recuperado de <https://amyjokim.com/>
- Johnson, D. W., Johnson, R. y Smith, K. (1991): *Active learning: cooperation in the college classroom*. Interaction book Company. Edina.
- Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A., y Haywood, K. (2011). *The 2011 Horizon Report*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Jonassen, D. H. (1991). Evaluating constructivistic learning. *ERIC*.
- Jones, J. W., Neuman, G., Altmann, R. y Dreschler, B. (2001). Development of the sports performance inventory: A psychological measure of athletic potential. *Journal of Business and Psychology*, 15 (3), 491-503
- Jorba, J., y Caselles, E. (1997). *La regulació i l'autoregulació dels aprenentatges*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona. Institut de Ciències de l'Educació.
- Kapp, K. M. (2012). Games, Gamification, and the Quest for Learner Engagement. *Training and Development* 66(6), 64–68.
- Kapp, K. M. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction: Game-Based Methods and Strategies for Training and Education*, San Francisco, CA: Pfeiffer.
- Kapp, K. M. (2013). *The gamification of learning and instruction fieldbook: Ideas into practice*. N.Y.: Wiley.
- Karmiloff-Smith, A. (1994). Transforming a partially structured brain into a creative mind. *Behavioral and Brain Sciences* 17:4, pp. 732-745.
doi: <https://doi.org/10.1017/S0140525X00036906>
- Keeler, A. (2015). Gamification: Engaging the students with narrative. *Edutopia*, 1-3. Recuperado de <http://www.edutopia.org/blog/gamification-engaging-students-with-narrative-alice-keeler>
- Kerlinger, F. N. (1999). *Investigación del comportamiento*. McGraw-Hill.

- Kim, H. G. (2003). Semantic Web. Recuperado de http://semanticweb.org/wiki/Main_Page.html
- Kingsley, T. L. y Grabner-Hagen, M.M. (2015). Gamification: Questing to integrate content, knowledge, literacy, and 21st-century learning. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 51-61. Recuperado de <http://doi.org/10.1002/jaal.426>
- Klawe, M. M. (1998). *When does the use of computer games and other interactive multimedia software help students learn Mathematics?* Unpublished manuscript. Recuperado de <http://www.cs.ubc.ca/nest/egems/reports/NCTM.doc>
- Klopfer, E., Squire, K. y Jenkins, H. (2002). Environmental Detectives: PDAs as a window into a virtual simulated world. En AAVV, *Proceedings of IEEE International Workshop on Wireless and Mobil Technologies in Education*. Vaxjo: IEEE Comuter Society.
- Koivisto, J. y Hamari, J (2014). Demographic differences in perceived benefits from gamification. *Computers in Human Behavior*, 35, 179–188. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.chb.2014.03.007>
- Kovacs, F.M., Gil, M.T., Gestoso, M., López, J., Mufraggi, N., y Palou, P. (2008). La influencia de los padres sobre el consumo de alcohol y tabaco y otros hábitos de los adolescentes de Palma de Mallorca en 2003. *Revista Española de Salud Pública*, 82(6), 677-689. Recuperado de http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1135-57272008000600008&script=sci_arttext
- Kulik, J. (1994). Meta-analytic studies of findings on computer-based instruction. En Baker, E.; O'Neil, H. (Eds.). *Technology assesment in education and training*. New York: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Kumar, B. y Khurana, P. (2012). Gamification in education: learn computer programming with fun. *International Journal of Computers and Distributed Systems*. Vol. 2. N°. 1. pp. 46-53.
- Kumar, D. (2000) Pedagogical dimensions of game playing. *ACM Intelligence Magazine*, 10 (1).
- Lampe, C. (2012). Talks About Gamification. *Academia*. Recuperado de <http://tinyurl.com/c8o4j7d>

- Lara, P. y Duarte, J. M. (2005). Gestión de contenidos en el e-learning: acceso y uso de objetos de información como recurso electrónico. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*. Recuperado de <http://www.uoc.edu/rusc/2/2/dt/esp/lara.pdf>
- Laurillard, D. (2002). *Rethinking University Teaching. A conversational framework for the effective use of learning technologies*. London: Routledge ISBN 0415256798. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4324/9780203304846>
- Lawrence, R. (2004) Teaching data structures using competitive games. *IEEE Transactions on Education*, Vol.: 47, 4, 459-466
- Le Maire, Verpoorten, Fauconnier y Colaux-Castillo (2018). Clash of Chemists: A Gamified Blog To Master the Concept of Limiting Reagent Stoichiometry. *Journal of Chemical Education*. Recuperado de <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00256>
- Leaning, M. (2015). A study of the use of games and gamification to enhance student engagement, experience, and achievement on a theory-based course of an undergraduate media degree. *Journal of Media Practice*, 16(2), 155-170. Recuperado de <http://doi.org/10.1080/14682753.2015.1041807>
- Lee, J. J. y Hammer, J. (2011). Gamification in Education: What, How, Why Bother? *Academic Exchange Quarterly*, 15(2). Recuperado de https://www.academia.edu/570970/Gamification_in_Education_What_How_Why_Bother
- Lemke, J.L. (1993). Intertextuality and Educational Research. *Linguistics and Education* 4. Págs. 257-268.
- Lemke, J.L. (2006). Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de las ciencias*, 24(1), 5-12.
- León, O. G., y Montero, I. (2003). *Métodos de investigación en psicología y educación*. McGraw- Hill.
- Lepper, M. y Malone, T. (1987). Intrinsic motivation and instructional effectiveness in computer-based education. En Snow, R.E. & Farr, M.J. (eds). *Aptitudes, learning and instruction, III: Conative, and affective process analysis*. Hillsdale, N. J.: Lawrence Earlbaum Association.

- Levis, D.S. (1998). Multimedia, simulación digital y educación. *Comunicación y Pedagogía*. 154. 29-34 (Octubre -Noviembre).
- Ley Orgánica de Educación 2/2006, 3 de mayo de 2006. BOE nº 106, del 4/05/2006.
- Litchfield, A., Dyson, L. E., Lawrence, E., and Zmijewska, A. (2007). Directions for m-learning research to enhance active learning. *ASCILITE*. Recuperado de <http://www.ascilite.org.au/conferences/singapore07/procs/litchfield.pdf>
- Liu, B. (2011). *Web Data Mining. Exploring Hyperlinks, Contents and Usage Data*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Long, S. (1984). "Rethinking Video Games". *The Futurist*, 2, 35-37.
- López Camps, J. y Leal Fernández, I. (2002). *Cómo aprender en la Sociedad del Conocimiento*. Barcelona: Epise.
- Lozano, R. (2011). De las TIC a las TAC: tecnologías del aprendizaje y el conocimiento. *Anuario Thinkipi*, 5, 45-47.
- MacGregor, J., Cooper, J., Smith, K. y Robinson, P. (2000). *Strategies for energizing large classes: from small groups to learning communities*. Jossey-bass publishers. San Francisco
- Malone, T. y Lepper, M. (1987). Making learning fun: A taxonomy for intrinsic motivations for learning. En Snow, R.E. y Farr, M.J. (eds). *Aptitudes, learning and instruction, III: Cognitive, and affective process analysis*. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Association.
- Manassero, M.A., Vázquez, A. y Acevedo, J.A. (2001): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- Manassero, M.A., Vázquez, A. y Acevedo, J.A. (2003). Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS). *Princeton, NJ: Educational Testing Service*. Recuperado de <http://www.ets.org/testcoll/>.
- Manyika, J. (2011). Big data: The Next Frontier for Innovation, Competition and Productivity. *Mckinsey Global Institute*. Recuperado de <http://www.mckinsey.com/mgi/>

- Marbà-Tallada, A., y Márquez, C. (2010). ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? Un estudio transversal de sexto de Primaria a cuarto de la ESO. *Enseñanza de las ciencias*, 28 (1), 19-30.
- Marczewski, A. (2013). *Gamification: A Simple Introduction & a Bit More*. Amazon Digital Services.
- Marín, I. y Hierro, E. (2013). *Gamificación. El poder del juego en la gestión empresarial y en la conexión con los clientes*. Barcelona: Ediciones Urano, 2013, p. 15. ISBN 978-84-96627-83-3.
- Markham, A. y Buchanan, E. (2012). Ethical Decision - Making and Internet Research: Recommendations from the AoIR Ethics Working Committee (version 2.0). *Association of Internet Researchers*. Recuperado de <http://aoir.org/reports/ethics2.pdf>
- Martín-Díaz, M.J. Gómez-Crespo, M.A. y Gutiérrez, M^a.S. (2000). *La Física y Química en secundaria*. Madrid: Narcea.
- Martínez Mut, B. (2005). El cambio de cultura docente en la universidad ante el espacio europeo de educación superior. Trabajo presentado en *Seminario Interuniversitario de Teoría de la Educación*. Valencia, 21-23 de noviembre.
- Martínez, V. (1996). Factores determinantes del rendimiento académico en enseñanza media. *Psicología Educativa*, 2(1) 79-90.
- Martínez, V. (2002). Condicionantes del rendimiento escolar. *Educadores: Revista de Renovación Pedagógica*. N° 204, 285–295.
- Martín-Gordillo, M. (2003). Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica. *Revista Iberoamericana de Educación*. Escuela y Medios de comunicación. Vol. 32. doi: <https://doi.org/10.35362/rie320927>
- Martín-Gordillo, M. (2003). Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), artículo 10. Recuperado de <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Mateos Montero, J. (2008). Globalización del conocimiento escolar: genealogía y problemas actuales. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* (22), 3-22. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/56952438/2934574>

- McClelland, D.C. (2009). *Human Motivation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- McGonigal, J. (2011). *Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world*. Penguin Press.
- McGuigan, F.J. (1983). *Psicología experimental. Enfoque metodológico*. México: Trillas.
- Meneghetti, C., De Beni, R., y Cornoldi, C. (2007). Strategic knowledge and consistency in students with good and poor study skills. *European Journal of Cognitive Psychology*, 19(4/5), 628-649.
- Meneses Montero, M. y Monge Alvarado, M. D. L. Á. (2001). El juego en los niños: enfoque teórico. *Revista Educación*, 25(2), 31-45.
- Merino, C., Arellano, M., y Adúriz-Bravo, A. (2014). La promoción de la regulación y autoregulación en química a través de la actividad experimental. *Didáctica de la Química*. (Ediciones Universitarias de Valparaíso, Ed.). Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Cristian_Merino_Rubilar/publication/274381053_Avances_en_didactica_de_la_quimica_Modelos_y_lenguajes/links/55db2bd908aed6a199ac3290/Avances-en-didactica-de-la-quimica-Modelos-y-lenguajes.pdf_page=38
- Merrill, D. C., Reiser, B. J., Merrill, S. K. y Landes, S. (1995). Tutoring: guided learning by doing. *Cognition. and Instruction*, 13(3), 315-372.
- Millar, R. y J. Osborne (Eds.) (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: Kings College.
- Ministerio de Ciencia y Tecnología de España (2001). *Sociedad de la Información en el siglo XXI: un requisito para el desarrollo*. Con la colaboración de ENRED Consultores S.L.
- Montoya, M. S. R. (2009). Recursos tecnológicos para el aprendizaje móvil (mlearning) y su relación con los ambientes de educación a distancia: implementaciones e investigaciones. RIED. *Revista iberoamericana de educación a distancia*, 12(2), 57-82.
- Mora Ayora, A. (2005). La gestión del conocimiento es el reto que nuestra generación debe asumir. Recuperado de <http://www.radiorabel.com/conocimiento/>

-
- Mortimer, F.E. y Machado A. H. (1997). Múltiplos olhares sobre um episódio de ensino: por que o gelo flutua na água?. Trabajo presentado en *Encontro sobre Teoria e Pesquisa em ensino de Ciências* (Anais), Belo Horizonte, Facultad de Educação da UFMG.
- Murphy, C. y Beggs, J. (2003). Children's perceptions of school science. *The School science review*. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/228599396>
- Muuss R. (1996). Jean Piaget's cognitive theory of adolescence. En: Muuss R, editor. *Theories of adolescence*. 6th ed. New York: McGraw-Hill.
- Nachmias, R. (2011). Web mining and higher education: Introduction to the special issue. *The Internet and Higher Education*. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1096751611000029>
- Nah, F., Eschenbrenner, B., Zeng, Q., Telaprolu, V., Sepehr, S. (2014). Flow in Gaming: Literature Synthesis and Framework Development. *International Journal of Information Systems and Management* 1(1).
- Nah, F., Telaprolu, V., Rallapalli, S., Venkata, P. (2013). *Gamification of Education using Computer Games*. En Yamamoto, S. (ed.) HCI 2013, Part III. LNCS, vol. 8018, pp. 99–107. Springer, Heidelberg (2013)
- Naval, C., Sábada, C. y Bringué, X. (2003). *Impacto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en las relaciones sociales de los jóvenes navarros*. Pamplona: Gobierno de Navarra.
- Niederle, M. y Vesterlund, L. (2011). Gender and competition. *Annual Reviews*. Recuperado de <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-economics-111809-125122>
- Niederle, M., Segal, C. y Vesterlund, L. (2013). How Costly Is Diversity? Affirmative Action in Light of Gender Differences in Competitiveness. *Management Science*, 59 (2013), 1–16.
- Nonis, S.A. y Hudson, G.I. (2010). Performance of Collage Students: Impact of Study Time and Study Habits. *Journal of Education for Business*, Mar/Apr, 85(4), 229-238. Recuperado de <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/08832320903449550>

- Núñez, J. C., Cabanach, R. G., Rodríguez, S., González, J. A., y Rosário, P. (2009). Perfiles motivacionales en estudiantes de Secundaria: análisis diferencial en estrategias cognitivas, estrategias de autorregulación y rendimiento académico. *Revista Mexicana de Psicología*, 26(1), 113-124. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/2430/243016317011.pdf>
- Núñez, J.C. y González-Pumariega, S. (1996). Procesos motivacionales y aprendizaje. En J.A. González-Pienda, J. Escoriza, R. González y A. Barca (Eds.), *Psicología de la instrucción*. Vol.2: Componentes cognitivos y afectivos del aprendizaje escolar. Barcelona: EUB.
- O’Byrne, I., Schenke, K.W., Willis, J.E. III and Hickey, D.T. (2015). Digital badges recognizing, assessing, and motivating learners in and out of school contexts. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*. Vol. 58. N°. 6, pp. 451-454. Recuperado de <https://doi.org/10.1002/jaal.381>
- O’Donovan, S., Gain, J., Marais, P. (2013). A Case Study in the Gamification of a University-level Games Development Course. Trabajo presentado en *Proceedings of the South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists Conference*, pp. 242–251.
- O’keefe, D. (2012). Quest to learn. *School Library Journal*, 58(12), 22.
- OCDE. (2006a). *Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies – Policy Report*. Global Science Forum.
- OCDE. (2017). *Education at a Glance 2017: OECD Indicators*. OECD Publishing, Paris. Recuperado de <https://doi.org/10.1787/eag-2017-en>.
- OCDE. (2019). *The PISA 2019 Assesment Framework. Science, Reading and Mathematics*. Paris: OCDE.
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I., y McGillicuddy, K. (1996). *Explaining Science in the Classroom*. Open University Press. Buckingham.
- Oliva, H. A. (2017). La gamificación como estrategia metodológica en el contexto educativo universitario. *Realidad y Reflexión*, 44, 29-47.
- Ormrod, J, E. (2003). *Educational psychology: developing learners*. Merrill Prentice Hall.

-
- Osborne, J., y Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. Londres: Nuffield Foundation.
- Osborne, J., Driver, R., y Simon, S. (1998). *Attitudes to science: Issues and concerns*.
- Palmer, S. B. (2001). *The Semantic Web: An Introduction*. Recuperado de <http://infomesh.net/2001/swintro/>
- Panqueva, A., Castro, G., Drews, O., Gómez, L., Santo, A., Reyes y Trech, M. (2001). *Ambientes Educativos para la Era de la Informática*. Santafé de Bogotá: Colombia
- Papastergiou, M. (2009). Digital Game-Based Learning in high school Computer Science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & Education*, 52, 1-12.
- Papastergiou, M. (2009). Exploring the potential of computer and video games for health and physical education: A literature review. *Computers & Education*, 53(3), 603-622.
- Papert, S. (1993). *Mindstorms: Children, computers and powerful ideas*. Nueva York: Basic Books.
- Pappas, C. (2013). *Gamify the Classroom*. Recuperado de <https://elearningindustry.com/gamify-the-classroom>.
- Parkinson, J., Hendley, D., Tanner, H., y Stables, A. (1998). Pupils' attitudes to science in key stage 3 of the National Curriculum: A study of pupils in South Wales. *Research in Science y Technological Education*, 16, 165–176.
- Pastor-López, I., Santos, I., Santamaría-Ibirika, A., Salazar, M. de-la-Peña-Sordo, J. y Bringas, P. G. (2012). Machine-learning-based surface defect detection and categorisation in high-precision foundry. Trabajo presentado en *7th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*.
- Pedró, F. (2008). *El professorat de Catalunya. Diagnosi de la situació actual del professorat*. Barcelona: Fundació Jaume Bofill.
- Pell, T. y Jarvis, T. (2001). Developing attitude to science scales for use with children of ages from five to eleven years. *International Journal of Science Education*, 23, 847- 862.

- Peñalvo, F. J. G. y Safont, L. V. (2013). Aspectos pedagógicos en la Informática Educativa. *Education in the knowledge society* (EKS), ISSN-e 2444-8729, ISSN 1138-9737, Vol. 14, N.º. 2, 2013 (Ejemplar dedicado a: Aprendizaje estratégico y tecnologías de la información y la comunicación), pp. 371-375.
- Perelman, S. y Santín, D. (2011). Measuring educational efficiency at student level with parametric stochastic distance functions: an application to Spanish PISA results. *Education Economics*, 19(1), 29-49.
- Pérez, A., Ramón, J., y Sánchez, J. (2000). Análisis exploratorio de las variables que condicionan el rendimiento académico. Sevilla: Universidad Pablo de Olavide.
- Pérez, C. (2002). *Technological revolutions and financial capital: the dynamics of bubbles and golden ages*. Cheltenham, Edward Elgar.
- Piaget, J. (1955). *The Language and Thought of the Child*. Nueva York, New American Library.
- Piaget, J. (1978). *El equilibrio de las estructuras cognitivas*. Madrid, Siglo XXI, 1978
- Piburn, M. D. y Baker, D. R. (1993). If I were the teacher . . . qualitative study of attitude towards science. *Science Education*, 77, 393-406.
- Pintrich, P. R. (2004). A conceptual framework for assessing motivation and self-regulated learning in college students. *Educational Psychology Review*, 16(4), 385-407. doi: 1040-726X/04/1200/0385/0.
- Pintrich, P.R., y De Groot, E.V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33-40. doi: //dx.doi.org/10.1037/0022-0663.82.1.33.
- Pisant, A., Enríquez, L., Chaos-Cador, L. y García Burgos, M. (2010). M-learning en ciencia. Introducción de aprendizaje móvil en Física. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*. Recuperado de http://espacio.uned.es/fez/eserv.php?pid=bibliuned:revistaRied_2010-13-1-2060&dsID=Documento.pdf
- Powers, K. L. Brooks, P. J., Aldrich, N. J., Palladino, M. A., y Alfieri, L. (2013). Effects of video-game play on information processing: A meta-analytic investigation. *Psychonomic Bulletin*

- Review*, 20(6), 1055–1079. Recuperado de <http://doi.org/10.3758/s13423-013-0418-z>
- Pozo, J.I. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van ... y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique*. [Versión electrónica]. Revista Alambique 7.
- Pozo, J.I. y Gómez-Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. 2da edición. Ediciones Morata, S. L. Madrid- España.
- Pozo, J.I., y Gómez-Crespo, M. A. (2002b). La adquisición del conocimiento científico ¿una prótesis cognitiva? *Innovación y Ciencia*, Vol. X, núms. 3 y 4, págs. 34-43.
- Punch, K. F. (2005). Introduction to Social Research: Quantitative and Qualitative Approaches. Recuperado de <http://www.amazon.com/Introduction-Social-Research-Quantitative-Qualitative/dp/0761944168>
- Quest to Learn (2008). Q2L. Recuperado de <https://www.q2l.org/>
- Radzik M, Sherer S y Neinstein L. (2008). Psychosocial development in normal adolescents. En: Neinstein L, Gordon C, Katzman D, Rosen D, Woods E, editores. Adolescent health care. A practical guide. 5th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; pp. 27 - 31.
- Ramos, A.I., Herrera, J.A., Ramírez, M.S. (2010). Desarrollo de habilidades cognitivas con aprendizaje móvil: un estudio de casos. *Comunicar*. Recuperado de <http://148.215.2.10/articulo.oa?id=15812481023>
- Ramsden, J. M. (1998). Mission impossible?: Can anything be done about attitudes to science? *International Journal of Science Education*, 20(2), 125-137.
- Razali, N. M., y Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1), 21–33.
- Reig, D. y Vilches, L. F. (2013). *Los jóvenes en la era de la hiper conectividad: tendencias, claves y miradas*. Santafé de Bogotá: Fundación Telefónica.

- Remor, E. (2007). Propuesta de un cuestionario breve para la evaluación de la competitividad en el ámbito deportivo: Competitividad-10. *Revista de Psicología del Deporte*. Vol. 16, núm. 2 pp. 167-183 ISSN: 1132-239X
- Revuelta, F., Guerra, J. y Pedrera, M.I. (2017). Gamificación con pbl para una asignatura del grado de maestro de educación infantil. *Experiencias de gamificación en aulas*. ISBN 978-84-944171-6-0, págs. 21-32.
- Ribeiro, P., Simões, H. y Ferreira, M. (2009) Teaching Artificial Intelligence and Logic Programming in a Competitive Environment. *Informatics in Education*, Vol. 8, 1, 85–100.
- Rieber, L. P. (1996). Seriously considering play: Designing interactive learning environments based on the blending of microworlds, simulations, and games. *Educational Technology Research and Development*, 44, 43-58.
- Rivas, M. (2000). *Innovación educativa. Teoría, procesos y estrategias*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Rodríguez Escobedo, P. (2019). Cuando niñas y niños compiten: estudio experimental de competitividad por género en Kidzania. Tesis de licenciatura. Centro de Investigación y Docencia Económicas. <http://hdl.handle.net/11651/4003>
- Rodríguez, J. O. (2006). La motivación, motor del aprendizaje. *Revista Ciencias de la Salud*, 4, 23-45
- Rodríguez-Salces, S. (2012). *La introducción de los videojuegos en el aula*. Voluntad.
- Rogoff, B. (1993). *Aprendices del pensamiento. El desarrollo cognitivo en el contexto social*. Barcelona: Paidós.
- Romero, C., y Ventura, S. (2007). Educational data mining: A survey from 1995 to 2005. *Expert Systems with Applications*, 33(1), 135–146. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417406001266>
- Romero, C., y Ventura, S. (2010). Educational Data Mining: A Review of the State of the Art. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 40(6), 601–618. Recuperado de <http://doi.org/10.1109/TSMCC.2010.2053532>

- Rosas, R., López, X., Correa, M., Nussbaum, M. y Flores, P. (2000). Más allá del Mortal Kombat: diseño de videojuegos educativos. Recuperado de <http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie2000/papers/326/>
- Roschelle, J.M., Pea, R. D.; Hoadley, C. M., Gordon, D. N. y Jeans, B. M. (2000). Changing how and what children learn in school with computer-based technology. *The Future of the Children and Computer Technology*, Vol. 10, Nº 2
- Rudd, T. (2011). Using iPads and Mobile Devices for Learning: Some Key Considerations. Research. *Livelaab: Development and Innovations*. Recuperado de www.livelaab.org.uk
- Ruiz de Miguel, C. (2009). The effective schools: a multinivel study of explanatory factors of the school performance in the area of mathematics. *Revista de Educación*, 348, 355-376, Enero-Abril.
- Salas, M. (1999). *Técnicas de estudio para Secundaria y Universidad*. Madrid: Alianza Editorial.
- Salemi, M. K. (2002). An illustrated case for active learning. *Southern economic journal*, vol. 68, Nº 3, pp. 721-731.
- Salen, K. (2008). *Toward an Ecology of Gaming in The Ecology of Games: Connecting Youth, Games, and Learning*. Cambridge. MA: Te MIT Press, 2008. 1-17
- Salinas, J. (2012). La investigación ante los desafíos de los escenarios de aprendizaje futuros. RED. *Revista de Educación a Distancia*, 32. Recuperado de <http://www.um.es/ead/red/32/salinas.pdf>
- Salmerón, H., Rodríguez, S. y Gutierrez, C. (2010). Metodologías que optimizan la comunicación en entornos de aprendizaje virtual. *Revista Científica de Edu-comunicación*. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3167028>
- Sanahuja, P. et al. (2006). *Barcelona fa ciència! Contribucions científiques del jovent per a la millora de la ciutat*. Barcelona: Institut d'Educació de l'Ajuntament de Barcelona.
- Sánchez, A., Boix, J.L. y de los Santos, P. (2009). La sociedad del conocimiento y las TICs: una inmejorable oportunidad para el cambio docente. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, Nº 34, enero, 2009, pp. 179-204. Universidad de Sevilla. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36812036013>

-
- Sánchez, N. y Verdú, E. (2018). *Gamificación educativa a través de aplicaciones móviles en 1º ESO* (TFM). UNIR. Recuperado de <https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/7303/SANCHEZ%20MIRET%2c%20NATALIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sandí, H. R., y Ramírez, M. S. E. R. (2013). *La Gamificación como participante en el desarrollo del B-learning: Su percepción en la Universidad Nacional*. Sede Regional Brunca.
- Sanmartí, N. (1992). *Estudio sobre las dificultades de los estudiantes en la comprensión de la diferenciación entre los conceptos de mezcla y compuesto* (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona.
- Santillán, F. (2006). El Aprendizaje Basado en Problemas como propuesta educativa para las disciplinas económicas y sociales apoyadas en el B-Learning. *Revista Iberoamericana de Educación* (ISSN: 1681-5653) n.º 40/2 – 10 de octubre de 2006. Recuperado de <https://rieoei.org/historico/deloslectores/1460Santillan.pdf>
- Savater, F. (1998). Potenciar la razón. *El País*. Recuperado de http://elpais.com/diario/1998/12/08/sociedad/913071627_850215.html
- Schiefele, U. (1991). Interest, learning, and motivation. *Educational psychologist*, 26(3-4), 299-323. doi: 10.1080/00461520.1991.9653136.
- Schnotz, W., Vosniadou, S., y Carretero, M. (Eds.) (1999). *New perspectives on conceptual change*. Oxford, England: Elsevier. *School Science Review*, 79, 27–33.
- Schreiner, C. y Sjøberg, S. (2004). Sowing the seeds of ROSE. Background, Rationale, Questionnaire Development and Data Collection for ROSE (The Relevance of Science Education) - A comparative study of students' views of science and science education. *Acta Didactica*. (4/2004), Dept. of Teacher Education and School Development, University of Oslo, Norway. Recuperado de <http://www.ils.uio.no/forskning/rose/documents/AD0404.pdf>
- Schreiner, C. y Sjøberg, S. (2007). Science Education and Youth's Identity Construction- Two incompatible projects? A D. Corrigan, J. Dillon, y R. Gunstone (Ed.) *The Re-emergence of values in the Science Curriculum* (pp. 231-247). Rotterdam: Sense Publishers.

-
- Seaborn, K. y Fels. (2015). Gamification in theory and action: A survey. *International Journal of Human-Computer Studies*, 74, 14-31. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2014.09.006>
- Seder, A. C., y Villalonga, H. B. (2016). Importancia de los hábitos de estudio en el rendimiento académico del adolescente: diferencias por género. *Educatio Siglo XXI*, 34(1 Marzo), 157-172.
- Segarra, A., Vilches, A., y Gil, D. (2008). Los museos de ciencias como instrumento de alfabetización científica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* (22), 85-102.
- Selltiz, C., Wrightsman, L. S., y Cook, S. W. (1976). *Research Methods in social relations*. (R. & W. Holt, Ed.). New York.
- Shapiro, S. S., y Wilk, M. B. (1965). An Analysis of Variance *Test* for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591. <http://doi.org/10.2307/2333709>
- Sharples, M., Taylor, J., y Vavoula, G. (2005). Towards a theory of mobile learning. Trabajo presentado en *4th World conference on mLearning*, Cape Town. Recuperado de <http://www.mlearn.org.za/papers-full.html>
- Sheldon, L. (2012). *The Multiplayer Classroom: Designing Coursework as a Game*. Boston, MA: Cengage Learning.
- Siegel, S. (1990). *Estadística no Paramétrica Aplicada a las Ciencias de la Conducta* (Tercera). México, D.F.: Trillas.
- Siemens, G. (2010). What are Learning Analytics? *ELEARNSPACE*. Recuperado de <http://www.elearnspace.org/blog/2010/08/25/what-arelearning-analytics/>
- Siemens, G. (2011). Connecting the technical, pedagogical, and social dimensions of learning analytics. Trabajo presentado en *1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge 2011*. Recuperado de <https://tekri.athabascau.ca/analytics/>
- Siemens, G., y Baker, R. S. J. d. (2012). Learning analytics and educational data mining. Trabajo presentado en *2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge - LAK '12* (p. 252). New York, New York, USA: ACM Press. Recuperado de <http://doi.org/10.1145/2330601.2330661>

- Siemens, G., y Long, P. (2011). Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *EDUCAUSE Review*, 46(5), 30. Recuperado de <http://eric.ed.gov/?id=EJ950794>
- Sierra, H., (2013). *El aprendizaje activo como mejora de las actitudes de los estudiantes hacia el aprendizaje* (TFM). Universidad Politécnica de Navarra.
- Simarro, C. (2015). El fomento del interés por la educación científica entre los jóvenes: por un futuro mejor para los ciudadanos de mañana. Obra Social “la Caixa” ¿Cómo podemos estimular una mente científica? Estudio sobre vocaciones científicas (p. 5-11) Barcelona: Obra Social “la Caixa”
- Simões, J., Redondo, R. D. y Vilas, A. F. (2013). A social gamification framework for a K-6 learning platform. *Computers in Human Behavior*, 29(2), 345-353.
- Simpson, R.D. y Oliver, J.E. (1990). A Summary of Major Influences on Attitude Toward and Achievement in Science Among Adolescent Students. *Science Education*, 74(1), 1-18.
- Sjøberg, S. y Schreiner, C. (2010). [The ROSE project. An overview and key findings.](#)
- Sjøberg, S. y Schreiner, C. (2006). How do students perceive science and technology? *Science in School* (1:Spring 2006), 66-69
- Slade, S. y Prinsloo, P. (2013). Learning Analytics: Ethical Issues and Dilemmas. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1509–1528. Recuperado de <http://doi.org/10.1177/0002764213479366>
- Solé, I. (2001). El apoyo del profesor. *Revista aula de innovación educativa*. 2001 mayo III (12): 32-43.
- Solomon, J. (1991). Teaching about the nature of science in the British National Curriculum. *Science Education*, 75(1), 95-103.
- Spector, D. y Loria, K. (2014). “15 Ways Video Games Make You Smarter And Healthier”. *Business Insider*. Recuperado de <https://www.businessinsider.in/science/15-Ways-Video-Games-Make-You-Smarter-And-Healthier/articleshow/43016384.cms>

- Steel, P. (2007). The nature of procrastination: a metaanalytic and theoretical review of quintessential selfregulatory failure. *Psychological bulletin*, 133(1), 65-94. doi: //dx.doi.org/10.1037/0033-2909.133.1.65
- Steel, T., Brothen, T, y Wambach, C. (2001). Procrastination and personality, performance, and mood. *Personality and Individual Differences*, 30, 95-106. doi: 10.1016/S0191-8869(00)00013-1.
- Stewart, C. y Kowaltzke, A. (1997). *Media: New ways and meanings*. Brisbane: Jacaranda Wiley.
- Stott, A. y Neustaedter, C. (2013), “*Analysis of gamification in education*”, Surrey, BC. Recuperado de <http://clab.iat.sfu.ca/pubs/Stott-Gamification.pdf>
- Teixes, F. (2014). *Gamificación: fundamentos y aplicaciones*. Editorial UOC. ISBN 9788490644560.
- Thagard, P. R. (1992). *Conceptual Revolutions*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Thinley, P., Reye, J. y S. Geva, S. (2014). Tablets (iPad) for M-Learning in the Context of Social Constructivism to Institute an Effective Learning Environment. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*. Recuperado de <https://online-journals.org/index.php/ijim/article/view/3452/2936>
- Thom, J., Millen, D. y DiMicco, J. (2012). Removing gamification from an enterprise SNS. *Proceedings of the ACM 2012 Conference on Computer Supported Cooperative Work*. Presentada en CSCW'12. ACM. Seattle. WA. pp. 1067-1070.
- Todor, V. y Pitičă, D. (2013). The gamification of the study of electronics in dedicated e-learning platforms. *Proceedings of the 36th International Spring Seminar on Electronics Technology*. IEEE, Alba Iulia, pp. 428-431, Recuperado de http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6648287
- Todorov, T. (1995). *La vie commune. Essai d'anthropologie générale*. Paris, seuil.
- Toriz, E. y Murillo, R. (2017). Aprendizaje basado en gamificación y en espacios educativos para potenciar habilidades de estudiantes nativos digitales. *ANFEI Digital*, 3(6), 1-9.

- Torrent, J. (2006). TIC, productivitat i creixement econòmic: la contribució empírica de Jorgenson, Ho i Stiroh. UOC papers. *Revista Sociedad del conocimiento*, N° 2. Recuperado de www.uoc.edu/uocpapers
- Travers, R. M. W. (1979). *Introducción a la investigación educativa*. Buenos Aires: Paidós
- Upitis, R. (1995). Toys and technology. Queen's University Kingston. Recuperado de <http://taz.cs.ubc.ca/egems/papers/toys.doc>.
- Valda, S. y Arteaga, C. (2015). Diseño e implementación de una estrategia de gamificación en una plataforma virtual de educación. *Fides et Ratio. Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 9(9), 65-80.
- Valentín, J. (2003). *Uso de estándares e-learning en espacios educativos*. Fuentes, 5, pp. 122-142.
- Van Dalen, D.B y Meyer, W.J. (1981). *Manual de técnica de investigación educativa*. Buenos Aires: Paidós.
- Vázquez, A. y Manassero, M.A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2008, 5(3), págs. 274-292.
- Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2005). Más allá de una enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2). Recuperado de <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Velázquez Tejeda, M., y Parra Rodríguez, J. (2018). Consideraciones teóricas y metodológicas sobre la dimensión del error en el aprendizaje. *Opuntia Brava*, 2(3), 11-20. Recuperado de <https://www.monografias.com/trabajos12/consteor/consteor.html>
- Viladot, P. (2015). *Motivacions, expectatives i objectius del professorat en les visites als museus de ciència* (Tesis doctoral). UB (Universitat de Barcelona).
- Vosniadou, S. y Brewer W. F. (1994). Mental Models of the Day/Night Cycle. *Cognitive Science*. doi: 10.1207/s15516709cog1801_4
- Vygotsky, L.S (1985). *Pensamiento y lenguaje*. Buenos Aires. La Pléyade.

- Wallace, S.A. y Margolis, J. (2007) Exploring the use of competitive programming: observations from the classroom. *J. Comput. Small Coll.*, 23(2), 33–39.
- Weinburgh, M. (1995). Gender differences in student attitudes towards science: a metaanalysis of the literature from 1970 to 1991. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 387-398.
- Welkowitz, J., Ewen, R. B., y Cohen, J. (1981). *Estadística aplicada a las Ciencias de la Educación*. Madrid: Santillana.
- Wentzel, K.R. (1997). Student Motivation in Middle School: The Role of Perceived Pedagogical Caring. *Journal of Educational Psychology*, N°. 3, pp. 411-419.
- Werbach, K. (2013). *Gamificación*. Fundación Factor Humà. Unidad de Conocimiento.
- Werbach, K. y Hunter, D. (2014) *Gamificación: revoluciona tu negocio con las técnicas de los juegos*, Madrid: Pearson Educación.
- Werbach, K., y Hunter, D. (2012). *For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business*. Wharton Digital Press.
- Whitton, N. y Moseley, A. (2010). *Using games to enhance learning and teaching: A beginner's guide*. London: Taylor and Francis.
- Williams, D., Caton, S. y Pathak, P. (2019). Measuring Learner Engagement to Create a Gameful Learning Environment. *National College of Ireland*. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/David_Williams170/publication/332734930_Measuring_Learner_Engagement_to_Create_a_Gameful_Learning_Environment/links/5cd13212299bf14d957ceb35/Measuring-Learner-Engagement-to-Create-a-Gameful-Learning-Environment.pdf
- Wolters, C. A., y Pintrich, P. R. (1998). Contextual differences in student motivation and self-regulated learning in mathematics, English, and social studies classrooms. *Instructional science*, 26(1), 27-47. doi: 10.1023/A: 1003035929216.
- Woodill, G. (2011). *The mobile learning edge*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Yager, R. E., y Penick, J. E. (1986). Perception of four groups towards science classes, teachers and value of science. *Science Education*.

- Yopasá, W. (2018). *Desarrollo de un videojuego para evaluar competencias en química* (TFM). UNIR. Recuperado de: https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/6530/YOPASA_CAMACHO_WILSON_TFM.pdf
- Yu, C.C.W., Chan, S., Cheng, F., Sung, R.Y.T., y Hau, K-T. (2006). Are physical activity and academic performance compatible? Academic achievement, conduct, physical activity and self-esteem of Hong Kong Chinese primary school children. *Educational Studies*, December, 32(4), 331-341.
- Zabalza, M. A. (2002). *La enseñanza universitaria: el escenario y los protagonistas*. Narcea, Madrid (España).
- Zeng, R. y Luyegu, E. (2012). Mobile Learning in Higher Education. En A. Olofsson, y J. Lindberg (Eds.), *Informed Design of Educational Technologies in Higher Education: Enhanced Learning and Teaching* (pp. 292-306). Hershey, PA: Information Science Reference. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-61350-080-4.ch015>
- Zichermann, G. y Cunningham, C. (2011). *Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media Inc.
- Zichermann, G. (2010). Fun is the future: Mastering gamification. *Google Tech Talk*. San Francisco, CA, U.S.A.: Google Tech Talk. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=6O1gNVeaE4g>
- Zurita, G. y Nussbaum, M. (2004). A Constructivist Mobile Learning Environment Supported by a Wireless Handheld Network. *Journal of Computer Learning and Education*. Didáctica, Innovación y Multimedia (DIM). Recuperado de <http://www.pangea.org/dim/revista.htm>
- Zurita, G., Nussbaum, M. y Salinas, R. (2005). Dynamic Grouping in Collaborative Learning Supported by Wireless Handhelds. *Educational Technology and Society*. Recuperado de http://www.ifets.info/journals/8_3/14.pdf

9. Anexos

9.1 Anexo 1: El germen de todo: DemoLab

9.1.1 Descripción y estructura general de DemoLab

DemoLab constituyó el germen que albergaba la estructura organizativa primaria que posteriormente se desarrolló completamente en *Top Chemist*. Aunque mucho más simple, aquí se gesta la idea de la industria química (figura 9.1) en un edificio en el que, a través de distintas plantas, los alumnos van aprendiendo distintos conceptos del currículum mientras se divierten jugando. Todas estas ideas que florecieron en *DemoLab*, sí se implementaron en *Top Chemist*. Es pues importante decir que *DemoLab* es una versión demo, que no ofrece ni tablas de clasificación, ni un recuento de puntos de ningún tipo, pero es importante por ser el germen que llevó a la creación del LDG *Top Chemist*.



Figura 9.1. Pantalla de inicio de *DemoLab*.

DemoLab se concibe pues como un *serious game* para aprender algunos conceptos de química. La estructura interior es muy sencilla y dividida en dos secciones, teoría y práctica. A continuación, se hará una breve descripción de esta demo, y sus virtudes.

Algo muy importante de *DemoLab* es que es un programa ejecutable que no necesita acceso a internet para poder jugar. Esto implica que no dispone de *backend* y no se pueden acumular datos de los usuarios, ya que, para poderse registrar la huella digital de cada usuario, dichos datos deberían guardarse en un servidor y necesariamente necesitaría estar conectado a internet.

Para finalizar decir que *DemoLab* se ofreció en lengua castellana, y sin posibilidad de cambio de idioma.

9.1.1.1 *Tratamiento de la teoría*

DemoLab ofrece dos bloques teóricos dedicados a aprender materiales de laboratorio y pictogramas de peligro. La manera en que esta aplicación ofrece la teoría es en forma de juego de tipo evaluativo, pero con una gran diferencia: al final del proceso no ofrece un resumen de tus resultados ni los puntúa. En ella los alumnos van aprendiendo a base de ensayo y error. Las preguntas van apareciendo en la pantalla y las respuestas aparecen en forma de opción múltiple, a elegir entre cuatro respuestas posibles. Una batería de veinticinco preguntas va apareciendo de manera rotativa y aleatoria. El único *feedback* que hay es si la respuesta es correcta o incorrecta. En la sección teórica no hay límite de aparición de las preguntas, que van repitiéndose hasta que se decide abandonar esta sección de teoría.

9.1.1.2 *Tratamiento de los juegos*

Cuando hablamos de motores de juego, estamos hablando del código que implementará la lógica del juego. En él se leerá la entrada del usuario, actualizará la posición de cada elemento en la escena, comprobando las posibles interacciones entre ellos, y dibujará todo este contenido en la pantalla (<http://www.jtech.ua.es/dadm/restringido/juegos/sesion01-apuntes.pdf>). En este sentido *DemoLab* ofrece tres motores de juego distintos, los mismos que más adelante se perfeccionaron en *Top Chemist*.

Los dos primeros videojuegos corresponden a las dos primeras subunidades teóricas y están diseñados para practicar la lección aprendida en el apartado teórico. Un tercer motor de juego

no contiene bloque teórico puesto que no hubo tiempo para finalizarlo, y simplemente ofrece el videojuego.

Encontramos pues, tres tipologías de motores de videojuego en *DemoLab*. A continuación, se realiza una breve descripción de cada uno.

1. Juego de identificación.

Este motor de juego está diseñado para aprender los materiales de laboratorio. La historia simula que el jugador se encuentra en la zona de carga de la compañía y su misión es la de ir cargando los cinco camiones que están esperando ser llenados con los materiales de laboratorio que se especifiquen.

El material va apareciendo en la zona de carga esperando a ser cargado y el jugador debe arrastarlo hasta el camión correspondiente. Para llenar al completo un camión se necesitan diez materiales de laboratorio iguales.

A continuación, se muestran imágenes de *DemoLab* (figura 9.2).

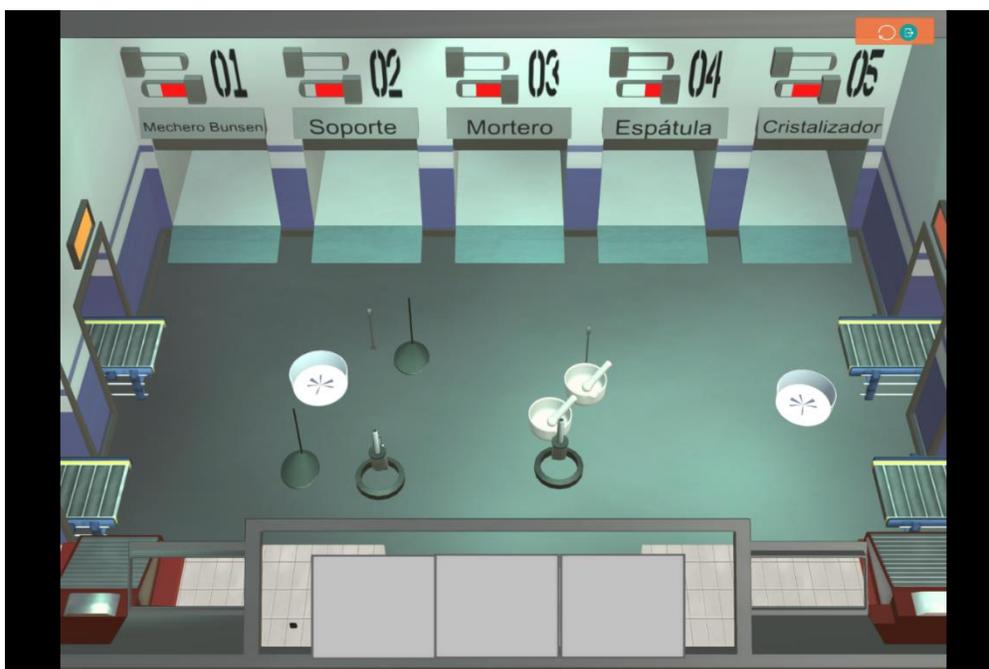


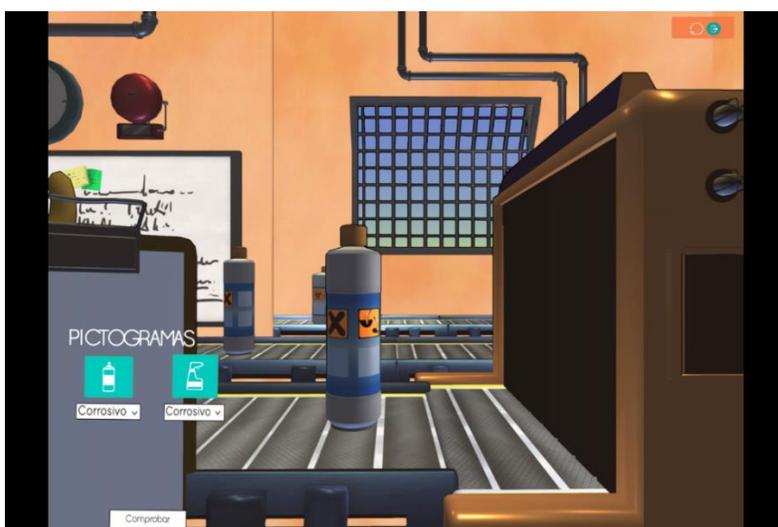
Figura 9.2. Pantalla del videojuego de la zona de carga de *DemoLab*.

2. Juego de reconocimiento.

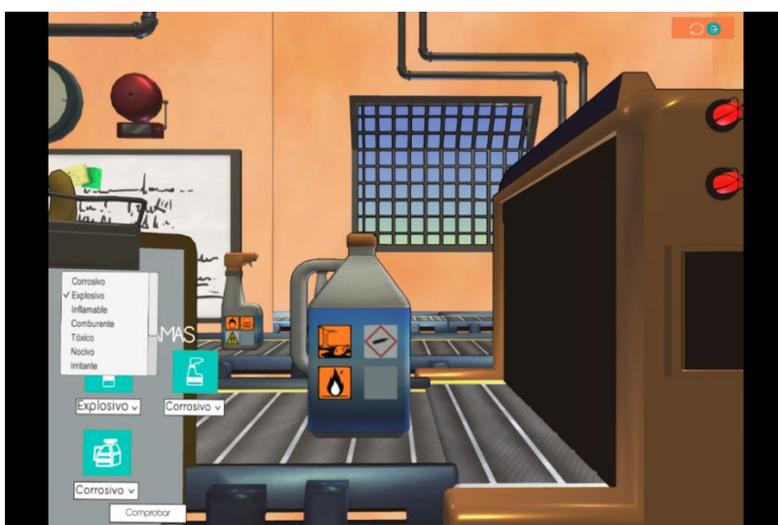
La segunda mecánica consiste en reconocer el tipo de pictograma etiquetado en envases de productos químicos.

El jugador se encuentra en una línea de producción de productos químicos en la que van apareciendo determinados envases que contienen sustancias peligrosas. Su misión consiste en reconocer dichos pictogramas en cada una de las etiquetas.

A continuación, se muestran varias imágenes del juego en funcionamiento (figuras 9.3a. y 9.3b.).



Figuras 9.3a. Pantallas del videojuego de pictogramas de *DemoLab*.



Figuras 9.3b. Pantallas del videojuego de pictogramas de *DemoLab*.

3. Juego de cinta

En la tercera tipología de motor de juego el jugador se encuentra en una sala donde se transportan materiales. Su misión es procurar que la mercancía que circula en una cinta de tres líneas llegue sana y salva a su destino. Para poder elegir la cinta correcta, el jugador deberá contestar correctamente todas las preguntas que se van formulando a lo largo de la partida. Las preguntas son de elección múltiple con tres posibles respuestas. Para poder seguir transportando la mercancía y que llegue correctamente a su destino, el jugador deberá elegir la respuesta correcta de las tres que se sugieren.

A continuación, se muestran algunas imágenes del videojuego (figura 9.4).



Figura 9.4. Pantalla del videojuego de las cintas de *DemoLab*.

9.1.1.2.1 Descripción del edificio

Al ingresar por primera vez en *DemoLab* se accede a la recepción de edificio, desde el cual se podía acceder al vestuario o al edificio. Una vez se accede a éste, la *app* ofrecía el acceso a dos unidades. A continuación, se describen cada uno de estos.

1. Recepción

Es el punto por el cual se accede al videojuego, y a la vez el lugar desde el cual se accede al edificio, donde encontramos la teoría y los juegos, o al vestuario (figura 9.5).



Figura 9.5. Pantalla del recibidor de *DemoLab*.

2. Vestuario

El vestuario únicamente permite elegir el sexo del alumno, aunque la aplicación no permite ningún tipo de registro (figura 9.6).



Figura 9.6. Pantalla del vestuario de *DemoLab*.

9.1.1.2.2 Organización del edificio de DemoLab

1. Unidad 1.

Esta unidad se encuentra en la planta baja del edificio. Aquí encontramos dos subunidades teóricas. Una dedicada a aprender pictogramas y la otra a aprender materiales de laboratorio.

Estas subunidades se conforman de una parte teórica (anteriormente explicada) y una práctica, que es la del videojuego.

La primera subunidad está dedicada a los pictogramas de peligrosidad. La segunda es la dedicada a materiales de laboratorio (figuras 9.7a. y 9.7b.).



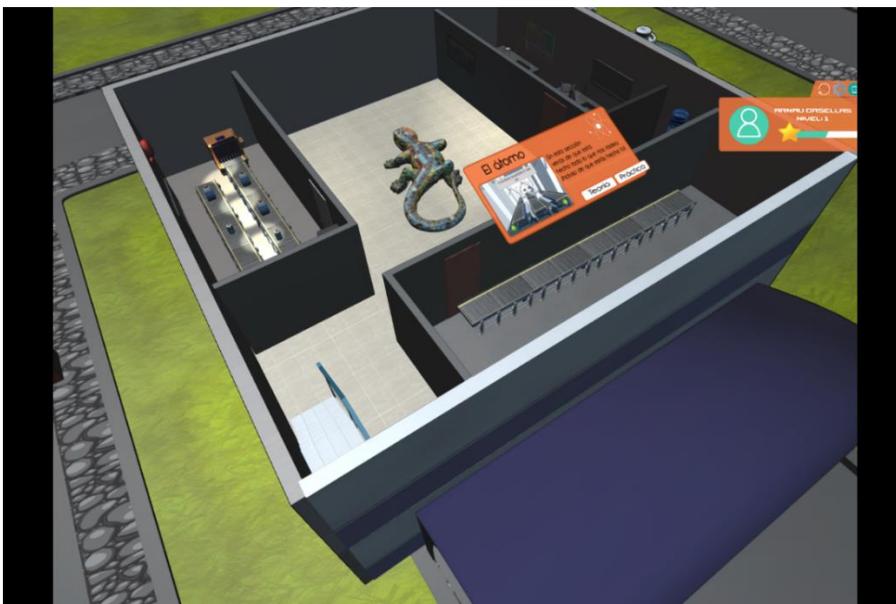
Figuras 9.7a. Pantallas de las vistas de la planta 1 de *DemoLab*.



Figuras 9.7b. Pantallas de las vistas de la planta 1 de *DemoLab*.

2. Unidad 2.

Esta unidad es la última que ofrecía *DemoLab*. Aunque está dedicada al átomo, no ofrece parte teórica y únicamente tiene disponible el juego anteriormente mencionado de las cintas (figura 9.8).



Figuras 9.8. Pantalla de las vistas de la planta 2 de *DemoLab*.

9.2 Anexo 2: Un paso de gigante: De DemoLab a *Top Chemist*

DemoLab constituyó la semilla, la célula que albergó la estructura organizativa primaria que posteriormente se desarrolló completamente en *Top Chemist*. Aunque mucho más amateur, con todas las deficiencias que la falta de experiencia suele provocar, *DemoLab* sirvió de trampolín, de ejemplo para convencer a un programador senior a embarcarse en el proyecto tan complicado y ambicioso a la vez que ilusionante de desarrollar el primer libro digital gamificado.

9.2.1 *Top Chemist*

9.2.1.1 *Descripción estructura general*

Antes de empezar con la descripción, conviene señalar que una de las grandes diferencias de *Top Chemist* frente a *DemoLab* es que el primero necesita conexión a internet, ya que dispone de un *backend* que va acumulando datos de los usuarios en un servidor.

Dicho esto, *Top Chemist* se concibe como un macro videojuego para aprender química. A continuación, explicaremos porqué lo de *macro*, pero antes hablaremos de que se concibe con la finalidad de aumentar la motivación del alumnado hacia la materia de química, así como de servir de complemento a los materiales didácticos tradicionales.

Pero la concepción de *Top Chemist* como un LDG y no como un videojuego educativo o un *serious game*, que bien podría recibir esta calificación, se basa en diferentes pero determinantes razones. La razón principal es que lo que se pretendió con *Top Chemist* fue crear un libro digital, puesto que está basado en un soporte digitalizado, y se basa en el currículum de química de 3º de ESO, pero simultáneamente se encuentra inmerso en un gran videojuego, donde cada alumno ingresa con su propio personaje. De ahí que se denomine “gamificado”.

El prefijo macro previamente mencionado obedece a que esta gran estructura llamada LDG, alberga otros videojuegos que ayudan a practicar los conceptos teóricos tratados previamente.

Cada alumno ingresa en una industria química con un personaje como becario en prácticas. La compañía se encarga de la formación de todos sus becarios y les ofrece formación teórica, para

que puedan prosperar dentro de la empresa. Después de cada formación teórica deben realizar sus horas de trabajo y entrenamiento en sus distintos departamentos según los contenidos que trabajen. Este entrenamiento siempre es un videojuego en el que también obtienen otro tipo de puntos que les servirán para otras finalidades y que se comentarán más adelante. Finalmente, la compañía los pone a prueba para evaluar sus conocimientos. Son en estos *tests* de prueba donde el becario puede demostrar los conocimientos que ha adquirido a lo largo de sus horas de formación y entrenamiento. La compañía los va premiando con *matraces Erlenmeyer de oro*. A medida que van acumulando *Erbys de oro*, la empresa va premiándolos con una subida de rango en el organigrama de la empresa. El rango más alto que se puede conseguir es el de director general.

Se puede observar claramente que en la estructura inicial de *Top Chemist* se encuentran embebidos dos de los más importantes principios de gamificación, el *storytelling* y la competición.

En el LDG, la empresa de química aparece en forma de un edificio de 6 plantas. Antes de realizar una descripción más detallada de cada una de ellas, se pasa a detallar su estructura básica y aspectos organizativos, por ejemplo, la manera en que cada personaje puede interactuar con ésta, etc.

Cuando un usuario ingresa por primera vez en el LDG, aparecen dos personajes a recibirlos, los dos únicos personajes de la empresa: una recepcionista y el profesor chiflado de la empresa, el doctor Wagenknechter, o simplemente Doc. Estos dos personajes le muestran la compañía, le explican el funcionamiento de la empresa y lo que se espera de él o ella durante su estancia en la empresa. Al científico loco, Doc, lo encontrarán siempre en los laboratorios de cada planta; él será el responsable de su formación, les proporcionará los conocimientos teóricos que necesitan aprender para ir escalando en el organigrama y allí lo encontrarán siempre que tengan dudas respecto a la teoría.

Cada una de las seis plantas está dividida en distintos departamentos, cada uno dedicado a un tipo de contenidos, pero relacionados entre sí.

A medida que se va subiendo de planta, se va avanzando en el currículum de la materia de química; es decir, puesto que se trata de una materia acumulativa (Sanmartí, 1992), para ir avanzando en los contenidos se necesitan conocimientos previos, o pre-requisitos conceptuales

(Jorba y Caselles, 1997). Las plantas más bajas son de una dificultad menor, y a medida que se van completando la dificultad va *in crescendo*. Antes de sumergirnos en una descripción más detallada de qué encontraremos en cada planta, comentamos la estructura común que las caracteriza.

Todos los departamentos temáticos, entendiéndose estos como contenidos teóricos, y no temas comunes de un libro de texto tradicional, se encuentran divididos en tres secciones: la teoría, la práctica y el examen. A continuación, se detallan cómo se ha desarrollado cada sección.

Es importante señalar que cada vez que se accede a un bloque nuevo, de los tres botones a los que se puede acceder (teoría, juego y prueba), solamente el primero está desbloqueado. Esto se debe a que, para evitar que los alumnos accedan directamente al juego deben antes desbloquearlo pasando como mínimo una vez por la teoría. Cuando esto ha ocurrido, solamente entonces puede acceder a los juegos, pero no a la prueba de bloque final. Esto solamente será posible cuando haya obtenido unas puntuaciones mínimas de 80% en las tres últimas partidas de manera consecutiva. Cuando esto se cumple, se desbloquea el *Test*, y una vez lo empiezan únicamente tienen una oportunidad para hacerlo. Su nota y la cantidad de Erlys que obtengan dependerá únicamente de una sola oportunidad. Esto se le recuerda muy bien para que lo tengan bien presente antes de presentarse a la prueba que la empresa les realiza.

9.2.1.1.1 Teoría

La teoría proporcionada por el LDG *Top Chemist* sigue el currículum de la materia de química, tanto el de la ESO del programa español como el del estado de Florida, en los Estados Unidos de América. Este sigue el orden básico de aprendizaje de los conceptos iniciales de química y por ello se puede decir que se adapta fielmente a los estándares de aprendizaje de esta materia.

Al acceder a la parte teórica, aparece el profesor loco (figura 9.9.) en primera línea de pantalla. Él es el encargado de explicar con subtítulos, a modo de cómic, cada concepto de química. Detrás de él hay una pizarra digital que va alternando imágenes y animaciones que ejemplifican cada uno de los conceptos que el profesor va explicando.

1.1 Modelo de Rutherford

+

Protón

=

Neutrón

•

Electrón

Además, la masa de los neutrones y de los protones es prácticamente igual.

17/22

Figura 9.9. Pantalla del contenido teórico “Modelo de Rutherford” del LDG *Top Chemist*.

Cada bloque teórico puede constar de entre 13 y 40 diapositivas, en las que el doctor se explyea en sus explicaciones. El alumno puede interactuar con la pizarra digital a dos niveles; en primer lugar, puede controlar el paso de cada una de estas diapositivas a su ritmo y según sus necesidades. Y, en segundo lugar, en muchas de las secuencias teóricas tiene la opción del zoom, de manera que puede ampliar, mover y explorar con más detalle el objeto, imagen o animación que en el momento se esté reproduciendo en la pizarra digital del profesor.

2.2 Tabla Periódica

Protón

Neutrón

Electrón

Por ejemplo, el Número atómico del Oxígeno es $Z=8$. Es decir, tiene 8 protones en su núcleo, y 8 electrones en su corteza.

16/33

Figura 9.10. Pantalla del contenido teórico “Tabla periódica” del LDG *Top Chemist*.

No obstante *Top Chemist* ofrece una manera particular y puede que única a la hora de administrar dichos contenidos. A contrario que un libro de texto tradicional, en el que existe una contextualización, una información adicional, un antes y un después y un porqué se llega a tal o cual teoría y no a otra, la parte teórica del LDG se enfoca en los conceptos clave, los que los profesores deseáramos que ante todo los alumnos retuviesen después de cursar la asignatura, se concentra en lo que realmente acaba pidiéndose a los alumnos que aprendan o retengan de la asignatura. La atención sobre la contextualización se realiza de otra manera, apoyando todos y cada uno de los conceptos tratados con imágenes y animaciones que les ayuden a visualizar lo que el profesor Doc les está explicando (figuras 9.11a., 9.11b., 9.12, 9.13a., 9.13b., 9.13c. y 9.13d.).

adm

1.3 Isótopos

Protio	Deuterio	Tritio
$Z = 1$	$Z = 1$	$Z = 1$
$A = 1$	$A = 2$	$A = 3$
$N = 0$	$N = 1$	$N = 2$

1. N
2. Nú
3. Is

Y por último el Tritio, que su número másico es de $A = 3$, cuántos neutrones crees que tendrá?

11/20

Figura 9.11a. Pantalla del contenido teórico “Isótopos” del LDG *Top Chemist*.

adm 1.3 Isótopos

${}^6\text{C}$
CARBONO

Carbon-14
 ${}^{14}_6\text{C}$

$Z = ?$
 $A = 14$
 $N = ?$

1. Núm
2. Núm
3. Isótopos

Su Número Másico es de $A=14$. En otras palabras, el número total de partículas dentro su núcleo es de 14.

15/20

Figura 9.11b. Pantalla del contenido teórico “Isótopos” del LDG *Top Chemist*.

adm 4.1 La reacción química

$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$

Existen dos tipos de reacciones, **reversibles** o **irreversibles**.

1. La Re
2. A

15/40

Figura 9.12. Pantalla del contenido teórico “La reacción química” del LDG *Top Chemist*.

adm 4.2 Ajuste de reacciones

Atomos de los reactivos		Atomos de los productos	
$N_2 + H_2$		$2 NH_3$	
2	=	2	
2	<	6	

DESQUILIBRADO

24/43

1. La Reacción Química
2. Ajuste de reacciones

Si nos fijamos en la reacción de la pizarra podemos sacar las siguientes conclusiones: Con una molécula de Nitrógeno podríamos obtener 2 moléculas de Amoníaco.

Figura 9.13a. Pantalla del contenido teórico “Ajuste de reacciones” del LDG *Top Chemist*.

adm 4.2 Ajuste de reacciones

Atomos de los reactivos		Atomos de los productos	
$N_2 + 3 H_2$		$2 NH_3$	
2	=	2	
6	=	6	

EQUILIBRADO

26/43

1. La Reacción Química
2. Ajuste de reacciones

Para equilibrar la reacción necesitamos 4 átomos más de hidrógenos en los reactivos. Esto lo conseguimos añadiendo 2 moléculas más de H_2 .

Figura 9.13b. Pantalla del contenido teórico “Ajuste de reacciones” del LDG *Top Chemist*.

adm 4.2 Ajuste de reacciones

$$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$$


27/43

1. La
2. A

Ya tenemos ajustada la reacción. En la pizarra puedes ver cómo queda.

químicas

Figura 9.13c. Pantalla del contenido teórico “Ajuste de reacciones” del LDG *Top Chemist*.

adm 4.2 Ajuste de reacciones

$$\cancel{8 \text{ moles de NH}_3} \times \frac{3 \text{ moles de H}_2}{\cancel{2 \text{ moles de NH}_3}} = 12 \text{ moles de H}_2$$

41/43

1. La P
2. A

Resolviendo la operación tenemos que para sintetizar 8 moles de NH_3 necesitamos 12 moles de N_2 en los reactivos.

Figura 9.13d. Pantalla del contenido teórico “Ajuste de reacciones” del LDG *Top Chemist*.

Es por esta razón que *Top Chemist* se concibe como una herramienta de apoyo al profesor en el aula y fuera de ella (figura 9.14a.), una herramienta que ayude a motivar a los alumnos y que les proporcione los conocimientos más necesarios de adquirir, adaptándose a sus necesidades. A su vez, permite al profesor dedicar más tiempo a ayudar de manera más personalizada a cada alumno y a darle más libertad para poder dedicarse a contextualizar todos estos contenidos que *Top Chemist* proporciona (figura 9.14b.).

2.1 Niveles de energía

Ca CALCO

Diagrama de MShell

Niveles	Electrones
1	2
2	8
3	8
4	2

Z=20

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

El Calcio (Z=20), tiene 20 electrones y estos empiezan a ocupar los distintos niveles de energía progresivamente hasta llegar al cuarto nivel de energía.

25/28

Figura 9.14a. Pantalla del contenido teórico “Niveles de energía” del LDG *Top Chemist*.

3.2 Masa atómica y masa molar.

H hidrógeno
1 mol de H₂O
6,02 x 10²³ moléculas

S AZUFRE
1 mol de Azufre
6,02 x 10²³ átomos

C CARBONO
1 mol de CO₂
6,02 x 10²³ moléculas

O OXÍGENO

$M(H_2O) = 2(1,008) + 15,99 = 18,00 \text{ g/mol}$

$M(S) = 32,07 = 32,07 \text{ g/mol}$

$M(CO_2) = 12,01 + 2(15,99) = 43,99 \text{ g/mol}$

Como ves, 1 mol de Dióxido de Carbono pesa más que 1 mol de Azufre que a su vez pesa más que 1 mol de Agua.

20/34

Figura 9.14b. Pantalla del contenido teórico “Masa atómica y masa molar” del LDG *Top Chemist*.

Cada vez que un alumno quiere empezar un bloque teórico nuevo, debe necesariamente pasar una vez por la teoría antes de poder empezar a jugar. De esta manera se garantiza que al menos una vez se recorre la teoría (figura 9.15a.).



Figura 9.15a. Pantalla del contenido teórico “Pictogramas de Peligro” del LDG *Top Chemist*.

Cuando se finaliza una partida, el programa siempre te da tres opciones, la opción de repasar los contenidos teóricos para resolver las dudas que te quedan, seguir jugando o directamente acceder a la prueba que la empresa hace a cada trabajador (figura 9.15b.).



Figura 9.15b. Pantalla del contenido teórico “Pictogramas de Peligro” del LDG *Top Chemist*.

9.2.1.1.2 ***Práctica. Los mini videojuegos.***

Como se ha descrito anteriormente, existe la misma cantidad de videojuegos que de bloques teóricos, es decir, trece. Éstos están diseñados para practicar, a través de un juego, lo aprendido en el apartado teórico.

A medida que se va jugando, se van obteniendo otro tipo de puntos, que se acumulan en el perfil de cada jugador. Éstos no tienen repercusión directa con el rango del usuario del organigrama, puesto que no se pueden intercambiar por Erlys de oro, ya que éstos únicamente se pueden conseguir en la prueba final de cada bloque teórico que hace la empresa; pero aún así, son un incentivo más al jugador. La idea de introducir estos puntos para un futuro es que éstos se puedan intercambiar por prendas de ropa para el avatar, etc.

9.2.1.1.3 ***Tipos de videojuegos***

Encontramos tres tipologías de videojuegos en *Top Chemist*. A continuación, los describimos.

1. Juego de identificación

El primer motor de juego que encontramos en *Top Chemist* es uno dedicado a la identificación de materiales de laboratorio. Volviendo a la historia de *Top Chemist*, en este videojuego el jugador se encuentra en el *parking* de la compañía, en la zona de carga y descarga de materiales. Su misión será la de ir llenando los camiones de los materiales de laboratorio que se especifiquen. Como en todo juego, la componente tiempo juega un papel importante, así que desde que llega cada camión, los estudiantes tienen un tiempo determinado para cargarlo. Para ello, deberán seleccionar justo el material que se requiere de entre muchos que van acumulándose en la zona de carga. Como mucho, pueden equivocarse cinco veces de materiales cuando cargan los camiones. Si se equivocan una sexta vez, la partida se cancela y han perdido, no recibiendo ningún punto por ello.

En la zona de descarga pueden cargar hasta 4 camiones a la vez. Cada camión se queda 3 minutos esperando a ser llenado; de no completarse la carga, el camión se marcha y llega otro en su lugar pidiendo otro tipo de material de laboratorio.

El llenado de camiones se realiza seleccionando el material que va apareciendo y pulula por la zona de carga esperando a ser cargado y arrastrándolo al camión correspondiente. Para llenar al completo un camión se necesitan cinco materiales de laboratorio iguales.

Como en toda dinámica de juego, el nivel de dificultad es crucial y debe ir en aumento a medida que avanza la partida. En este caso el incremento gradual de la dificultad consiste en que, a medida que avanza la partida, más camiones necesitan ser llenados y de un camión inicial se puede llegar hasta cuatro, incrementando obviamente el estrés del jugador, al que se le acumula el trabajo.

Cuando hay acumulación de materiales en la zona de carga, para liberar espacio y siempre que no se necesiten cargar, se pueden incinerar con dos hornos que se encuentran uno a cada lado de la zona de carga (figura 9.16a. y 9.16b.).



Figura 9.16a. Pantalla del juego “Materiales de laboratorio” del LDG *Top Chemist*.



Figura 9.16b. Pantalla del juego “Materiales de laboratorio” del LDG *Top Chemist*.

2. Juego de etiquetar

Una segunda mecánica de juego consiste en etiquetar productos químicos según la categoría de peligrosidad. Este juego se encuentra en la primera planta y corresponde al bloque temático de los pictogramas de peligrosidad en la materia de química.

El juego consiste en una línea de producción de productos químicos en la que van apareciendo determinados envases que contienen sustancias peligrosas. La misión del jugador consiste en identificar las etiquetas que dichos envases portan; en otras palabras, reconocer qué tipo de pictograma corresponde a cada etiqueta.

Como siempre el tiempo es clave para cualquier dinámica de juego y en este caso también existe un tiempo limitado, de 30 segundos, para etiquetar cada envase. Al igual que sucede en el juego anterior, también existe un incremento gradual de la dificultad, que esta vez se refleja en el número de etiquetas que contiene el producto. Se empieza por una y gradualmente se llega hasta cuatro.

A continuación, se muestran varias imágenes del juego en funcionamiento (figuras 9.17a., 9.17b., 9.17c. y 9.17d.).



Figura 9.17a. Pantalla del juego “Pictogramas de Peligro” del LDG *Top Chemist*.



Figura 9.17b. Pantalla del juego “Pictogramas de Peligro” del LDG *Top Chemist*.



Figura 9.17c. Pantalla del juego “Pictogramas de Peligro” del LDG *Top Chemist*.



Figura 9.17d. Pantalla del juego “Pictogramas de Peligro” del LDG *Top Chemist*.

3. Juego de Cinta

La última tipología de motor de juego la encontramos a partir del tercer bloque teórico hasta el decimotercero. En este videojuego el jugador está manipulando sustancias altamente peligrosas que se transportan en una cinta de tres líneas. La misión del jugador es procurar que la mercancía llegue sana y salva a su destino. Para ello deberá contestar correctamente todas las preguntas que se van formulando a lo largo de la partida. Se trata de un juego de elección múltiple y para ir superando cada fase del juego deben elegir la respuesta correcta de las tres que se sugieren.

La elección de una respuesta u otra hace que una mano robótica traslade la mercancía de una cinta a otra. Si la elección es correcta, la mercancía peligrosa podrá pasar a la siguiente cinta, donde surgirá otra pregunta relacionada con el correspondiente bloque temático. En caso de elegir la respuesta incorrecta, la mercancía quedará en una línea equivocada y una prensa mecánica que se encuentra al final de las tres líneas destruirá el producto, que al ser inflamable realiza una pequeña explosión e inicia un fuego que empieza a romper la cinta transportadora. Al tercer error la cinta se rompe completamente y se termina la partida.

Para completar el videojuego, se deben contestar correctamente o con menos de tres fallos, siete preguntas. Es importante mencionar que en cada bloque teórico se generan de 15 a 130 preguntas, dependiendo de la densidad y dificultad del contenido teórico, que aleatoriamente se disparan en cada partida. Es decir, necesariamente existirá una repetición de preguntas, pero es altamente improbable que éstas salgan en el mismo orden y en la misma posición de respuesta. En otras palabras, es imposible que ningún alumno pueda memorizar patrones de respuesta de opción múltiple.

Como siempre, la temporización vuelve a ser una dinámica de juego clave. En este caso no hay una temporización estándar. Puesto que cada tipo de pregunta requiere un tiempo de respuesta, se ha diseñado de manera que las preguntas que requieren cálculos tengan mayores tiempos de respuesta que las que son más instantáneas. Así pues, estos tiempos varían de entre 20 segundos a 5 minutos.

A continuación, se muestran algunas imágenes del videojuego (figuras 9.18a., 9.18b., 9.18c. y 9.18d.).

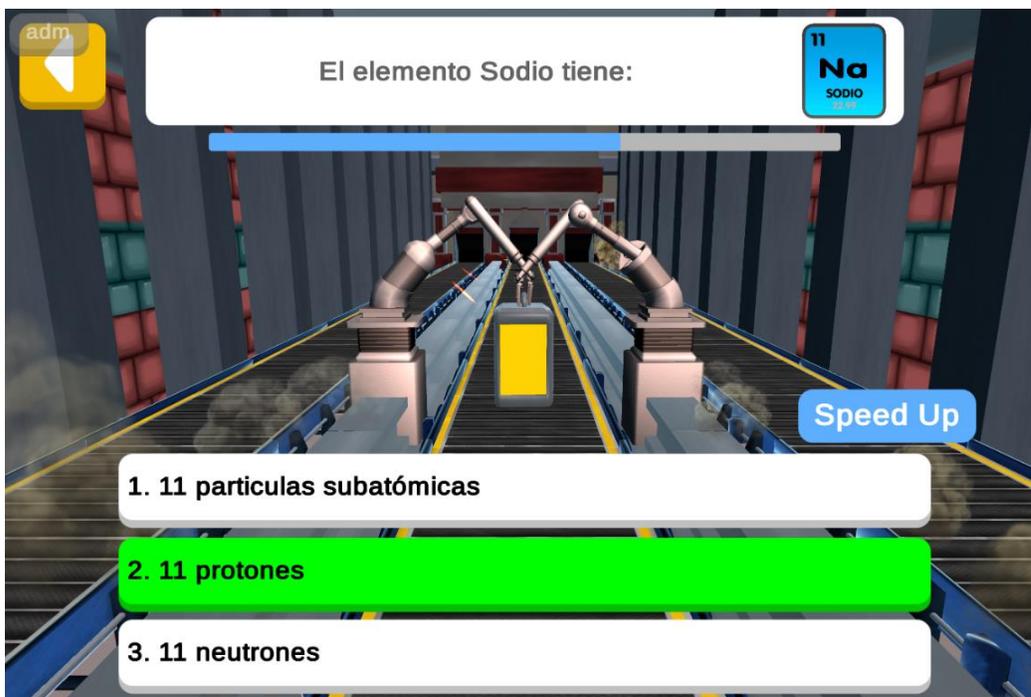


Figura 9.18a. Pantalla del “Juego de cinta” del LDG *Top Chemist*.

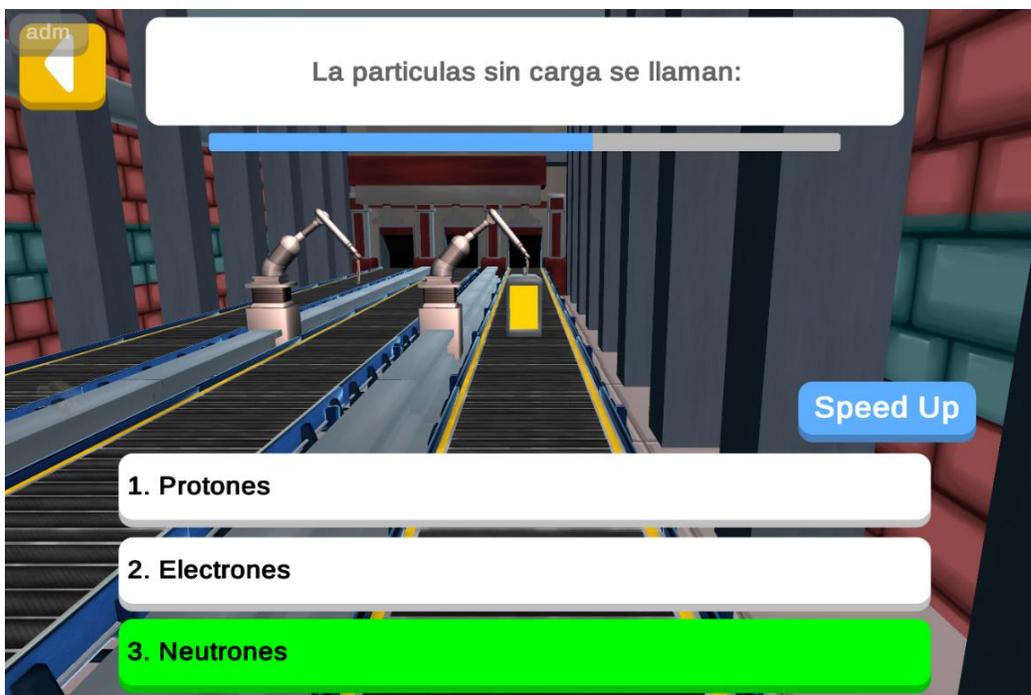


Figura 9.18b. Pantalla del “Juego de cinta” del LDG *Top Chemist*.



Figura 9.18c. Pantalla del “Juego de cinta” del LDG *Top Chemist*.



Figura 9.18d. Pantalla del “Juego de cinta” del LDG *Top Chemist*.

9.2.1.1.4 La prueba. El test.

Como se ha dicho anteriormente, existe una prueba final para cada bloque teórico. Únicamente es posible realizarla una vez, y en ella se pone a prueba los conocimientos del bloque teórico correspondiente adquiridos por el jugador. Es en esta prueba donde cada jugador se juega ganar los 5 Erlys de oro, es decir el 100% de aciertos, que le ayudarán a promocionar dentro de la empresa, o menos.

En la tabla 9.1 se detallan las equivalencias entre la cantidad de Erlys de oro y el porcentaje de aciertos.

Tabla 9.1. Cantidad de Erlys de oro que corresponde según el porcentaje de aciertos del *test*.

% de Acierto	Cantidad de “Erlys de oro”
95-100%	5
85-95%	4
70-84%	3
60-69%	2
50-59%	1
>50%	0

Recordemos que para que el alumno pueda acceder a la prueba final que le propone la empresa, debe haber desbloqueado antes el *Test final*. Esto sólo era posible si antes había conseguido realizar tres partidas seguidas obteniendo un mínimo de 80% de aciertos en cada una. Sólo en este momento, una vez el LDG desbloquea el acceso al *Ponte a prueba*, es cuando, si el alumno se siente preparado, puede acceder a la prueba que la empresa le realiza (figura 9.19).



Figura 9.19. Pantalla del diálogo “Ponte a prueba” del LDG *Top Chemist*.

Cada *test* final cuenta con una batería de entre 10 y 13 preguntas de elección múltiple a elegir entre 4 respuestas posibles. Igual que sucede en los juegos, es altamente improbable que se repita un *Test* final, ya que una cantidad de entre 25 y 98 preguntas, según el contenido tratado, se dispara aleatoriamente y las respuestas de cada pregunta van permutándose entre las distintas posiciones, entre A, B, C y D. Se diseñó de esta manera por dos motivos. El primero es obvio, evitar que se pudiesen pasar las respuestas entre ellos una vez uno lo hiciese. El segundo motivo fue para permitir al profesor utilizar estas mismas pruebas como exámenes, y que pudiese hacerlos en el aula sin necesidad de preocuparse por que se copiasen entre ellos.

Otro factor del diseño de la prueba final importante a remarcar es que ningún *Test* final tiene tiempo. No se trata de un juego, así que el factor tiempo no existe y los alumnos tienen todo el tiempo necesario para realizarlo; únicamente hay la limitación de tiempo que el profesor les adjudique para su realización.

En este sentido el LDG *Top Chemist* ha ofrecido a los profesores que han querido utilizarla, una herramienta de evaluación y de seguimiento del trabajo y dedicación de sus alumnos hacia la materia de química.

A continuación, se muestran algunas imágenes de los *tests* finales (figuras 9.20a., 9.20b., 9.20c. y 9.20d.).

adm

¿Cuántas moléculas hay en 20 moles de C_3H_8 ?

6 C CARBONO 12,01

1 H HIDROGENO 1,008

1. $1,2 \times 10^{25}$ moléculas

2. $1,1 \times 10^{25}$ moléculas

3. $1,4 \times 10^{25}$ moléculas

Figura 9.20a. Pantalla de *Test* del LDG *Top Chemist*.

adm

¿Cuántos moles hay en 32 g de Na_2CO_3 ?

11 **Na**
SODIO
22.99

6 **C**
CARBONO
12.01

8 **O**
OXÍGENO
16.00

1. 0,6 moles

2. 0,45 moles

3. 0,3 moles

Figura 9.20b. Pantalla de *Test* del LDG *Top Chemist*.

adm

¿Cuántos átomos hay en 70 g de Plata (Ag)?

47 **Ag**
PLATA
107.87

1. $2,2 \times 10^{23}$ átomos

2. $3,9 \times 10^{23}$ átomos

3. $4,2 \times 10^{23}$ átomos

Figura 9.20c. Pantalla de *Test* del LDG *Top Chemist*.



Figura 9.20d. Pantalla de *Test* del LDG *Top Chemist*.

9.2.1.1.5 Descripción de las plantas

En cada planta encontramos un máximo de tres contenidos teóricos.

1. Planta 0 (Planta baja)

En la planta baja del edificio se encuentran la recepción y el vestuario (figura 9.21).



Figura 9.21. Pantalla de Planta 1 del LDG *Top Chemist*.

- Recepción

En la recepción los alumnos tienen acceso a dos pestañas que les da información sobre su perfil, logros y evolución dentro del videojuego.

En una primera pestaña aparecen las Puntuaciones. Allí encontrará la cantidad de Erllys de oro total que posee y los resultados que ha obtenido en cada uno de los 13 bloques teóricos. Estos resultados se representan de dos formas: el porcentaje de aciertos que ha obtenido en cada prueba final y la cantidad de Erllys de oro obtenidos en cada una de dichas pruebas (figuras 9.22a. y 9.22b).



Figura 9.22a. Pantalla de Puntuaciones del LDG *Top Chemist*.



Figura 9.22b. Pantalla de Puntuaciones del LDG *Top Chemist*.

En una segunda pestaña aparece el organigrama de la empresa, dónde sitúa al jugador en un cargo dentro del organigrama. Esta es una representación en forma de escalera ascendente hacia la derecha (figura 9.23).



Figura 9.23. Pantalla de Organigrama del LDG *Top Chemist*.

- Vestuario

Hasta ahora el vestuario únicamente permite elegir el sexo del alumno. En un futuro próximo se tiene previsto ampliar sus funciones para que se puedan intercambiar los puntos obtenidos en el juego por prendas de ropa y demás accesorios para el avatar. En la figura 9.24. se puede ver una imagen del actual vestuario de *Top Chemist*.



Figura 9.24. Pantalla de Cambiador del LDG *Top Chemist*.

2. Planta 1

En la primera planta del edificio se encuentra el primer bloque teórico de *Top Chemist*, el estudio de los pictogramas de las sustancias peligrosas. En total se estudian los 13 pictogramas más importantes que ven en el currículum de la materia.

En esta planta también se encuentra el juego de etiquetaje de materiales peligrosos y que es el correspondiente al primer bloque teórico (figura 9.25).



Figura 9.25. Pantalla de Planta 1 del LDG *Top Chemist*.

3. Planta 2

En la segunda planta del edificio se encuentra el segundo bloque teórico de *Top Chemist*, a saber, Materiales de laboratorio. En esta planta se encuentra el garaje de la compañía, es decir la zona de carga y descarga de materiales de laboratorio (figura 9.26).



Figura 9.26. Pantalla de Planta 2 del LDG *Top Chemist*.

4. Planta 3

A partir de la tercera planta del edificio hasta la planta sexta, empieza lo que se conoce como química teórica. Cada planta alberga tres bloques de contenidos teóricos hasta llegar a completar los 13 que el LDG ofrece (figura 9.27).

En esta planta 3 se encuentran los siguientes bloques teóricos:

- Modelo de Rutherford
- Número atómico y número másico
- Isótopos



Figura 9.27. Pantalla de Planta 3 del LDG *Top Chemist*.

5. Planta 4

En la cuarta planta del edificio se encuentran los bloques teóricos sexto, séptimo y octavo que ofrece el LDG de *Top Chemist*, (figura 9.28.), a saber:

- Niveles de energía
- La tabla periódica
- Tipos de enlaces



Figura 9.28. Pantalla de Planta 4 del LDG *Top Chemist*.

6. Planta 5

En la quinta planta del edificio se encuentran los bloques teóricos noveno, décimo y undécimo que ofrece el LDG de *Top Chemist*, (figura 9.29.), a saber:

- Concepto de mol
- Masa atómica y masa molar
- Estequiometría



Figura 9.29. Pantalla de Planta 5 del LDG *Top Chemist*.

7. Planta 6

En la sexta y última planta del edificio se encuentran los dos últimos bloques teóricos ofrecidos por el LDG de *Top Chemist*, el decimosegundo y el decimotercero (figura 9.30).

- La reacción química
- Ajuste de reacciones químicas



Figura 9.30. Pantalla de Planta 6 del LDG *Top Chemist*.

9.2.1.1.6 Bloques teóricos

9.2.1.1.6.1 ¿Por qué se eligieron estos contenidos y no otros?

Las elecciones de los contenidos tratados en el LDG obedecen a distintas razones, pero fundamentalmente se trataron los conceptos que los alumnos reconocieron que les resultaban más difíciles de entender según los resultados de las primeras encuestas informativas que se realizaron a 157 alumnos y que facilitaron información crucial para la creación de *Top Chemist*.

Otras razones obedecen a motivos meramente económicos; recordemos que el capital ha sido en todo momento una limitación a la hora de desarrollar este LDG, limitación tanto para ampliar el currículum ofrecido como para profundizar en mejorar la forma en que estos contenidos se ofrecen.

A continuación, se detalla cada bloque teórico ofrecido, así como de la forma en que éste se ha expuesto en las partes teóricas.

9.2.1.1.6.2 Bloque teórico I: Substancias peligrosas

El objetivo de este bloque teórico es que los alumnos aprendan los principales pictogramas de peligro que pueden encontrar en los productos químicos que puedan encontrar en su vida cotidiana, así como sus efectos sobre la salud y cómo deben manipular dichas sustancias.

- Objetivos de aprendizaje:

En este bloque se deben aprender trece pictogramas de peligro. Este apartado teórico se puede visualizar de dos maneras distintas. La primera es de la manera tradicional, siguiendo las flechas en las que 54 diapositivas van explicando, uno a uno, los trece pictogramas de peligro. La segunda manera es accediendo a través de un menú, directamente al pictograma que te interesa. La opción del menú es obvia, puesto que se trata de una gran cantidad de diapositivas y al alumno le es más cómodo tener la opción de acceder al pictograma que desea aprender a través de un menú.

Los textos explicativos del profesor Doc, van siempre acompañados pictogramas y de imágenes que ejemplifican todas las explicaciones.

A continuación, se ven varios ejemplos del LDG (figuras 9.31a., 9.31b. y 9.31c.).

adm

Pictogramas de Peligro

- Corrosivo
- Explosivo
- Inflamable
- Comburente
- Tóxico
- Nocivo
- Irritante
- Peligroso para el medio ambiente
- Campo magnético intenso
- Gases a presión
- Infeccioso
- Mutágeno
- Radioactivo

¡Hola! Para avanzar, utiliza los botones que hay abajo. O vete directo al apartado que quieras utilizando este menú.

1/53

Figura 9.31a. Pantalla del contenido teórico “Pictogramas de Peligro” del LDG *Top Chemist*.

adm

Irritante

En caso de accidente, debes lavar la zona afectada con agua abundante.

28/53

Figura 9.31b. Pantalla del contenido teórico “Pictogramas de Peligro” del LDG *Top Chemist*.



Figura 9.31c. Pantalla del contenido teórico “Pictogramas de Peligro” del LDG *Top Chemist*.

9.2.1.1.6.3

Bloque teórico II: Materiales de laboratorio

- Objetivos de aprendizaje:

En este bloque teórico los alumnos deberán aprender 41 de los materiales más comunes de cualquier laboratorio de química, así como sus usos y correcta manipulación.

En este bloque comprende 88 diapositivas, es decir una cantidad muy elevada. Es por ello por lo que la aplicación también ofrece la posibilidad, como en el bloque teórico anterior, de acceder a cada material de laboratorio a través de un menú. Esto facilita el acceso a cada uno, hace más agradable el estudio y potencia la sensación de control por parte del alumno.

Hay que remarcar que estos dos primeros bloques son, con mucha diferencia, los que más diapositivas albergan.

Esta vez los textos explicativos del profesor Doc, van acompañados de un *render*, es decir, una imagen del material del laboratorio diseñada exclusivamente para este videojuego y de imágenes reales de cada uno de los materiales del laboratorio.

En cuanto al menú, este ofrece a su vez un submenú. El primero clasifica los materiales de laboratorio según su utilidad, para posteriormente enumerar los materiales que corresponden a cada tipo de uso. A continuación, se ofrece el menú con cada material:

1) Instrumentos de sostén:

- Gradilla
- Trípode con rejilla
- Pie con soporte universal
- Anillo

2) Instrumentos de uso específico:

- Agitador o barra de vidrio
- Cristalizador
- Desecador
- Embudo de vidrio
- Mortero
- Matraz de destilación
- Refrigerante de serpentín

3) Instrumentos volumétricos:

- Probeta graduada
- Bureta graduada
- Pipeta
- Matraz aforado

4) Recipientes:

- Vaso de precipitado
- Vidrio de reloj
- Tubo de ensayo
- Frasco cuenta gotas con tetina
- Matraz
- Matraz Erlenmeyer
- Reactivos y productos químicos
- Cápsula de porcelana

5) Equipos de laboratorio:

- Mechero Bunsen
- Estufa u horno de secado
- Placa calefactora
- Microscopio
- Agitador magnético

6) **Instrumentos de medida:**

- Balanza electrónica
- Balanza roberval
- Termómetro
- Papel indicador universal
- Regla
- Flexómetro
- Pie de rey
- Medidor de pH

7) **Instrumentos auxiliares:**

- Escobilla
- Espátula
- Filtro de papel plegado
- Frasco lavador o piseta

A continuación, se ven varios ejemplos del LDG (figuras 9.32a., 9.32b., 9.32c. y 9.32d.).

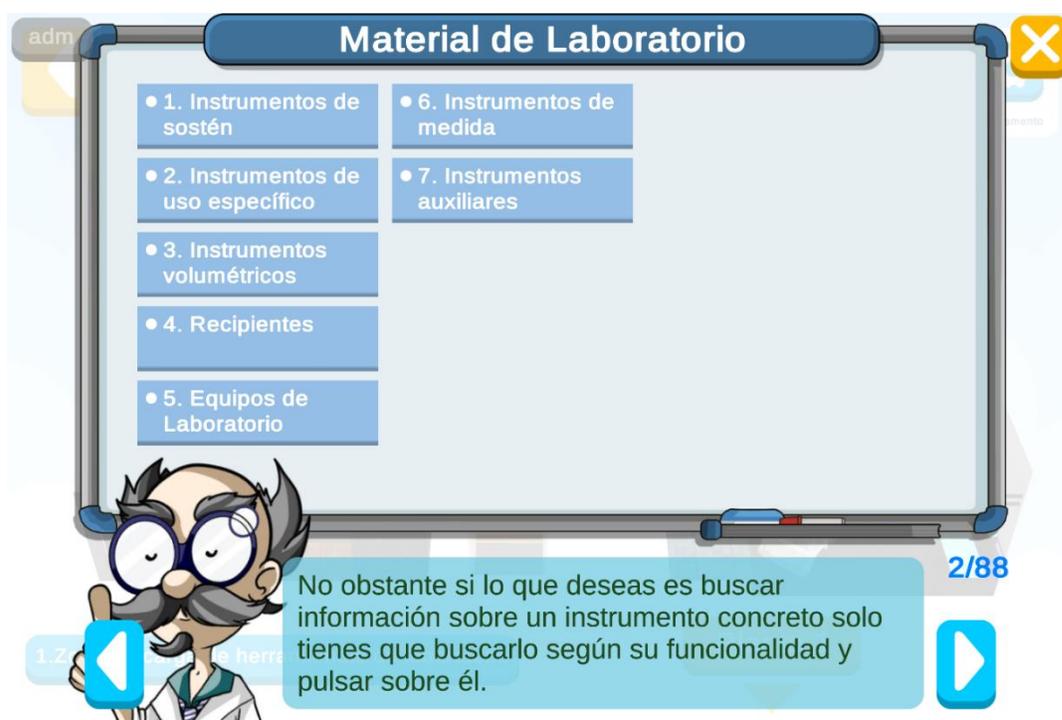


Figura 9.32a. Pantalla del contenido teórico “Materiales de laboratorio” del LDG *Top Chemist*.

adm

Cristalizador



13/88

El cristalizador es un recipiente de vidrio de forma cilíndrica y generalmente más ancho que alto.

1. Zona de... de herr... de laboratorio

Figura 9.32b. Pantalla del contenido teórico “Materiales de laboratorio” del LDG *Top Chemist*.

adm

Balanza roberval



68/88

La balanza roberval no es tan precisa como la electrónica pero es interesante porque nos permite medir la masa de un cuerpo por comparación con otra masa conocida.

1. Zona de... de herr...

Figura 9.32c. Pantalla del contenido teórico “Materiales de laboratorio” del LDG *Top Chemist*.



Figura 9.32d. Pantalla del contenido teórico “Materiales de laboratorio” del LDG *Top Chemist*.

9.2.1.1.6.4

Bloque teórico III: Modelo de Rutherford

Con este bloque teórico se empieza lo que comúnmente se conoce como química teórica. A diferencia de los dos bloques anteriores en los que se requiere de un tipo de aprendizaje más memorístico, aunque contextualizado, a partir de este bloque y los consiguientes se empiezan a enseñar conceptos de química necesarios para ir entendiendo esta materia paso a paso.

Digamos que se trata de un tipo de aprendizaje más analítico, en el cual la comprensión de lo que se explica es igual o más importante que la parte memorística que necesita.

Este tercer bloque está dedicado al modelo atómico de Rutherford. El bloque teórico dedica 22 diapositivas a lo largo de las cuales el profesor Doc explica detalladamente la estructura del átomo según el modelo de Rutherford.

Como se puede apreciar, el LDG se centra únicamente en el modelo teórico más representativo, y no trata modelos previos también importantes como el de Thompson, para entender cómo se

llega a Rutherford. Esta manera de seleccionar y profundizar en únicamente los conceptos más necesarios para ir entendiendo y comprendiendo la materia de química, es la metodología que se seguirá a lo largo de los restantes bloques teóricos.

○ **Objetivos de aprendizaje:**

- Conocer el concepto de materia
- Conocer el concepto de átomo
- Conocer la composición del átomo (protón, neutrón y electrón)
- Conocer las cargas eléctricas

A continuación, se ven varios ejemplos de este bloque teórico (figura 9.33).

adm

1.1 Modelo de Rutherford

+

Protón

=

Neutrón

-

Electrón

1. M

2. Núm

3. Is

Los **electrones** son tan **pequeños y ligeros** en comparación a la masa de protones que, atraídos por sus cargas positivas, **giran** en orbitales **alrededor del núcleo** a gran velocidad.

20/22

Figura 9.33. Pantalla del contenido teórico “Modelo de Rutherford” del LDG *Top Chemist*.

9.2.1.1.6.5

Bloque teórico IV: Número atómico y número másico

El cuarto bloque teórico dedica 18 diapositivas a explicar los conceptos de número atómico y másico. Como siempre, el profesor Doc explica detalladamente y apoyándose en la visualización de imágenes y multitud de animaciones, estos dos conceptos tan importantes de química. El zoom de la pizarra digital permite a los alumnos ampliar hasta 3.5 veces las animaciones que se proyectan en la pizarra del profesor.

○ **Objetivos de aprendizaje:**

- Conocer el concepto de número atómico (Z).
- Conocer el concepto de número másico (A).
- Conocer la relación del número atómico con la Tabla periódica.
- Conocer el concepto de neutralidad eléctrica del átomo.
- Introducir la fórmula $A = Z + N$
- Conocer el cálculo del número de neutrones (N), protones y electrones.

A continuación, se ven varios ejemplos de este bloque teórico (figuras 9.34a. y 9.34b.).

1.2 Número atómico y número másico

$A = ?$

3

4

El número de neutrones se representa con la letra N . En este átomo de Litio podemos contar 3 protones y 4 neutrones.

14/18

Figura 9.34a. Pantalla del contenido teórico “Número atómico y número másico” del LDG *Top Chemist*.

adm

1.2 Número atómico y número másico

3
Li
LITIO

$Z = 3$

Es por ello que el número atómico del Litio es $Z=3$.

9/18

Figura 9.34b. Pantalla del contenido teórico “Número atómico y número másico” del LDG *Top Chemist*.

9.2.1.1.6.6 Bloque teórico V: Isótopos

El quinto bloque teórico está dedicado al concepto de isótopo. A lo largo de 20 diapositivas el profesor Doc explica detalladamente este concepto tan importante. En la pizarra digital los alumnos pueden utilizar el zoom, que les permite aumentar hasta 3.5 veces la imagen que se proyecta. Esto les permite a los estudiantes fijarse con más detalle en todas las partículas de las animaciones que aparecen en la pantalla.

- **Objetivos de aprendizaje:**
 - Conocer el concepto e importancia de los isótopos.
 - Conocer las notaciones isotópicas.
 - Conocer la relación con la Tabla periódica.
 - Conocer como calcular a través de la fórmula $A = Z + N$ de distintos isótopos.

A continuación, se ven varios ejemplos de este bloque teórico (figuras 9.35a., 9.35b., 9.35c. y 9.35d.).

1.3 Isótopos

Protio
99.98%

Deuterio
0.01%

Tritio
0.01%

Todos ellos tienen el mismo número atómico Z , es decir 1 protón en su núcleo, pero cada isótopo posee un número de neutrones N distinto.

4/20

Figura 9.35a. Pantalla del contenido teórico “Isótopos” del LDG *Top Chemist*.

1.3 Isótopos

Protio
 $Z = 1$
 $A = 1$
 $N = 0$

Deuterio
 $Z = 1$
 $A = 2$
 $N = 1$

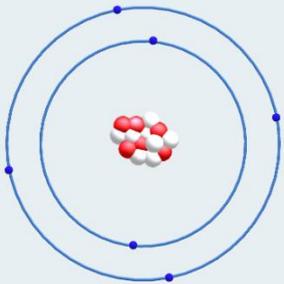
Tritio
 $Z = 1$
 $A = 3$
 $N = 2$

Y por último el Tritio, que su número másico es de $A = 3$, cuántos neutrones crees que tendrá?

11/20

Figura 9.35b. Pantalla del contenido teórico “Isótopos” del LDG *Top Chemist*.

adm 1.3 Isótopos



${}^6\text{C}$
CARBONO

Carbon-14
 ${}^{14}_6\text{C}$

$Z = ?$
 $A = 14$
 $N = ?$

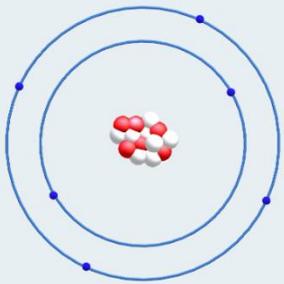
1. N
2. N
3. N

Su Número Másico es de $A=14$. En otras palabras, el número total de partículas dentro su núcleo es de 14.

15/20

Figura 9.35c. Pantalla del contenido teórico “Isótopos” del LDG *Top Chemist*.

adm 1.3 Isótopos



${}^6\text{C}$
CARBONO

Carbon-14
 ${}^{14}_6\text{C}$

$Z = 6$
 $A = 14$
 $N = ?$

$N = A - Z$

1. N
2. Núm
3. Is

Como vemos, tiene 6 protones en su núcleo, es decir, se trata del isótopo: ${}^{14}_6\text{C}$

17/20

Figura 9.35d. Pantalla del contenido teórico “Isótopos” del LDG *Top Chemist*.

9.2.1.1.6.7

Bloque teórico VI: Niveles de energía

El sexto bloque teórico es el primero de la planta cuatro del edificio, y dedica 28 diapositivas a explicar los niveles de energía de los átomos. En este caso el zoom se hace muy importante puesto que la primera animación es la de un átomo de Radio (Ra) con un $Z=88$, es decir, uno de los átomos más grandes y pesados que existen, con 7 niveles de energía.

- **Objetivos de aprendizaje:**
 - Conocer el concepto de nivel de energía.
 - Conocer el concepto de subnivel de energía.
 - Conocer el concepto de orbital.
 - Conocer los tipos de orbitales “s”, “p”, “d” y “f”.
 - Conocer el concepto de electrones de valencia.
 - Saber utilizar el diagrama de Möeller.
 - Conocer la relación Nivel de energía con la Tabla Periódica.
 - Cálculo de configuraciones electrónicas.

A continuación, se ven varios ejemplos de este bloque teórico (figuras 9.36a., 9.36b., 9.36c., 9.36d., 9.36e. y 9.35f.).

2.1 Niveles de energía

88
Ra
RADIO

Nivel	Subnivel	Capacidad
Nivel 1	Subnivel 1s	2
	Subnivel 1p	6
	Subnivel 1d	10
	Subnivel 1f	14
Nivel 2	Subnivel 2s	2
	Subnivel 2p	6
	Subnivel 2d	10
	Subnivel 2f	14
Nivel 3	Subnivel 3s	2
	Subnivel 3p	6
	Subnivel 3d	10
	Subnivel 3f	14
Nivel 4	Subnivel 4s	2
	Subnivel 4p	6
	Subnivel 4d	10
	Subnivel 4f	14
Nivel 5	Subnivel 5s	2
	Subnivel 5p	6
	Subnivel 5d	10
	Subnivel 5f	14
Nivel 6	Subnivel 6s	2
	Subnivel 6p	6
	Subnivel 6d	10
	Subnivel 6f	14
Nivel 7	Subnivel 7s	2
	Subnivel 7p	6
	Subnivel 7d	10
	Subnivel 7f	14

Dentro de cada nivel de energía, los electrones se distribuyen en hasta **4 tipos de subniveles**. Estos se conocen como subniveles tipo “s”, “p”, “d” y “f”.

3/28

Figura 9.36a. Pantalla del contenido teórico “Niveles de energía” del LDG *Top Chemist*.

adm 2.1 Niveles de energía

88 **Ra**
RADIO

Nivel 1	2
Subnivel s ¹	2
Nivel 2	8
Subnivel s ¹	2
Subnivel p ³	6
Nivel 3	18
Subnivel s ¹	2
Subnivel p ³	6
Subnivel d ⁵	10

El tercer nivel de energía tiene tres tipos de subniveles, “s”, “p” y otro tipo “d” donde caben 10 electrones. Por eso en el tercer nivel de energía caben 18 electrones.

6/28

Figura 9.36b. Pantalla del contenido teórico “Niveles de energía” del LDG *Top Chemist*.

adm 2.1 Niveles de energía

88 **Ra**
RADIO

Niveles	Electrones
1	2
2	8
3	18
4	32
5	32
6	32
7	32

Número de electrones en este nivel

1s²

Nivel Subnivel

El número 1 nos indica en qué nivel estamos. La letra “s” nos indica el tipo de subnivel. Y el número 2 nos indica cuántos electrones están ocupando el subnivel.

14/28

Figura 9.36c. Pantalla del contenido teórico “Niveles de energía” del LDG *Top Chemist*.

adm

2.1 Niveles de energía

20
Ca
CALCIO

1. N
2. La
3. T

24/28

Veamos un último ejemplo. Esta vez estudiaremos el átomo de Calcio.

Figura 9.36d. Pantalla del contenido teórico “Niveles de energía” del LDG *Top Chemist*.

adm

2.1 Niveles de energía

20
Ca
CALCIO

1. N
2. La
3. T

26/28

En el primer nivel habrán 2 electrones, en el segundo nivel se situarán 8 electrones, en el tercer nivel 8 electrones más, y antes de que éste se llene...

Niveles	Diagrama de Møller	Electrones
1	1s ²	2
2	2s ² 2p ⁶	8
3	3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰	8
4	4s ² 4p ⁶ 4d ¹⁰ 4f ¹⁴	2
5	5s ² 5p ⁶ 5d ¹⁰ 5f ¹⁴	
6	6s ² 6p ⁶ 6d ¹⁰ 6f ¹⁴	
7	7s ² 7p ⁶ 7d ¹⁰ 7f ¹⁴	

Z=20
1s² 2s² 3s² 4s²

Figura 9.36e. Pantalla del contenido teórico “Niveles de energía” del LDG *Top Chemist*.

adm

2.1 Niveles de energía

20
Ca
CALCIO

Diagrama de Möeller

Niveles	Subniveles	Electrones
1	1s	2
2	2s, 2p	8
3	3s, 3p, 3d	8
4	4s, 4p, 4d, 4f	2
5	5s, 5p, 5d, 5f	
6	6s, 6p, 6d, 6f	
7	7s, 7p, 7d, 7f	

Z=20
1s² 2s² 2p⁶ 3s² 3p⁴ 4s²

1. N...
2. La...
3. T... de Ce

..los 2 que faltan se situarán en el subnivel "s" del cuarto nivel de energía. Por ello el Ca tiene **2 electrones en su capa de valencia** y se encuentra en el **Periodo 2** de la TP.

27/28

Figura 9.36f. Pantalla del contenido teórico “Niveles de energía” del LDG *Top Chemist*.

9.2.1.1.6.8

Bloque teórico VII: La Tabla periódica

El séptimo bloque teórico dedica 33 diapositivas a explicar todo lo que los alumnos necesitan saber para interpretar correctamente la Tabla Periódica (TP). Este bloque ofrece una TP con todo lujo de detalles en la cual se pueden visualizar todos los conceptos que el profesor va explicando a lo largo del bloque. De nuevo la interacción del estudiante a través del zoom aporta un grado de interacción importante y necesaria.

○ Objetivos de aprendizaje:

- Clasificación de los elementos de la TP.
- Concepto de Grupo y Período.
- Relación del diagrama de Möeller con la Tabla Periódica.
- Relación de los niveles de energía con la Tabla Periódica.
- Relación electrones de valencia con la Tabla Periódica.

A continuación, se ven varios ejemplos de este bloque teórico (figuras 9.37a., 9.37b., 9.37c. y 9.37d.).

adm 2.2 Tabla Periódica

1. N
2. La T
3. T

En el laboratorio de I+D, solo trabajamos con los elementos de las columnas 1, 2, 13, 14, 15, 16, 17 y 18.

10/33

Figura 9.37a. Pantalla del contenido teórico “Tabla periódica” del LDG *Top Chemist*.

adm 2.2 Tabla Periódica

8
oxígeno

1. N
2. La T
3. T

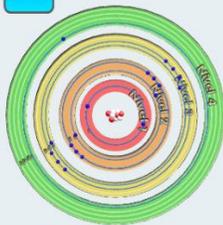
Por ejemplo, el Número atómico del Oxígeno es $Z=8$. Es decir, tiene 8 protones en su núcleo, y 8 electrones en su corteza.

16/33

Figura 9.37b. Pantalla del contenido teórico “Tabla periódica” del LDG *Top Chemist*.

adm 2.2 Tabla Periódica

19 K POTASIO



$Z=19$
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$



18/33

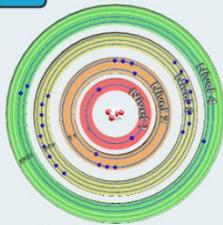
1. N
2. La
3. T

Por ejemplo, el **Potasio** tiene $Z=19$. Utilizando el diagrama de Möeller podemos deducir que su configuración electrónica en **estado fundamental** es de $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$.

Figura 9.37c. Pantalla del contenido teórico “Tabla periódica” del LDG *Top Chemist*.

adm 2.2 Tabla Periódica

31 Ga GALIO



$Z=31$
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^1$



25/33

1. N
2. La
3. T

Cuando queremos saber los electrones de Valencia de elementos del grupo 13 hasta el 18, observaremos el **último dígito** del grupo al que pertenecen.

Figura 9.37d. Pantalla del contenido teórico “Tabla periódica” del LDG *Top Chemist*.

9.2.1.1.6.9

Bloque teórico VIII: Tipos de enlaces

El séptimo bloque teórico está dedicado a los enlaces entre los átomos. A lo largo de 46 diapositivas el profesor Doc explica de forma detallada todos los tipos de enlaces que existen, cómo y porqué se forman.

El zoom vuelve a jugar un papel muy importante ya que permite visualizar con más detalle todas las animaciones que ejemplifican la formación de moléculas y sustancias a partir de la unión de distintos átomos.

- **Objetivos de aprendizaje:**
 - Conocer los tipos de enlaces.
 - Conocer el enlace iónico.
 - Conocer el enlace covalente.
 - Conocer el enlace metálico.
 - Conocer el concepto de electronegatividad.
 - Conocer el concepto de anión y catión.
 - Conocer el concepto de cristal iónico.
 - Conocer el concepto de molécula.
 - Conocer el concepto de sólido covalente.
 - Conocer los enlaces simple, doble y triple.
 - Conocer el concepto de cristal metálico.
 - Conocer el concepto de Gases Nobles.

A continuación, se ven varios ejemplos de este bloque teórico (figuras 9.38a., 9.38b. y 9.38c.).

adm 2.3 Tipos de enlaces

Enlace Iónico Enlace Covalente Enlace Metálico

1. N...
2. La T...
3. T...
3/46

Los átomos se pueden unir de tres maneras distintas, mediante enlaces iónicos, covalentes o metálicos.

Figura 9.38a. Pantalla del contenido teórico “Tipos de enlaces” del LDG *Top Chemist*.

adm 2.3 Tipos de enlaces

11 Na SODIO Enlace Iónico 17 Cl CLORO

Na^+ Cl^-

1. N...
2. La Tabl...
3. T...
7/46

Los No-Metales son elementos muy ávidos de electrones, es decir, siempre intentan robar electrones a los átomos vecinos con la intención de completar su última capa.

Figura 9.38b. Pantalla del contenido teórico “Tipos de enlaces” del LDG *Top Chemist*.

Figura 9.38c. Pantalla del contenido teórico “Tipos de enlaces” del LDG *Top Chemist*.

9.2.1.1.6.10 Bloque teórico IX: Concepto de mol

El noveno bloque teórico es el primero de la quinta planta del edificio, y dedica 19 diapositivas a explicar el concepto de mol.

○ **Objetivos de aprendizaje:**

- Conocer el concepto de mol.
- Conocer el número de Avogadro.
- Aprender usar factores de conversión.
- Convertir moles a número de moléculas utilizando factores de conversión.

A continuación, se ven varios ejemplos de este bloque teórico (figuras 9.39a., 9.39b. y 9.39c.).

adm 3.1 Concepto de Mol

6.02×10^{23}

Amadeo Avogadro

1.0
2. Masa
3. E

Esto se conoce como el Número de Avogadro (NA) por su descubridor, Amadeo Avogadro!

7/19

Figura 9.39a. Pantalla del contenido teórico “Concepto de mol” del LDG *Top Chemist*.

adm 3.1 Concepto de Mol

1 Mol H_2O

$6,02 \times 10^{23}$ moléculas

18.00

1.0
2. Masa
3. E

Para realizar este sencillo cálculo siempre utilizaremos **Factores de Conversión**, una herramienta **muy importante** que utilizarás a menudo.

15/19

Figura 9.39b. Pantalla del contenido teórico “Concepto de mol” del LDG *Top Chemist*.

adm

3.1 Concepto de Mol

$$0.5 \text{ moles de H}_2\text{O} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ moléculas}}{1 \text{ mol de H}_2\text{O}} =$$

$$= 3.01 \times 10^{23} \text{ moléculas de H}_2\text{O}$$

1. C
2. Mas
3. E

Si resolvemos la operación tenemos que en 0.5 moles de H₂O hay 3,01 x 10²³ moléculas de H₂O

18/19

Figura 9.39c. Pantalla del contenido teórico “Concepto de mol” del LDG *Top Chemist*.

9.2.1.1.6.11 Bloque teórico X: Masa atómica y masa molar

El décimo bloque teórico dedica 34 diapositivas a explicar los conceptos de masa atómica y masa molar. Se trata de un capítulo muy importante, puesto que por primera vez se empieza a requerir cálculos de cierta importancia que más tarde serán cruciales para seguir la materia de química. Por ejemplo, cómo calcular la masa atómica o la masa de una molécula. También se introducen los conceptos de unidad de masa atómica y los primeros cálculos a través de factores de conversión.

- **Objetivos de aprendizaje:**
 - Conocer el concepto de masa atómica.
 - Conocer el concepto de masa molar.
 - Conocer las unidades de masa atómica.
 - Conocer la relación entre gramos/mol.
 - Aprender a utilizar factores de conversión.

A continuación, se ven varios ejemplos de este bloque teórico (figuras 9.40a., 9.40b., 9.40c. y 9.40d.).

The screenshot shows a digital whiteboard interface. At the top, a blue header contains the text "3.2 Masa atómica y masa molar." To the left of the header is a yellow "adm" button. On the right side, there are three icons: a yellow "X" (close), a magnifying glass (search), and a person icon. The main area of the whiteboard features a central illustration of a red balance scale. The scale has two pans; the left pan is higher and contains a grey sphere, while the right pan is lower and contains a green sphere. Above the scale, the text "u.m.a" is displayed. Below the scale, two digital displays show the values "55.85" and "196.97". In the top left corner of the whiteboard, there are two periodic table entries: one for Iron (Fe, atomic number 26, atomic mass 55.85 u.m.a.) and one for Gold (Au, atomic number 79, atomic mass 196.97 u.m.a.). In the bottom left corner, a cartoon character of a scientist with a mustache and glasses is pointing upwards. A light blue text box at the bottom center contains the text: "La Masa Atómica (A) representa la masa del átomo." To the right of the text box, the page number "1/34" is displayed, along with a blue play button icon.

Figura 9.40a. Pantalla del contenido teórico “Masa atómica y masa molar” del LDG *Top Chemist*.

This screenshot is similar to the previous one, showing the same digital whiteboard interface. The header, icons, and central balance scale illustration are identical. However, the text box at the bottom center now contains the text: "Aunque todavía no existe ninguna balanza que pueda pesar átomos, en nuestro laboratorio, que es el más avanzado del mundo, hemos inventado una." To the left of the text box, the page number "2/34" is displayed, along with a blue left arrow icon and a blue play button icon.

Figura 9.40b. Pantalla del contenido teórico “Masa atómica y masa molar” del LDG *Top Chemist*.

adm 3.2 Masa atómica y masa molar. X

1 H HIDROGENO 1 mol de H₂O 6,02 x 10²³ moléculas

8 O OXÍGENO

16 S AZUFRE 1 mol de Azufre 6,02 x 10²³ átomos

6 C CARBONO 1 mol de CO₂ 6,02 x 10²³ moléculas

18,00

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 2(1,008) + 15,99 = 18,00 \text{ g/mol}$$

32,07

$$M(\text{S}) = 32,07 = 32,07 \text{ g/mol}$$

43,99

$$M(\text{CO}_2) = 12,01 + 2(15,99) = 43,99 \text{ g/mol}$$

1. C

2. Ma

3. E

20/34

Como ves, 1 mol de Dióxido de Carbono pesa más que 1 mol de Azufre que a su vez pesa más que 1 mol de Agua.

Figura 9.40c. Pantalla del contenido teórico “Masa atómica y masa molar” del LDG *Top Chemist*.

adm 3.2 Masa atómica y masa molar. X

Masa

Masa

¿Cuánto pesan 4 moles de CO₂ ?

$$M(\text{CO}_2) = 12,01 + 2(15,99) = 43,99 \text{ g/mol}$$

1. C

2. Ma

3. E

22/34

Para contestar a la pregunta hemos de recordar que 1 mol de CO₂ pesa 43.99 gramos.

Figura 9.40d. Pantalla del contenido teórico “Masa atómica y masa molar” del LDG *Top Chemist*.

9.2.1.1.6.12

Bloque teórico XI: Estequiometría

Este undécimo bloque teórico es muy importante puesto que pone en común una serie de conocimientos que deben haber adquirido en los bloques anteriores. El tratamiento y la manera de abordar este apartado es muy diferente a la de los bloques anteriores. Lo que se ha intentado en este apartado es proporcionar al alumno una herramienta útil y rápida que les ayude, de manera práctica, a resolver esos problemas de estequiometría que habitualmente tanto les cuestan. La experiencia docente me ha enseñado que cuando un alumno necesita resolver un problema de estequiometría y está solo en casa, ocurren dos cosas. La primera es que no sabe por dónde empezar, la segunda es que va a internet, generalmente youtube o google, y realiza una búsqueda describiendo el problema, con la intención de encontrar alguna página web o algún video que les ayude a resolverlo. Esto es exactamente lo que se ha tratado de hacer aquí, pero incluso mejor, ya que el profesor Doc, explica paso a paso, a lo largo de 60 diapositivas y detalladamente, con la ayuda de animaciones, las cuatro tipologías de problemas de estequiometría que se requieren para este nivel.

Lo primero que encuentra el alumno al abrir este bloque teórico es un menú con cuatro opciones:

- Cómo pasar de moles a gramos.
- Cómo pasar de gramos a moles.
- Cómo pasar de moles a cantidad de moléculas.
- Cómo pasar de gramos a cantidad de átomos.

En cada uno de los cuatro apartados se muestran dos ejemplos de ejercicios prácticos, y se detallan, ayudado de animaciones y de las explicaciones del profesor, todos los pasos a seguir para resolver el problema. Todas las operaciones se escriben también en la pizarra, favoreciendo que el alumno siga cada razonamiento y cada una de las operaciones sin perder detalle.

El objetivo de este apartado teórico es el de servir de modelo para los alumnos que quieran aprender o repasar todos los tipos de operaciones de estequiometría, de una manera rápida, clara, concisa y práctica.

- **Objetivos de aprendizaje:**
 - Conversión de moles de sustancia a gramos de sustancia en dos tipos de casos:
 - Caso 1: Trabajando con átomos.
 - Caso 2: Trabajando con moléculas.
 - Conversión gramos de sustancia a moles de sustancia.
 - Conversión de moles de sustancia a cantidad de moléculas de sustancia.
 - Conversión de gramos de sustancia a cantidad de átomos de sustancia.

A continuación, se ven varios ejemplos de este bloque teórico (figuras 9.41a., 9.41b., 9.41c., 9.41d., 9.41e., 9.41f., 9.41g. y 9.41h.).

The image shows a presentation slide titled "3.3 Cálculos estequiométricos". The slide content is as follows:

- 1. Cómo pasar de moles a gramos
- 2. Cómo pasar de gramos a moles
- 3. Cómo pasar de moles a cantidad de moléculas.
- 4. Cómo pasar de gramos a cantidad de átomos.

At the bottom left, there is a cartoon character of a scientist with a mustache and glasses, pointing upwards. To his right, a text box contains the following text:

En este apartado os voy a resumir los conceptos de estequiometría aprendidos en los dos apartados anteriores y los pondremos en práctica resolviendo problemas reales.

Additional interface elements include a play button icon, a "1/60" indicator, and a close button (X) in the top right corner.

Figura 9.41a. Pantalla del contenido teórico “Cálculos estequiométricos” del LDG *Top Chemist*.

adm

3.3 Cálculos estequiométricos

Como pasar de moles a gramos?

Paso 1: Buscar en la T.P. la masa atómica



47
Ag
PLATA
107.87

El primer paso será buscar en la Tabla Periódica, la masa atómica del elemento. En este caso es la plata, Ag.

7/60

Figura 9.41b. Pantalla del contenido teórico “Cálculos estequiométricos” del LDG *Top Chemist*.

adm

3.3 Cálculos estequiométricos

Como pasar de moles a gramos?

Paso 3: Calcular

$$0.8 \text{ moles de Ag} \times \frac{107.87 \text{ g}}{1 \text{ mol de Ag}} =$$

Si sabemos que 1 mol de Ag pesa 107.87 g...

11/60

Figura 9.41c. Pantalla del contenido teórico “Cálculos estequiométricos” del LDG *Top Chemist*.

adm 3.3 Cálculos estequiométricos

Como pasar de moles a gramos?
Paso 3: Calcular

$$0.8 \text{ moles de Ag} \times \frac{107.87 \text{ g}}{1 \text{ mol de Ag}} =$$

11/60

Si sabemos que 1 mol de Ag pesa 107.87 g...

1. C...
2. Masa...
3. E...

Play button

Figura 9.41d. Pantalla del contenido teórico “Cálculos estequiométricos” del LDG *Top Chemist*.

adm 3.3 Cálculos estequiométricos

Como pasar de moles a gramos?
Paso 3: Calcular

$$\cancel{0.8 \text{ moles de Ag}} \times \frac{107.87 \text{ g}}{\cancel{1 \text{ mol de Ag}}} =$$
$$= 86.29 \text{ g de Ag}$$

12/60

Si resolvemos la operación...

1. C...
2. Masa...
3. E...

Play button

Figura 9.41e. Pantalla del contenido teórico “Cálculos estequiométricos” del LDG *Top Chemist*.

adm

3.3 Cálculos estequiométricos

Como pasar de moles a gramos?
Paso 3: Calcular

$$0.8 \text{ moles de Ag} \times \frac{107.87 \text{ g}}{1 \text{ mol de Ag}} =$$

$$= 86.29 \text{ g de Ag}$$

1. C
2. Mas
3. E

Si resolvemos la operación...

12/60

Play

Figura 9.41f. Pantalla del contenido teórico “Cálculos estequiométricos” del LDG *Top Chemist*.

adm

3.3 Cálculos estequiométricos

Como pasar de moles a gramos?
Paso 1: Buscar en la T.P. la masa atómica

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

1
H
HIDROGENO
1.008 g/mol

8
O
OXÍGENO
16.00 g/mol

1. C
2. M
3. E

El primer paso será buscar la masa atómica de los elementos que forman el H₂O.

17/60

Play

Figura 9.41g. Pantalla del contenido teórico “Cálculos estequiométricos” del LDG *Top Chemist*.

adm

3.3 Cálculos estequiométricos

Como pasar de moles a gramos?

Paso 2: Cálculo de la masa atómica molar

1 H HIDROGENO 1,008 u.m.a.	8 O OXÍGENO 16,00 u.m.a.
-------------------------------------	-----------------------------------

$M(\text{H}_2\text{O}) = 18,00$
u.m.a.

↓

$M(\text{H}_2\text{O}) = 18,00$
g/mol

1.0
2.M
3.E

Es decir que podemos deducir que 1 mol de moléculas de H_2O tiene una masa de 18 gramos.

20/60

Figura 9.41h. Pantalla del contenido teórico “Cálculos estequiométricos” del LDG *Top Chemist*.

9.2.1.1.6.13 Bloque teórico XII: La reacción química

El duodécimo bloque teórico es el primero de la sexta y última planta del edificio, y dedica 40 diapositivas a explicar todo lo que se necesita saber sobre la reacción química. Como siempre, las animaciones vuelven a ser muy importantes, especialmente las de las reacciones químicas.

○ Objetivos de aprendizaje:

- Concepto de reacción química.
- Características de las reacciones químicas.
- Concepto de reactivo y producto.
- Reacciones reversibles e irreversibles.
- Reacciones exotérmicas y endotérmicas.
- Ley de la conservación de la masa de Lavoisier.

A continuación, se ven varios ejemplos de este bloque teórico (figuras 9.42a., 9.42b., 9.42c. y 9.42d.).

adm 4.1 La reacción química

Productos Plato

2 + 3 + 1/2 →

1. La Reacción Química
2. A la reacción química

Una reacción química es como una receta de cocina. Para hacer un plato necesitamos combinar unos ingredientes ¿verdad?

1/40

Figura 9.42a. Pantalla del contenido teórico “La reacción química” del LDG *Top Chemist*.

adm 4.1 La reacción química

$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$

1. La Reacción Química
2. A la reacción química

Para que empiece la reacción bastará aplicar una sola chispa del mechero Bunsen. Esta hará que las moléculas se muevan con más **velocidad** y que **choquen** más entre ellas.

13/40

Figura 9.42b. Pantalla del contenido teórico “La reacción química” del LDG *Top Chemist*.

adm 4.1 La reacción química

"En una reacción química, la masa de los reactivos es igual a la masa de los productos"

Antoine Lavoisier

24/40

1. La Reacción Química
2. Aplicaciones químicas

A esta LEY se la conoce como la Ley de la Conservación de la Masa, o Ley de Lavoisier.

This screenshot shows a digital whiteboard interface. At the top, a blue header bar contains the text '4.1 La reacción química'. Below the header, the main content area features a quote in green text: 'En una reacción química, la masa de los reactivos es igual a la masa de los productos'. To the right of the quote is a circular portrait of Antoine Lavoisier. Below the portrait, his name 'Antoine Lavoisier' is written in green. At the bottom of the whiteboard, there is a light blue banner with a cartoon character on the left and a text box on the right that reads 'A esta LEY se la conoce como la Ley de la Conservación de la Masa, o Ley de Lavoisier.' The banner also includes a progress indicator '24/40' and navigation arrows. On the left side of the whiteboard, there is a vertical list of topics: '1. La Reacción Química' and '2. Aplicaciones químicas'. The interface includes standard UI elements like a search icon, a close button, and a user profile icon.

Figura 9.42c. Pantalla del contenido teórico “La reacción química” del LDG *Top Chemist*.

adm 4.1 La reacción química

$$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$

36/40

1. La Reacción Química
2. Aplicaciones químicas

Como se puede apreciar, una molécula de metano se está combinando con dos moléculas de oxígeno de manera que se rompen algunos enlaces para formarse nuevos.

This screenshot shows a digital whiteboard interface. At the top, a blue header bar contains the text '4.1 La reacción química'. Below the header, the main content area features a chemical equation: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Below the equation are ball-and-stick models representing the reaction: a methane molecule (one blue carbon atom and four purple hydrogen atoms) and two oxygen molecules (two red oxygen atoms each) on the left; and one carbon dioxide molecule (one blue carbon atom and two red oxygen atoms) and two water molecules (one blue hydrogen atom and one red oxygen atom each) on the right. At the bottom of the whiteboard, there is a light blue banner with a cartoon character on the left and a text box on the right that reads 'Como se puede apreciar, una molécula de metano se está combinando con dos moléculas de oxígeno de manera que se rompen algunos enlaces para formarse nuevos.' The banner also includes a progress indicator '36/40' and navigation arrows. On the left side of the whiteboard, there is a vertical list of topics: '1. La Reacción Química' and '2. Aplicaciones químicas'. The interface includes standard UI elements like a search icon, a close button, and a user profile icon.

Figura 9.42d. Pantalla del contenido teórico “La reacción química” del LDG *Top Chemist*.

9.2.1.1.6.14

Bloque teórico XIII: Ajuste de reacciones químicas

El decimotercer bloque teórico es el último que ofrece el LDG *Top Chemist*. Este apartado, dedicado al ajuste de reacciones químicas, tiene una gran importancia puesto que, aparte de enseñar cómo se ajustan las reacciones, sirve de eje vertebrador y conector de todos los apartados anteriores. Es en este último apartado donde cobra sentido lo aprendido anteriormente, al poner en práctica con ejemplos reales, los conocimientos adquiridos en los anteriores bloques.

A lo largo de 43 diapositivas el profesor Doc explica paso a paso cómo ajustar reacciones químicas. De nuevo la visualización y las animaciones juegan un papel fundamental, y para este propósito se ha creado una balanza para ajustar de reacciones, en la cual los alumnos pueden visualizar perfectamente porqué una reacción está desajustada y qué hacer para equilibrarla.

○ **Objetivos de aprendizaje:**

- Concepto de ajuste de reacciones químicas.
- Coeficientes estequiométricos.
- Interpretación de los coeficientes estequiométricos.
- Ajustar reacciones químicas.
- Cálculos estequiométricos a través de factores de conversión con reacciones sin ajustar.

A continuación, se ven varios ejemplos de este bloque teórico (figuras 9.43a., 9.43b., 9.43c. y 9.43d.).

adm 4.2 Ajuste de reacciones

$$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$$

27/43

1. La Reacción Química ya tenemos ajustada la reacción. En la pizarra puedes ver cómo queda.

2. Ajuste de reacciones químicas

Chemist

Figura 9.43a. Pantalla del contenido teórico “Ajuste de reacciones” del LDG *Top Chemist*.

adm 4.2 Ajuste de reacciones

Atomos de los reactivos	Atomos de los productos
$\text{N}_2 + \text{H}_2$	2NH_3
2	2
2	6

Desequilibrado

24/43

1. La Reacción Química Si nos fijamos en la reacción de la pizarra podemos sacar las siguientes conclusiones: Con una molécula de Nitrógeno podríamos obtener 2 moléculas de Amoníaco.

2. Ajuste de reacciones químicas

Chemist

Figura 9.43b. Pantalla del contenido teórico “Ajuste de reacciones” del LDG *Top Chemist*.

adm 4.2 Ajuste de reacciones

Atomos de los reactivos	Atomos de los productos
$N_2 + 3 H_2$	$2 NH_3$
EQUILIBRADO	

26/43

1. La Reacción Química
2. Ajuste de reacciones

Para equilibrar la reacción necesitamos 4 átomos más de hidrógenos en los reactivos. Esto lo conseguimos añadiendo 2 moléculas más de H_2 .

Figura 9.43c. Pantalla del contenido teórico “Ajuste de reacciones” del LDG *Top Chemist*.

adm 4.2 Ajuste de reacciones

$$\cancel{8 \text{ moles de } NH_3} \times \frac{1 \text{ mol de } N_2}{\cancel{2 \text{ moles de } NH_3}} =$$

$$= 4 \text{ moles de } N_2$$

37/43

1. La Reacción Química
2. Ajuste de reacciones

Resolviendo la operación tenemos que para sintetizar 8 moles de NH_3 necesitamos 4 moles de N_2 .
Ahora aremos lo mismo con el Hidrógeno.

Figura 9.43d. Pantalla del contenido teórico “Ajuste de reacciones” del LDG *Top Chemist*.

9.2.1.1.6.15 *Contenidos*

A modo de resumen, como se ha mencionado anteriormente la elección de los contenidos se basó en las encuestas previas realizadas a diversos centros de educación secundaria obligatoria, concretamente a grupos que el año anterior habían cursado la asignatura de Física y Química de tercero de la ESO y en consecuencia tenían más reciente la experiencia de haber cursado la asignatura de 3º Física y Química el año anterior.

Como se ha mencionado, los contenidos escogidos que desarrolla *Top Chemist* fueron decididos en función de diversos factores.

En primer lugar, por el grado de complejidad conceptual de los contenidos del currículum según la opinión expresada por el alumnado encuestado. En segundo lugar, la elección también tuvo en cuenta temáticas de dificultad conceptual menos exigentes que, *per se*, suelen ser aburridas para el alumnado por requerir contenidos memorísticos pero que tienen una gran importancia no solamente en la vida cotidiana sino en gran parte del mundo laboral de el ámbito científico, como pueden ser los pictogramas o los materiales de laboratorio.

El LDG trabaja contenidos de todo tipo, tanto conceptuales como procedimentales y actitudinales. Y cada uno de ellos ayuda a desarrollar las competencias básicas.

- **Contenidos transversales:**

- De asimilación y retención de la información: se necesita recoger y retener de forma permanente toda la información que el LDG va proporcionando, con la finalidad de ir progresando y consiguiendo los objetivos planteados.
- De organización: en relación con la información que disponemos, es necesario planificar las actuaciones y organizar los recursos que se van obteniendo, haciéndolos servir adecuadamente para poder avanzar.
- Analíticos: el LDG hace necesario el análisis de los contenidos, conceptos e hipótesis para ir avanzando a lo largo del videojuego.
- Para la toma de decisiones: teniendo en cuenta los recursos disponibles, debe darse respuesta a las situaciones que el videojuego va planteando y tomar decisiones rápidas pero bien fundamentadas para solucionar problemas.

-
- Psicomotores: requiere mucha habilidad, agilidad y precisión en el manejo del ratón o la pantalla táctil.
 - De resolución de problemas: gracias a la experiencia acumulada en la aplicación de diversas estrategias que se utilizan y de entender los conceptos que se trabajan, se desarrolla el razonamiento lógico.
 - Metacognitivos: avanzar es la consecuencia de haber gestionado bien los recursos y de haber entendido los objetivos programados. Implica la reflexión sobre los aprendizajes que se hacen, los errores, los aciertos y ser conscientes del progreso.
 - **Contenidos tecnológicos:**
 - Localización en pantalla los puntos activos, accesos directos, significado de iconos, etc.
 - Utilización los cuadros de control y configuración del programa.
 - Posibilidad de jugar on-line y competir con otros jugadores o jugadoras.
 - Consulta del soporte teórico en el mismo LDG.
 - Búsqueda de soluciones fuera del juego a través de la información proporcionada por el profesor o por internet.

9.3 Anexo 3: Encuesta inicial

1- “Cuando estudio, lo que realmente me importa es...”

- a) Conseguir el reconocimiento de los compañeros, amigos, padres y/o profesores.
- b) Saber que he conseguido entender los conceptos y sentirme orgulloso de mi esfuerzo.
- c) Acabar lo más rápido posible para hacer lo que realmente me gusta.

2- Me siento mucho más seguro cuando sé concretamente que es lo que se me pedirá para aprobar el tema / asignatura.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

3- ¿En qué medida te sentiste capaz de entender la Física y Química de 3r ESO?

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

4- A veces he tenido que memorizar los conceptos sin entenderlos para poder aprobar el examen, y nunca he llegado a entenderlos.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

5- Cuando no entiendo un concepto, me gustaría tener recursos distintos que me ayudasen a entenderlo.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

6- Las herramientas que tenía a mi disposición el año pasado en FyQ para estudiar en casa (libro digital, internet...) fueron suficientes para que yo acabara de entender la asignatura e hiciera los deberes.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

7- Pienso que, si hubiera tenido una aplicación interactiva, divertida y complementaria al material educativo, hubiera llegado a entender mejor la materia y por lo tanto me hubiera resultado más fácil.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

8- ¿Qué esperas de esta aplicación? (Valora de 1 (mucho) a 5 (poco) la importancia de los siguientes temas)

- a) Que represente, siempre que se pueda, los conceptos más abstractos de la asignatura de manera visual o con vídeos etc...._____
- b) Que utilice juegos, siempre que se pueda, para consolidar los conocimientos_____
- c) Que ayuden al alumno a consolidar los conceptos impartidos en la clase_____
- d) Que puedas controlar tu evolución y tus progresos _____
- e) Que pueda servir como una herramienta de evaluación_____
- f) Que te permita realizar trabajos en equipo_____
- g) Que te divierta y entretenga_____
- i) Otros:

Especifica cual/es: _____

9- Estoy dispuesto a utilizar una aplicación como complemento al material escolar.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

10- Me veo capaz de aprender los conceptos difíciles sin un profesor, con la ayuda de una aplicación.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

11- El esfuerzo que aplico al hacer los deberes lo veo recompensado y reconocido.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

12- Me siento motivado a la hora de prestar atención y participar en la clase.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

13- Me siento motivado a la hora de repasar en casa.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

14- Me gusta competir con mis compañeros en los juegos.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

15- Recordando la asignatura de Física y Química de 3º de ESO, marca los 5 temas que recuerdas que más te costaron de aprender.

9.4 Anexo 4: Encuesta final

1- Creo que competir con otros compañeros me ha ayudado a aprender más.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

2- Me gustaría tener la opción de participar en ligas y competiciones con otros compañeros, clases, institutos etc.

- a) No me gusta competir
- b) Sí, con mi nombre
- c) Sí, con pseudónimo

3- Creo que la teoría me ha ayudado a aprender

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

4- ¿Con qué frecuencia has visitado la teoría para aclarar dudas?

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

5- Pienso que con el LDG aprendo más que con las clases tradicionales.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

6- Creo que los juegos me han ayudado a aprender.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

7- El LDG me ha provocado ganas de seguir subiendo de nivel.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

8- He entendido los conceptos teóricos que me explicaba el profesor Doc.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

9- En general, el LDG es una buena herramienta para ayudarme a entender los conceptos difíciles.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

10- Me gustaría que toda la asignatura fuese un videojuego.

SÍ	NO
----	----

11- (SOLO si tu respuesta anterior fue SÍ) ---> Creo que sería capaz de pasarme todo el videojuego y llegar a Director General.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

12- Me gustaría que más asignaturas tuviesen LDGs como *TOP CHEMIST*.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

13- Me gustaría que los LDGs substituyesen a los libros de texto.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho

14- Creo que con *TOP CHEMIST* podría aprender en casa sin la ayuda del profesor.

Muy poco	Poco	En algunos casos	Bastante	Mucho