

Capítulo 9

Gestión de programas de aprendizaje personalizado mediante cadenas de bloque

Antonio Bartolomé, Carles Lindín y Pablo Rivera-Vargas
Universitat de Barcelona

CITAR COMO:

Bartolomé, A., Lindín, C. y Rivera-Vargas, P. (2018). Gestión de programas de aprendizaje personalizado mediante cadenas de bloque. En A. Bartolomé y J.M. Moral-Ferrer: Blockchain en Educación. Cadenas rompiendo moldes. Barcelona: LMI. (Colección Transmedia XXI). http://www.lmi.ub.edu/personal/bartolome/articuloshtml/2018_TransmediaXXI_capitulo_9.pdf

Resumen

En este texto se presenta el proyecto Edu-blockchain, una propuesta de individualización de los aprendizajes generando itinerarios personalizados para cada alumno, gestionados mediante cadenas de bloque. Para ello primero se fundamenta el aprendizaje individualizado y el largo recorrido hasta llegar a la situación actual. Después, se analizan los diferentes aspectos tenidos en cuenta para el diseño del proyecto y finalmente se describe la propuesta tal y como se llevará adelante.

El proyecto se desarrolla en los estudios de grado de Educación Social, en la Facultad de Educación de la Universidad de Barcelona.

En este comienzo del siglo XXI, es posible identificar dos grandes líneas de desarrollo del diseño educativo:

- La autorregulación del aprendizaje
- El aprendizaje adaptativo

Ambas líneas responden a un mismo problema pedagógico: los estudiantes son diferentes. A partir de esto, identificamos que tienen diferentes capacidades, poseen diferentes conocimientos, sus intereses difieren unos de otros, así como sus necesidades, y, de hecho, aprenden con diferentes estilos (Garrison y Anderson, 2003; Bauman, 2008; Helsper y Eynon, 2010; Cobo, 2016; Selwyn, 2017). Los estudiantes poseen así:

- Diferentes conocimientos previos
- Diferentes competencias
- Diferentes necesidades y objetivos
- Diferentes estilos de aprendizaje

Ambas líneas responden también a un mismo problema económico: la demanda creciente de formación, la necesidad de nuevos aprendizajes y la inviabilidad de solucionarlos mediante un modelo centrado en el docente, llámesele formador, maestro, tutor, facilitador o profesor (Day, 2002; Salinas, Pérez y de Bento, 2008).

1. La individualización de los aprendizajes

Si prescindimos de la larga historia educativa de los tutores personales que se ha ofrecido durante miles de años, la atención al estudiante de un modo individualizado (personalizado) es una vieja demanda que arranca en la segunda mitad del siglo XX con las propuestas de Skinner, encuentra un florecimiento en los años 70 a partir de varios modelos de enseñanza individualizada y educación personalizada, vuelve a aparecer en los 80 con los cursos de Enseñanza Basada en el Ordenador (CBL, *Computer Based Learning*) y en los noventa con los tutoriales multimedia, y ha rebrotado con una interpretación del aprendizaje adaptativo gestionado por máquinas.

La gestión de los aprendizajes, es decir, la decisión sobre qué debe aprender un estudiante determinado y en qué secuencia debe hacerlo, puede ser decidida por diferentes actores del proceso educativo. El que asume esa función debe valorar en cada momento si el estudiante ha superado el proceso anterior alcanzando los objetivos o desarrollando las competencias deseadas (evaluación) y proponiendo un nuevo proceso (actividades de aprendizaje) en base a los objetivos generales que se pretenden, de las competencias y habilidades del estudiante, de su nivel de conocimientos y de sus intereses e inclinaciones. Del acierto en esta decisión dependerá en gran medida el éxito del proceso. Ciertamente pueden aparecer factores no previstos: acontecimientos en el entorno del sujeto, competencias aparentemente presentes que se han demostrado insuficientes, cambios en los mismos contenidos del aprendizaje, etc.

Estos son los actores que pueden decidir ese itinerario de aprendizaje:

- El profesor, formador o tutor personal: La solución tradicional y que obliga a una ratio próxima a 1:1. Es inasumible con carácter general para toda la población y genera importantes déficits democráticos. Sin embargo, cuando se tiene la oportunidad de acceder a un buen maestro que atiende modo personal e individualizado, el aprendizaje va mucho más lejos de lo que uno nunca imaginó. Esto es lo que Gisbert (2000) denominó “tutor en el ciberespacio”.
- El propio estudiante: El aprendizaje autónomo tampoco puede ser generalizado, tanto por las competencias específicas que necesita

poseer el estudiante como por los problemas generados del insuficiente o deformado conocimiento de uno mismo. Aun aceptando que cada sujeto pueda ser el que mejor se conoce a sí mismo, queda también el problema de saber de antemano que no sabe algo que todavía no sabe (Rivera-Vargas, Sancho y Sánchez, 2017)

- Los compañeros: Eficaces en procesos de aprendizaje entre pares (*peer-to-peer*), resultan insuficientes para dirigir el aprendizaje de otros salvo que de hecho asuman el rol de formador. Pero la dimensión social del aprendizaje ha sido suficientemente destacada como para no menospreciar su importancia.
- La máquina: La solución propugnada desde hace más de cincuenta años y que sigue atrayendo a muchos: además de su, cuanto menos aparente, bajo costo y elevada amortización, elimina muchos problemas relacionados con la dimensión emocional del aprendizaje. Pero precisamente ese es uno de sus mayores defectos, sin contar con la incapacidad actual para programarlas adecuadamente. Por otro lado, siempre queda la sospecha de que una máquina sólo puede enseñar aquello que puede conocer, lo que, obviamente, limitaría los aprendizajes de los seres humanos guiados por máquinas a aquellos contenidos que esas mismas máquinas podrían aprender.
- El experto externo: Actuará a través de formadores o de máquinas. Desde el desarrollo de la primitiva Tecnología Educativa entendida como el diseño de la enseñanza por autores como Gagné, el papel del experto en diseño curricular se ha considerado fundamental, llegando en ocasiones a dejar al profesor el papel de mero ejecutor. Últimamente se ha potenciado esta visión con la aparición de una burocracia del diseño, teóricamente orientada a asegurar la calidad de los programas, y que, como veremos a continuación, resultan inadecuados o perjudiciales.

La solución se encuentra en una combinación de estos recursos, posiblemente dejando al formador ayudar al estudiante en una toma de decisiones que le hace crecer como persona, con la colaboración y el apoyo de los compañeros, en base a información proporcionada por expertos, y recurriendo a máquinas para eliminar los trabajos más mecánicos, costosos o repetitivos.

Un análisis más en profundidad nos muestra en la siguiente tabla (Tabla 1) las posibilidades y los límites de estos actores.

Capacidad de identificar...	Formador	Sujeto	Pares	Máquina	Experto
Competencias (incluyendo habilidades, actitudes y conocimientos) necesarias para superar con éxito el proceso	Adquirida con la experiencia	Baja	Baja	Alta	Alta
Competencias que posee realmente el sujeto en la materia específica	Adquirida de modo holístico con el trato con el sujeto y la experiencia	Depende del sujeto	Depende	Basada en generalizaciones teóricas	Basada en generalizaciones teóricas
Competencias específicas para el aprendizaje (estilos en su caso)	Adquirida de modo holístico con el trato con el sujeto y la experiencia	Depende del sujeto	Depende	Basada en pruebas poco fiables	Desconocida
Características personales del sujeto (caracteriales, actitudinales, físicas, ...). Por ejemplo resiliencia, resistencia física al esfuerzo, capacidad para un trabajo individual o en grupo, etc.	Adquirida de modo holístico con el trato con el sujeto y la experiencia	Depende del sujeto	Depende	Basada en pruebas poco fiables	Desconocida
Intereses del sujeto, y todo lo relacionado con los elementos incentivadores de la motivación del sujeto	Adquirida de modo holístico con el trato con el sujeto y la experiencia	Depende del sujeto	Depende	Basada en pruebas poco fiables	Desconocida

Tabla 1. Posibilidades y límites de los actores del proceso educativo. Fuente: Elaboración propia.

Lo que se observa inmediatamente es que el experto diseña para un estudiante desconocido, basándose en la imagen ideal que los estudios dan de ese estudiante. Rara vez tiene en cuenta las diferencias individuales.

La máquina (ordenador que gestiona un programa de aprendizaje) pretende poder conocer al sujeto, pero lo hace mediante un tratamiento fragmentado del mismo, generando una imagen que difícilmente refleja la realidad. Para ello se basa en la aplicación de pruebas o en la recogida de información sobre su comportamiento anterior contrastándolo con el comportamiento de miles o millones de sujetos, estableciendo patrones de conducta. Más adelante veremos que esos patrones se basan en un tratamiento matemático de variables insuficientemente conocidas y que en muchos casos resulta difícil de medir mediante escalas numéricas u ordinales. Más de cincuenta años, desde la enseñanza programada de Skinner hasta hoy, proporcionan un abundante corpus investigador que muestra el fracaso de este planteamiento, pero éste vuelve a resurgir periódicamente amparándose en la cada vez mayor potencia de computación de los equipos, recurriendo también periódicamente desde hace treinta años al uso del término “inteligente”.

La columna del formador nos muestra enseguida que aquí la capacidad de un diseño individual acertado queda en manos de la experiencia y el acierto del formador (condiciones suficientemente aleatorias y poco controladas como para hacer temer lo peor, y en efecto, así sucede en muchos casos). También es cierto que en esta tarea los profesores actuales se encuentran con escaso soporte para la toma de decisiones, demasiados alumnos para conocerlos, demasiado poco tiempo para atenderlos y para reflexionar sobre su acción educativa.

Precisamente, lo que pretende el proyecto que aquí se describe, es ofrecer a profesores y estudiantes ese soporte y ese tiempo.

Nos quedan dos columnas más. La del sujeto que toma decisiones sobre su aprendizaje se vincula a determinados sujetos con capacidades para un aprendizaje independiente. Sin embargo, los vertiginosos cambios en la Sociedad de la Información han despertado el interés por una competencia que se está convirtiendo en necesaria para mantenerse actualizado: la autorregulación del aprendizaje. Sobre este punto volveremos más adelante.

La última columna que nos falta analizar, la regulación por pares, es otro tema en alza. Los compañeros-tutor y otras versiones de esta

misma idea han existido desde el siglo XIX, muchas veces por simple necesidad. En ocasiones se les ha reconocido un papel especial como en la experiencia de la televisión educativa en Costa de Marfil de los años sesenta (Babin y Kouloumdjian, 1983; Bartolomé, 1997). En otros simplemente ha sido la única solución posible en miles de aulas unitarias en todo el mundo (Pedraza-González y López-Pastor, 2015). En los últimos años es una idea en alza (Duran, 2004; 2007), especialmente por sus posibilidades para una escuela inclusiva (Lipsky y Gartner, 1997; Duran y Giné, 2011).

2. El camino en el siglo XX

El siglo XX y lo que llevamos del XXI poseen una rica historia en esta búsqueda del “santo grial”, de la receta mágica capaz de solucionar el problema de atender a los aprendizajes de modo individualizado, atendiendo a las diferencias y a las características personales.

2.1. Winnetka y Dalton

El plan de organización de las escuelas de Winnetka se remonta, al menos de acuerdo con los registros bibliográficos, a 1922 (Corcoran, 1927). Winnetka era un suburbio de Chicago de unos 10.000 habitantes. El creador de este plan fue el superintendente de las escuelas públicas C.W. Washburne. Es interesante contrastar este plan con el plan Dalton, fruto de la iniciativa de la señorita Parkhurst.

El plan Dalton (Parkhurst, 1922) consideraba que el sistema de una escuela pública organizada en grados, en la que todo el grupo de alumnos debía aprender lo mismo y en el mismo orden no respondía a la realidad de las diferencias individuales. Para ello reestructuró la enseñanza secundaria en una serie de laboratorios de temas diarios, donde los estudiantes escogían qué temas deseaban tratar. El punto de partida era que todo alumno de más de 10 años capaz de leer y escribir debería ser libre de organizar su propio camino de aprendizaje.

Según Corcoran (1927), Washburne compartía el rechazo por un aprendizaje similar para todos los miembros de un grupo, pero introducía una matización sumamente realista: sólo la mitad de los alumnos de esa edad (sabiendo leer y escribir) son capaces de esa autoorganización del aprendizaje.

Desde aquellos años, las propuestas para tratar de atender las diferencias individuales han ocupado un papel fundamental en el diseño del currículum y la innovación docente metodológica.

2.2. Máquinas de enseñar y enseñanza programada

¿Enseñar es un arte o una tecnología que podemos construir a partir de conocimientos científicos? No es este el lugar para discutirlo. Durante muchos años, los psicólogos consideraron que enseñar era un arte y que poco podía aportar la psicología para mejorar la enseñanza (James, 1899). De ahí parte Skinner (1965) para comenzar a exponer cómo el Conductismo (Behaviorism) puede optimizar la enseñanza a través de dos de sus productos: la enseñanza programada y las máquinas de enseñar. Pero ambas deben entenderse desde los conceptos en que los plantea Skinner:

- Enseñar es modificar la conducta.
- Las razones últimas por las que una conducta se modifica pueden ser desconocidos, pero podemos observar cómo la conducta se construye sobre la base de acciones reflejas asociadas a estímulos. Y esa asociación se puede crear o potenciar.
- La clave en la creación de esas asociaciones es el *feed-back*, la corrección al sujeto indicándole si la conducta (o la respuesta) es correcta o no.

Pressey (1926) se basa en el concepto de “*feed-back*” o “retorno” para diseñar en 1920 las primeras máquinas de enseñar. Aunque eran máquinas concebidas para corregir exámenes, al proporcionar el *feed-back* al estudiante éste aprendía, como el mismo Pressey señaló. Las máquinas de Pressey planteaban preguntas y el estudiante respondía apretando botones, recibiendo inmediatamente información sobre su acierto o error.

Cuando Skinner (1979) recoge esta propuesta que tan poco éxito obtuvo en 40 años, incorpora algunas ideas clave:

- La conveniencia de que el sujeto “elabore la respuesta” mejor que no “escoja” la respuesta.

- El programa debe constar de pasos, de modo que “cada paso debe ser tan pequeño que siempre pueda darse sin mayor dificultad” (p. 24).

La introducción de elementos audiovisuales es fundamental para la riqueza del aprendizaje. Hay que pensar que en ese momento la reproducción de sonido se realiza mediante discos de bakelita o vinilo.

Es interesante constatar que, en esencia, los desarrollos posteriores, incluido el aprendizaje adaptativo, harían bien en leer atentamente las obras clásicas de Skinner pues descubrirían (habrían descubierto) que quizás están inventando la rueda.

La enseñanza programada repite el esquema tecnológico de las máquinas de enseñar, pero sobre cualquier soporte (Lumsdaine y Glaser, 1960; Fry, 1966). Frecuentemente la enseñanza programada, que florece en los años sesenta y setenta, se ha asimilado con los cursos en esta materia llevados a cabo sobre papel.

Un texto de enseñanza programada básicamente consta de ítems en los que se ofrece información y se plantea una pregunta que el sujeto debe responder. A partir de ahí comienzan las variantes, por ejemplo en función del sistema de corrección, que, en los textos, habitualmente se basa en la comparación, por parte del mismo estudiante, entre su respuesta y la respuesta correcta.

El elemento más importante que aporta la enseñanza programada es el mismo concepto de programa (Klotz, 1971). Los dos primeros programas que se proponen son:

- **Lineal:** existe un único camino que todos los sujetos seguirán, variando la velocidad con que lo hace cada uno.
- **Ramificado:** existen varios caminos que cada sujeto va siguiendo en función de sus respuestas.

Estos dos diseños han permanecido a lo largo de la historia, aunque han aparecido variantes interesantes, como la que propone crear un entorno de ítems y respuestas (Murray et al., 1990): este programa pretende corregir concepciones erróneas de Física a través de una red de situaciones.

Cada situación está conectada con otras en las que algunos aspectos han sido modificados de acuerdo con el tipo de error del sujeto.

El sujeto navega por las diferentes situaciones realizando sus interpretaciones. Cada situación incluye:

- Una descripción de la situación
- Una descripción más detallada
- Una pregunta con elección entre varias respuestas
- Una explicación de la respuesta correcta
- Una imagen

Los autores llaman a su diseño “tutorial inteligente”. En este programa el sujeto avanza analizando sus propios errores y profundizando en la comprensión de los conceptos.

2.3. La Enseñanza Individualizada y la Educación Personalizada

La psicología avanzó hacia nuevos derroteros en la segunda mitad del siglo XX. El Conductismo se mostraba insuficiente para explicar los aprendizajes, mientras que las máquinas de enseñar y la enseñanza programada no conseguían el éxito esperado.

El Cognitivismo surge primero como una visión más amplia y posteriormente como oposición al Conductismo, para pronto englobar concepciones notablemente diferentes (Zumalabe, 2012). Las “representaciones” mentales, inicialmente sugeridas por Tolman (1938), fueron posteriormente incorporadas en el Cognitivismo aplicado a la Inteligencia artificial (Winograd y Flores, 1986). Una idea clave es la reproducción de la realidad mediante la elaboración de representaciones. Podemos considerar que un programa instruccional considera esta teoría cuando potencia que el estudiante aprenda estrategia, reglas y modelos. Otro indicador podría ser potenciar que el estudiante acceda a la información.

El Constructivismo sostiene que es el niño el que construye el conocimiento mediante el descubrimiento (Piaget, 1956; Bruner, 1990). Ha evolucionado hacia un Constructivismo Social (Vygotsky, 1978). Se detecta por la importancia dada al descubrimiento y la resolución de pro-

blemas y por tener en cuenta la autorregulación del aprendizaje (Bartolomé y Steffens, 2015).

En este marco, la preocupación por atender las diferencias individuales se traduce en dos nuevas aproximaciones: la Enseñanza Individualizada y la Educación Personalizada.

La Enseñanza Individualizada aparece en los sesenta y en España se implementa a finales de los sesenta y comienzo de los setenta de la mano de la reforma educativa de Villar Palasí. En su imagen más difundida, la individualización se consigue mediante fichas con actividades (Dotrens, 1973; Ferrández, 1978) que guían el trabajo del alumno: en ese sentido no aparece una diversificación de itinerarios o actividades sino únicamente una atención al ritmo de cada uno. Sin embargo, esa diferencia en el ritmo genera desfases que llevan a la elaboración de fichas de ampliación para los que terminan antes, y fichas de recuperación para quienes no consigan superar los niveles exigidos. Ello conlleva una labor de tutoría, con lo que descubrimos que la Enseñanza Individualizada representa un importante avance en la personalización del currículum.

La Educación Personalizada que plantea García Hoz (1970) en España pretende recuperar para la individualización la dimensión social del aprendizaje. Hay que señalar que Enseñanza Individualizada no es sinónimo, contra lo que su nombre pueda indicar, de trabajo totalmente individual y que desde el comienzo se incluye el trabajo en grupo como parte esencial de la misma (Mory, 1964). No difiere esencialmente de la metodología que se propugna desde la Enseñanza Individualizada, aunque sí en la insistencia conceptual en una dimensión más amplia de la instrucción, hacia una concepción educativa más amplia.

La Enseñanza Individualizada y la Educación Personalizada se encuentran detrás de la reforma educativa del ministro Villar Palasí y marcaron toda una época de la EGB con sus fichas individuales. Pero también tuvieron una cierta influencia en el cambio metodológico en la universidad española, aunque más con carácter anecdótico que general (Bartolomé, 1973; Ferrández, 1978). La acción tutorial es considerada un elemento clave.

En este sentido, Lemke (1998) plantea la necesidad de superar el paradigma del aprendizaje curricular (en que alguien decide qué hay que aprender y cuándo), hacia un paradigma del aprendizaje interactivo donde cada estudiante debe establecer sus propios objetivos e intereses de aprendizaje, plantearse preguntas de investigación y planes, acciones y estrategias para alcanzarlos.

2.4. Enseñanza asistida por ordenador

En paralelo, la enseñanza programada encontraba su vía natural de desarrollo en los ordenadores (Coulson y Mullin, 1963). Estamos hablando de grandes equipos a los que se conectaban un elevado número de terminales.

Uno de los programas más analizados fue PLATO (*Programmed Logic for Automated Teaching Operations*), una plataforma desarrollada por la Universidad de Illinois, que se mantuvo activa más de una década, siendo utilizada en numerosos cursos de ésta y otras instituciones (Paden, Dalgaard y Barr, 1977). Las terminales incluían una pantalla como la de los televisores y un teclado: a través de esos dispositivos presentaba material a los estudiantes, le hacía preguntas, juzgaba sus respuestas, respondía a sus errores y les permitía seguir adelante o volver a revisar lo estudiado. Frente a los materiales impresos, PLATO ofrecía imágenes animadas (hasta cierto punto) e incluso un cierto control sobre los gráficos. Es interesante constatar que el programa permitía a los estudiantes acceder a un índice, es decir, permitía elegir en parte su propio camino. Y al tiempo registraba el proceso seguido.

Otro conocido sistema fue TIPS (*Teaching Information Processing System*) desarrollado en la Universidad de Wisconsin (Kelley, 1968; 1973). El programa se plantea el problema de la poca precisión en la información sobre el progreso de cada estudiante, la falta de personalización de la enseñanza y la falta de información en el momento preciso. Y propone que la solución la proporcionará TIPS. Sin embargo, también hay que resaltar que se señala la necesidad del profesor para superar las propias limitaciones del programa. Todo ello llevó a una guerra de siglas (Tabla 2) que trataban de reflejar mejor la función que estos programas debían tener en la enseñanza:

CBI	<i>Computer Based Instruction</i>	EBO	Enseñanza basada en el ordenador	El ordenador es el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje.
CBL	<i>Computer Based Learning</i>	ABO	Aprendizaje basado en el ordenador	El centro se desplaza del programa al aprendizaje del sujeto.
CAI	<i>Computer Assisted Instruction</i>	EAO	Enseñanza Asistida por Ordenador	El ordenador y su programa pasan a tener un papel auxiliar en el proceso de enseñanza.
CAL	<i>Computer Assisted Learning</i>	AAO	Aprendizaje asistido por Ordenador	El centro pasa al proceso de aprendizaje del alumno, en el que el ordenador juega un papel auxiliar.

Tabla 2. Tipos de programas para la educación. Fuente: Elaboración propia.

Las siglas más utilizadas fueron, en inglés, CBL y CAI. En español fue EAO.

A mediados de los sesenta aparecieron los primeros “Ordenadores Personales”: en 1965 Olivetti comienza la comercialización en Estados Unidos de su modelo Programma 101 por un precio superior a los 3.000 dólares (Wall Street Journal, 1965). Con ellos, la EAO recibiría un nuevo impulso en forma de difusión de programas de bajo costo y, reconozcámoslo, dudosa eficacia.

Los ordenadores personales permitieron la producción por parte de los propios profesores de pequeñas aplicaciones que, recogiendo los principios de la enseñanza programada, permitían guiar el aprendizaje del alumno. Entre los programas más conocidos destacamos HyperCard, un generador de hipertextos que incorporaban todos los Macintosh, y que se convirtió en el más utilizado por los profesores de Norteamérica (Bartolomé, 1995). En los años siguientes se comercializarían otros, como Linkway, ToolBook, AuthorWare, etc.

Con la llegada de la Web, muchos de estos programas desaparecieron y algunos se transformaron. Ya en el siglo XXI ha vuelto a producirse un interés por este tipo de *software* con programas como exeLearning, GloMaker, Squeak, Easygenerator, Courselab, SmartBuilder o Articulate. Este programario ha permitido a los profesores generar programas de

ejercitación, tutoriales, programas de PBL, simulaciones, y otros tipos de documentos (Bartolomé, 2002) que incorporan a sus programaciones docentes.

Actualmente estos programas se caracterizan por ser multimedia, integrando tanto la interacción con el usuario como la multiplicidad de representaciones mediadas. En su momento el soporte necesario para el vídeo fue el videodisco (Bartolomé, 1990) pasando posteriormente a diferentes formatos de discos compactos digitales (CD-i, CD-ROM...) para terminar convertidos en multimedia distribuido sobre redes (Bartolomé, 2002).

2.5. Los sistemas inteligentes

Cuanto más leemos sobre cómo el siglo XX ha enfocado la individualización de los aprendizajes con ayuda de máquinas, una y otra vez volvemos al tema del control. Sería equivocado pensar que los programas de CBL, a pesar de centrarse en el control total del proceso por el ordenador, no han tenido en cuenta el papel del profesor o del propio estudiante en la gestión de ese control (Merrill, 1980).

La única forma en la que parecía posible que el ordenador pudiera guiar el aprendizaje era dotándole de una cierta inteligencia. Y éste fue un objetivo temprano (Millward et al, 1978). Los sistemas ICAI (*Intelligent Computer Assisted Instruction*) adoptaron de la Inteligencia Artificial la toma de decisiones mediante un motor de inferencia a partir de una base de datos que se enriquecía. Los equipos debían aprender. Aparecieron los primeros sistemas de tutoría artificial (Larkin y Chabay, 1992). Estos sistemas se basaron en estudios sobre el conocimiento del experto, la transferencia de significados y la secuenciación del contenido. Estos sistemas poseían cuatro componentes principales: una base de conocimientos, un modelo de estudiante, un módulo pedagógico y una interface para la comunicación persona-máquina. Las estrategias pedagógicas eran muy variadas e incluían la presentación de problemas o conceptos cada vez más complejos, simulación de fenómenos, tutoría socrática con corrección de errores, y modelaje de la resolución experta de problemas (Dede, 1986).

Todo ello nos lleva a reconocer que el esfuerzo que se hizo fue inmenso. Pero, así y todo, los resultados siguieron siendo negativos,

en el sentido de que no fue posible llegar a sistemas operativos y generalizables. Por ello a mediados de los noventa la aplicación de la AI (Inteligencia artificial) a los programas CAI se orientó hacia el diseño de los programas más que a una implementación en su mismo funcionamiento.

Sin embargo, pronto aparecería una nueva aplicación de esta idea. En 1994 comenzaba la difusión mundial del World Wide Web, a partir del lenguaje HTML desarrollado por Tim Berners-Lee, y del navegador Mosaic desarrollado en el NCSA (National Center for Supercomputing Applications, de Estados Unidos). En ese marco crecieron los agentes inteligentes, pequeños programas destinados a realizar tareas rutinarias pero capaces de aprender. Los agentes más conocidos fueron los buscadores de información, pero en nuestro caso merece la pena referirnos a los agentes tutores inteligentes (Villareal, 2003; Chou, Chan y Lin, 2003). Estos agentes actuaban como tutores, buscando información al estudiante y proporcionándole un *feed-back* que le permitía mejorar sus aprendizajes. Su difusión fue escasa y de nuevo falló la diseminación del recurso o, simplemente, la prueba de su utilidad.

Con la segunda década del siglo la individualización de los aprendizajes soportada por máquinas ha encontrado un nuevo camino: El aprendizaje adaptativo.

3. Aprendizaje adaptativo

El aprendizaje adaptativo es la versión actual con más éxito del TEALE (*Technology Enhanced Adaptive Learning Environments*) o Entornos de aprendizaje adaptativo potenciados por la tecnología, que comienza con la Enseñanza programada y las máquinas de enseñar (Klotz, 1971). En general el concepto de adaptativo hace referencia a cómo se adapta el contenido y el itinerario a las características personales del sujeto (Karampiperis y Sampson, 2005).

Notar que mientras la noción de “Entorno personal de aprendizaje” (Adell y Castañeda, 2013) potencia la autonomía del sujeto en diseñar su espacio para aprender, el aprendizaje adaptativo asigna dicha responsabilidad a la máquina.

Lo que hacen los TEALE es apoyar esa adaptación al sujeto con tecnología, pero, en muchos casos, eso se hace a través de una centralización de la toma de decisiones en la tecnología, incurriendo en numerosos problemas que luego citaremos. Algunas investigaciones muestran que, al menos algunos modelos de aprendizaje adaptativo, mejoran los resultados de aprendizaje y la eficiencia de algunos alumnos (Tseng, Chu et al., 2008). En concreto alumnos que aprenden utilizando sistemas que ajustan el contenido a su estilo de aprendizaje muestran mejores resultados (Hwang et al., 2013). Algunos desarrollos han tratado de encontrar patrones grupales para realizar ese ajuste y adaptación de la enseñanza (Wang, Wang y Huang, 2008).

Inicialmente la investigación sobre aprendizaje adaptativo se centró en fuentes aisladas de información como el estilo de aprendizaje (Wang, Wang y Huang, 2008; Hwang et al., 2013), el estilo cognitivo (Limongelli et al., 2009) o los logros personales, pero rápidamente se utilizaron varias de estas fuentes (Yang, Hwang y Yang, 2013), por ejemplo, la conducta de aprendizaje y el estilo de aprendizaje (Tseng, Chu et al., 2008). De ese modo se creaban “modelos de estudiante” a los que ajustar los posibles itinerarios (Vandewaetere, Desmet y Clarebout, 2011).

Si bien esto recoge la esencia de los TEALE, no han faltado iniciativas creativas que se han orientado hacia planteamientos diferentes, como por ejemplo sistemas adaptativos basados en dispositivos móviles (Martin y Carro, 2009). También se han hecho esfuerzos por tratar de dotar de itinerarios adaptativos a herramientas tradicionales de la Web 2.0 como los blogs y las wikis (Huang y Yang, 2009).

3.1. ¿Máquinas de enseñar evolucionadas?

Vale la pena leer con atención los siguientes párrafos, cualquiera de ellos inmediatamente identificables como referidos al aprendizaje adaptativo, extraídos de folletos de promoción de la plataforma Newton:

“Los modelos tradicionales de enseñanza, proponen seguir una ruta lineal de aprendizaje, donde a través de una única secuencia de clases y actividades todos los alumnos van adquiriendo diversos conocimientos. Sin embargo, cada alumno aprende a un ritmo y forma diferente... creando un camino de enseñanza personalizado, diferenciado y adaptativo único para cada estudiante”

“Los alumnos difieren en la cantidad de tiempo y práctica que requieren para el dominio de determinados objetivos educativos, por lo que se requiere organizar las condiciones para atender a las diferencias individuales”

“El alumno adquiere (autónoma e individualmente) conocimientos y habilidades (establecidos previamente) (...) dirigir el aprendizaje humano bajo condiciones controladas”

“La enseñanza tradicional obligaba a todos los estudiantes a seguir un mismo y único proceso”

“(...) ajustar la enseñanza a las potencialidades y a las debilidades de los estudiantes”

Lo realmente interesante es que, mientras el primer párrafo corresponde exactamente al aprendizaje adaptativo, el segundo corresponde a la enseñanza programada ya comentada y el tercero a un programa de ICAI (Programa Inteligente de Enseñanza Asistido por Ordenador). Leer textos de aprendizaje adaptativo a veces se convierte en un viaje en el tiempo al siglo pasado.

El resurgir actual de este tema hay que entenderlo a partir del aluvión de datos que la red nos proporciona.

3.2. *Big data*

Con el siglo XXI ha aparecido el interés por el *Big Data*, y en particular por las posibilidades que ofrece de ayudarnos a entender este mundo, a pesar de las perversiones de una privacidad invadida (Manyika, 2011). Cada día dejamos una cantidad inimaginable de información en los ordenadores de la red, información que habla de nuestros gustos, nuestras intenciones, nuestras habilidades, etc. Relacionando estos datos y analizándolos, las empresas han descubierto que pueden “ayudarnos” ofreciendo respuestas a preguntas que ni siquiera hemos planteado. La minería de datos es la tarea de explorar esa información hasta extraer el “mineral puro” es decir aquella información que puede resultar útil a una empresa, un usuario, un gobierno...

La reacción a la minería de datos suele ser de cerrarse frente a la invasión de la privacidad. El problema es que, incluso contando con el de-

sarrollo de una legislación y una normativa más restrictiva, siempre quedarán ámbitos en los que la información que de nosotros queda después de nuestro paso por la red puede ser aprovechada. Parte de esa información es depositada directamente por el usuario: cuando visita una página de un banco utiliza más frecuentemente ciertos servicios y esto llevará a la entidad a enriquecer su oferta en esa línea o a facilitar el acceso a los mismos.

Podemos encontrar ejemplos de cuya inocuidad podemos dudar: una entidad bancaria afirmó poder identificar el sexo del usuario que entraba en su página por el modo de desplazar el puntero. ¿Cierto o leyenda?

Los ejemplos de un uso socialmente aceptable y beneficioso para los individuos son suficientemente numerosos como para que resulte discutible una descalificación global del fenómeno: un análisis de las llamadas de auxilio por accidentes permite identificar dónde colocar sistemas de comunicación o de ayuda. Las compras que se realizan permiten predecir tendencias y mantener las existencias evitando esperas. Estamos tan acostumbrados a estos beneficios que si de pronto dejase de utilizarse esa información seguramente protestaríamos ante la pérdida de calidad en el sistema de salud o en la administración pública, en los comercios o en la localización de personas. Por ejemplo, cuando Google Maps nos envía por la ruta más rápida y predice con razonable precisión el tiempo que emplearemos está utilizando los datos de ubicación y desplazamiento de miles de teléfonos móviles que están cediendo esos datos. O un banco puede detectar un posible uso fraudulento de una tarjeta y avisarnos inmediatamente gracias al contraste de la información de localización de la operación con las rutinas archivadas que tienen del uso que hacemos de los instrumentos de pago.

Tomar decisiones en función de esos datos se denomina “*data-driven decision making*”.

3.3. Analíticas de aprendizaje

El uso cada vez más generalizado de dispositivos electrónicos en los procesos de enseñanza/aprendizaje, bien sea en modalidad en línea o mezclada (*eLearning* o *Blended Learning*) ha comenzado a generar también

un volumen de datos que, potencialmente, podrían ayudar en esos procesos de aprendizaje. El número de accesos al entorno virtual, el tiempo empleado en realizar ejercicios, el tipo de soluciones exploradas, la participación en los foros, etc. nos pueden llegar a proporcionar información sobre alumnos en riesgo de abandonar los aprendizajes o sobre la adecuación de ciertas actividades a los estudiantes.

El tema ha sido tratado en los últimos años con más esperanzas que resultados concretos (Siemens y Long, 2011; Siemens y Baker, 2012). En estas aproximaciones en general se mantiene que la decisión última corresponde a profesores y estudiantes, pero no debe extrañar que el aprendizaje adaptativo y en general los TEALE hayan encontrado en este campo una auténtica mina de oro, y nunca mejor utilizada la expresión “mina”.

Mientras todos los intentos anteriores de TEALE han fracasado en tanto en cuanto han buscado soluciones “automáticas” o “inteligentes”, la minería de datos parece ofrecer hoy la solución perfecta. El argumento es: si se analiza cómo miles, millones de niños aprenden la aplicación del teorema de Pitágoras al cálculo de distancias, no resultará difícil poder predecir ante un niño nuevo cuál es el camino que se ha mostrado más exitoso con aquellos otros que eran o actuaban como él.

Newton es la gran empresa que se arroga el privilegio de ofrecer la mejor solución adaptativa. La descripción que ella misma hace del proceso no puede ser más explícita:

“Un modo de enseñar basado en la idea de que el currículum debe adaptarse a cada usuario”

Newton utiliza miles de datos y sofisticados algoritmos para construir el contenido perfecto para cada estudiante. Utiliza términos técnicos para describir ideas ya conocidas: el “*Item Response Theory (IRT)*” no es sino valorar diferentemente los errores en función de la dificultad de la pregunta, y el “*Probabilistic Graphical Models (PGMs)*” significa que conocer la probabilidad de que el alumno domine las fracciones puede ayudar a conocer su probabilidad de dominar también los decimales.

En ocasiones los mecanismos que utiliza son discutibles. El “*Hierarchical Agglomerative Clustering*” ayuda a agrupar a los alumnos que estudian lo mismo por su dominio de la materia, estrategia muy cuestionada por la investigación educativa desde hace más de treinta años (González et al., 2002).

3.4. La gamificación

En otro lugar se ha hecho referencia a la gamificación. La idea de aprender deleitando o la introducción de las mecánicas del juego en la enseñanza no son algo nuevo. Lo que aparece como novedoso es la multiplicidad de posibilidades que se ofrecen al generar de modo automático índices que estimulan la competición (entre compañeros o consigo mismo).

La gamificación es una estrategia propia de la civilización de lo ligero o de la ligereza hipermoderna (Lipovetsky, 2016) en que los contenidos, la acción docente y la evaluación tienden a ser leves (que no vacuos) y abiertos en su aspecto formal.

Según Lee, Ceyhan, Jordan-Cooley y Sung (2013) la gamificación puede acabar siendo un sistema práctico que proporcione soluciones rápidas con las que el usuario aprenda constantemente a través de una experiencia gratificante. Además, como sistema educativo, resulta atractivo teniendo en cuenta que la gamificación puede ser una estrategia de gran alcance que promueva la educación entre las personas y un cambio de comportamiento, por lo tanto, la gamificación en el ámbito académico puede crear incluso un estado de dependencia sano.

Más allá de esto, es sorprendente ver aparecer de nuevo viejos conceptos como si fueran novedades y, en especial, cuando estos conceptos son discutibles, al menos para fundamentar en ellos todo el mecanismo de motivación e incentivación de los estudiantes.

3.5. Una visión crítica

En los textos anteriores se han deslizados algunos elementos sobre el endeble soporte científico del aprendizaje adaptativo tal y como se propone. Aquí añadiremos tres argumentos que ponen en cuestión la propia esencia del uso de las analíticas de aprendizaje como eje principal para la toma de decisiones docentes.

3.5.1. Tratamiento matemático de una realidad no matemática

En realidad, éste es un problema similar al que se produce cuando utilizamos escalas numéricas racionales para expresar el resultado de evaluación de un proceso complejo de aprendizaje: se asigna un 8 o un 4 pero en realidad no podemos afirmar que el 8 represente el doble de aprendizaje que el 4. Ni siquiera podemos afirmar que la diferencia en los aprendizajes entre dos alumnos que obtienen un 8,1 y un 8,2 sea similar a la que se produce entre dos alumnos que obtienen un 8,2 y un 8,3.

Estos valores racionales pueden ser adecuados para expresar el resultado de una medida determinada, por ejemplo, en un test. Pero, aunque nos resulte confortable, lamentablemente no son adecuadas para muchas de las variables que se producen en un entorno de aprendizaje. Por citar sólo algunas, el interés, el entusiasmo, la motivación, el conocimiento o la creatividad son variables que no pueden expresarse mediante números. Como mucho podemos aspirar a escalas ordinales o categóricas.

3.5.2. Variables insuficientemente definidas

Pero el problema se agudiza porque se trata de variables insuficientemente definidas. En muchas ocasiones hemos recurrido al concepto de “constructo” ante la indefinición de estas variables. Definimos “motivación” como un estado de ánimo que lleva al alumno a asumir las tareas con más interés. Cualquier otra definición que encontremos veremos que permitiría a diferentes observadores extraer diferentes conclusiones. La conducta que en una cultura puede reflejar una elevada motivación, en otra no la refleja. En definitiva, nos vemos obligados a buscar “indicadores” o “evidencias”.

3.5.3. Irrelevante vs. medible

Y con eso llegamos al núcleo de la cuestión: en Educación debemos aceptar que las variables (¿constructos?) que son relevantes no son medibles y difícilmente son observables. Y viceversa, si algo es medible y observable como para ser representado matemáticamente, raramente suele ser relevante.

Por ejemplo, cuando en Newton dicen que, a partir de un ejercicio mal

resuelto de un estudiante, analizan miles de datos y deciden cuál debe ser el siguiente paso, me pregunto: ¿Sabes en Newton si su gatito se murió el día anterior?, ¿si su madre le riñó o se peleó con sus amigos?, ¿si su equipo de fútbol ganó o perdió?... ¿Sabe algo de todas las cosas que realmente le afectan y afectan al modo como resuelve ese ejercicio?

¿Cómo es posible que triunfen planteamientos que no soportarían un mínimo contraste con los resultados obtenidos por la investigación en Educación en el siglo XX?

Pero eso no quiere decir que no sea posible aprovechar elementos de las analíticas de aprendizaje, utilizar en ocasiones recursos de gamificación, e integrar paquetes de aprendizaje adaptativo en un diseño enriquecedor.

4. Otros elementos a considerar en el proyecto

4.1. La toma de decisiones por el estudiante. Aprendizaje autorregulado

Hablar de toma de decisiones por el estudiante se relaciona con la autorregulación del aprendizaje. La importancia otorgada hoy al aprendizaje autorregulado (SRL, “*self-regulated learning*”) viene tanto por los mejores resultados de aprendizaje que obtienen los estudiantes que “mejor regulan sus aprendizajes” (Zimmerman y Schunk, 2008) como por la necesidad de esta competencia en ambientes informales de aprendizaje (Hofer et al., 1998).

El interés por el SRL se reflejó en trabajos de Psicología Social ya en los ochenta, en tanto que diez años más tarde llegó al campo educativo siendo cada vez más difícil distinguir entre conceptos como autorregulación, autogestión, metacognición, etc. (Zeidner et al., 2000).

El SRL hace referencia al ajuste de objetivos, el seguimiento del proceso y elección de estrategias y la autoevaluación. Aquí estamos especialmente interesados en el segundo punto: cómo el estudiante escoge las estrategias más adecuadas, aunque no necesariamente en relación a los aprendizajes sino a sus propios objetivos. Este aspecto no está claramente demostrado y algunas investigaciones han mostrado que los estudiantes no siempre escogen las actividades de aprendizaje que

mejor se adaptan a su forma de conocer o su estilo de aprendizaje, sino que lo hacen basados en su intuición y sus preferencias (Hwang et al., 2013).

El aspecto más interesante es que, aceptando que el SRL es hoy una competencia deseable, lo cierto es que los sistemas en los que la elección del camino y las estrategias las determinan elementos externos al sujeto, sea el profesor, sea una máquina, no es la mejor forma de desarrollar esa competencia. El problema radica frecuentemente en la necesidad del desarrollo de nuevas competencias en el profesorado.

4.2. Microlearning

Una propuesta con fuerza hoy para la formación ocupacional, a medio camino de la Educación informal y la no formal, es el *microlearning*. Básicamente se trata de organizar el contenido en pequeñas unidades de corta duración, quizás un par de minutos, que pueden ser realizadas a demanda del usuario y en el orden que desea (Hug, Lindner y Bruck, 2005).

El microlearning lleva al extremo la tendencia a la fragmentación y miniaturización de los contenidos de aprendizaje que apareció con los objetos de aprendizaje (Wiley, 2002).

Los objetos de aprendizaje han evolucionado de sus primitivas descripciones de objetos encapsulados hacia cualquier tipo de recurso de aprendizaje disponible en la red. Y eso nos lleva a una aproximación al aprendizaje adaptativo realmente sugerente. Frente a los macrosistemas que gestionan algunas grandes empresas como Newton y que han provocado una visión recelosa por parte de educadores temerosos de la “comercialización” y la “centralización globalizada” de la enseñanza, otros han tratado de desarrollar algoritmos que permitan “adaptar” la búsqueda de esos objetos, por ejemplo, proponiendo un algoritmo para encontrar el objeto de aprendizaje que mejor se ajusta a las características de un sujeto. (Yang y Wu, 2009; Yaghmaie y Bahreininejad, 2011).

Se trata de un desafío que, de resolverse, planteará un escenario nuevo y revolucionario en este tema (Tseng, Su et al., 2008). No es un desafío sencillo pues, como señalan Aroyo et al. (2006) el sistema debe inter-

actuar con los contenidos semánticos en la Web, y esto es algo que todavía no ha sido suficientemente desarrollado (Web 3.0).

4.3. Mastery learning

Detrás de varios de los conceptos explicados se encuentra la idea del “*Mastery learning*”, es decir, del aprendizaje en el que el sujeto avanza de acuerdo con su nivel de dominio (Block y Burns, 1976), el “*Learning for Mastery*” que propuso Bloom (1968), y que Kulik et al. (1990), tan críticos en otros metaanálisis en relación al uso de los medios, encontraron que mejoraba los resultados especialmente de los estudiantes más débiles.

Pero hoy *Mastery learning* también se identifica con la capacidad del sujeto de guiar su aprendizaje (Khan, 2016). Y esta es una idea que justifica introducir aquí esta referencia.

Creemos que el actual interés despertado hoy por el aprendizaje basado en competencias (*Competency Based Learning*) proviene del *Mastery learning* aunque también ha desatado una extraña guerra en la que los conceptos se confunden (¿quizás una lectura apresurada de las siglas CBL?): ver el blog de Diane Ravitch (2018).

4.4. Los contratos de aprendizaje

El uso de contratos de aprendizaje, es decir, la formalización del programa a aprender y las actividades a realizar para ello mediante un contrato por el alumno es una vieja idea, sustentada en Dewey, que encajaba muy bien con los planteamientos de educación de adultos (Knowles, 1973) que sigue teniendo hoy un gran atractivo (Fernández y González, 2009; González et al., 2002).

Los contratos se han utilizado para potenciar las destrezas metacognitivas (Chiang, 1988). Ese es el punto de unión entre esta estrategia de implicación del estudiante y el proyecto.

El proyecto aquí descrito pretende utilizar recursos propios del aprendizaje adaptativo como soporte a la toma de decisiones conjunta de profesor y estudiante, que se concreta en un itinerario formado por pequeñas unidades, y que se formaliza mediante contratos inteligentes (que se generan automáticamente).

4.5. La dimensión social del aprendizaje

No vamos a extendernos aquí en la dimensión social del aprendizaje. El tema ha sido ampliamente tratado por numerosos teóricos (Vygotsky, 1978) y educadores prácticos y hoy es algo ampliamente aceptado que el aprendizaje se produce en el seno del grupo y que el grupo es un poderoso elemento que influye en las dinámicas de los aprendizajes. Varias de las metodologías y tecnologías señaladas plantean un aprendizaje individual. De hecho, el planteamiento de itinerarios diferentes adaptados a cada sujeto parecería que implica una individualización de la enseñanza.

El prototipo que se desarrolla no funciona así. Como luego se describe, los bloques pueden suponer actividades individuales o en grupo. Sin embargo, los grupos no deben interpretarse desde la perspectiva de grupos estables sino como redes personales que desarrollan los propios estudiantes.

En este sentido, este proyecto se sitúa en la línea del Conectivismo y plantea un aprendizaje en red, en el que el estudiante aprende a través de sus redes y, como resultado de ese aprendizaje, crea sus propias redes (Salinas, Pérez y de Bento, 2008). Podríamos visualizar los itinerarios de aprendizaje como una multitud de caminos que se entrecruzan, en ocasiones avanzan juntos y en ocasiones se separan. Más correctamente podríamos pensar en itinerarios (que reconocemos por las huellas que dejan) que se juntan, mezclan y separan.

5. El proyecto

El proyecto ha pasado por varias fases de definición. Después de 8 meses de actividades previas, finalmente se ha organizado de la siguiente manera.

5.1. Un camino personal

La web nos ofrece miles de vídeos, textos, simulaciones, presentaciones multimedia y otros tipos de recursos que permiten aprender. Con ellos prepararemos unos "objetos de aprendizaje": que son de todo tipo (vídeos, textos, simulaciones, foros, *master-class*, *webinar*...) que permitirán realizar aprendizajes específicos.

Cada uno de estos objetos de aprendizaje (OA) requiere unos conocimientos o habilidades previas para poder realizarlo, y los alumnos que los utilicen deberían terminar con otros conocimientos o habilidades. Los primeros servirán para construir una "prueba inicial" que permitirá al alumno y al profesor pactar qué OA realizar, es decir, qué camino seguir. El logro de los segundos se traducirá en una calificación, la suma de las cuales dará lugar a la evaluación.

La calificación obtenida puede interpretarse desde dos perspectivas: en sí misma es una puntuación que nos habla del logro del alumno. Pero puesto que cada OA tiene un nivel diferente de dificultad, requiere un nivel diferente de esfuerzo, y tiene una importancia diferente, alumnos que siguen itinerarios diferentes, trabajando con diferentes OA, también obtendrán una puntuación relativa al grupo, es decir, relativa a las puntuaciones que han obtenido sus compañeros, teniendo en cuenta la dificultad, el tiempo requerido y la importancia.

La evaluación final tendrá en cuenta ambas perspectivas.

En ese camino definido entre profesor y alumno es posible que en un momento determinado sea necesario realizar cambios. Quizás introducir nuevos OA. O quizás introducir alguno que no estaba previsto. La Web es rica en esta oferta.

Algunos alumnos trabajarán con cinco OA mientras otros puede que se atrevan con quince. Estos OA tendrán diferentes niveles de dificultad, pues también los estudiantes tendrán diferentes competencias previas. Los intereses de los estudiantes harán que dediquen más o menos tiempo a la materia, respetando los mínimos que marca el plan de estudios.

5.2. Diagrama general

Un repositorio o biblioteca contiene todos los OA (actividades) que se ofrecen.

En el espacio personal del alumno (PLE), que organiza a su modo y manera, se encuentran aquellos OA que configuran su itinerario personal (Figura 1).

En ese mismo PLE, el estudiante puede añadir otros recursos de la Web. El profesor evalúa un OA cuando el alumno lo ha completado, a partir de los resultados de medida o valoración que proporciona el sistema: pueden venir del propio estudiante, de sus compañeros, de un test corregido por el ordenador o de una prueba corregida por el profesor.

Los resultados de esta evaluación se guardan como registros de eventos en una "cadena de bloques" (*blockchain*). En esta tecnología, la información no puede ser alterada, extraviada ni añadida. Pero es transparente y pública, aunque los datos personales no aparecen. En cualquier momento es posible ver qué resultados están obteniendo todos los estudiantes en los diferentes OA, aunque no es posible conocer los resultados de uno específicamente.

Esa información personal sólo es accesible para el propio estudiante y para el profesor. Ambos acceden desde sus respectivos espacios de trabajo mediante unos "gestores" o programas. El del estudiante le permite ver sus resultados y los resultados (anonimizados) de sus compañeros, conociendo en todo momento su situación personal y en relación al grupo. El del profesor le permite introducir sus evaluaciones y conocer la situación de cada estudiante, individualmente y en el marco del grupo.

En su conjunto el sistema permite a cada alumno seguir su propio camino de acuerdo con sus propias necesidades, intereses y habilidades. Al tiempo ofrece un sistema de evaluación transparente, fiable, seguro y que combina el reconocimiento al esfuerzo personal del estudiante con el reconocimiento al esfuerzo que han hecho sus compañeros.

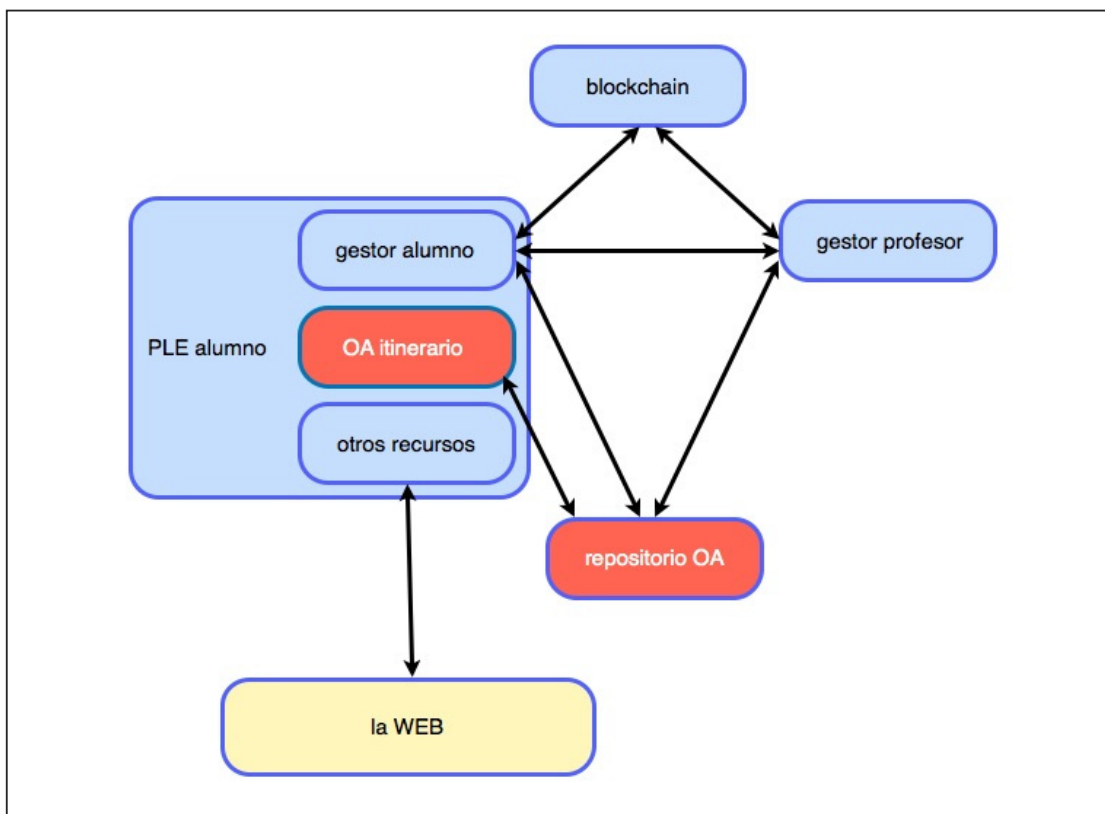


Figura 1. Organización del Espacio Personal del Alumno en relación con los objetos de aprendizaje. Fuente: Elaboración propia.

5.2.1. Actividades

Las unidades, actividades o bloques se denominan Objetos de Aprendizaje (OA), aunque obviamente no con el sentido preciso con el que se utilizó en el pasado este término. Los OA se distribuyen sobre una plataforma basada en *Learning Toolbox*.

5.2.2. Gestores

Los interfaces de gestión de alumnos y profesores se desarrollan sobre una plataforma propia que permite acceder tanto a la información contenida en *Blockchain* como a los *stacks* (o bloques) de *Learning Toolbox*.

5.2.3. Blockchain

Se utiliza la plataforma Ethereum. Los costos directos derivados del uso se estiman en 0,15€ por estudiante y 0,25€ por cada registro (cada actividad hecha por cada estudiante). El desarrollo del proyecto, así como las APIs que relacionen las diferentes bases de datos tienen un costo propio.

Las variables presentes en las diferentes bases de datos se relacionan así con los registros de *Blockchain*:

Variable en <i>Blockchain</i>	Variable en repositorio OA	Variable en BD de alumnos
id_alumno		numero
id_oa	refe	refe_OA
complejidad_oa	complejidad	
esfuerzo_oa	esfuerzo	
peso_oa	peso	
puntos		puntos_OA
puntos_pond		ponderados_OA

Tabla 3. Variables y su registro. Fuente: Elaboración propia.

5.3. Los Objetos de Aprendizaje

Cada Objeto de Aprendizaje (OA) define qué objetivo de aprendizaje pretende ayudar a conseguir, qué actividades hay que realizar, cómo (y por quién) se evaluarán, qué nivel de dificultad plantean y qué esfuerzo en tiempo pueden requerir. También qué importancia tienen en el peso de la materia. Hay varios tipos de OA.

5.3.1. Master class

Son clases presenciales, impartidas por un experto, generalmente con una exposición, pero incluyendo también la participación del estudiante. Éste participará posiblemente con alguna lectura previa y en algún tipo de discusión, habiendo tomado notas. Muchas veces la evaluación consistirá en un pequeño trabajo o una prueba que pueden ser valorados por sus propios compañeros y evaluados por el profesor. Naturalmente, estos OA tienen lugar un día y a una hora determinada.

5.3.2. Estudio de caso

Se trata de estudiar un caso real: esto implica unas lecturas y participar en actividades en grupo. Se trata de un OA que exige trabajar de modo colaborativo con un grupo pequeño de compañeros, analizando un uso

determinado de las TIC en Educación Social. Puede ser valorado por el profesor mediante un pequeño trabajo de 3 páginas.

5.3.3. Herramientas estándar, herramientas básicas, herramientas avanzadas

Se trata de desarrollar suficiente competencia en el uso de determinadas herramientas o recursos digitales. Algunas son recursos estándar, mientras que puede que estudiantes con menos habilidades en este campo decidan trabajar previamente herramientas básicas. Los más avanzados también encontrarán OA a su medida. Se suelen trabajar individualmente aunque el trabajo en grupo puede ayudar a conseguir las destrezas que se buscan. La valoración la darán en muchos casos los ordenadores que reflejarán el uso que el estudiante está haciendo de la tecnología.

5.3.4. Desafíos educativos

Son, como su nombre indica, desafíos en los que los estudiantes, bien individualmente, bien en grupo, deben diseñar e implementar aplicaciones de las TIC en situaciones educativas. Son complejas y las valora el profesor.

5.3.5. Retos para un investigador

Los estudiantes con inquietudes investigadoras podrán comenzar a trabajar en el marco de la investigación educativa. Son actividades en grupo o individuales. Proyectos capaces de entusiasmar.

5.3.6. Dialogar y construir

A lo largo del curso los estudiantes deberán reflexionar a través de espacios de diálogo. También pueden convertirse ellos mismos en creadores: crear objetos educativos, para ellos mismos o para su actividad como educadores. En este tipo de OA la creatividad y la iniciativa tienen un peso importante.

Cada alumno pactará con el profesor su propio itinerario de aprendizaje, los OA que realizará. Para ello tendrán en cuenta la información que proporcione la prueba inicial, los intereses del estudiante y sus capacidades. Pero hay algunas exigencias mínimas: en cualquier caso, todos los estudiantes deben incluir en su itinerario al menos un OA de

cada tipo, excepto en el caso de los "Retos para un investigador". El índice de OA proporciona una imagen bastante clarificadora.

5.4. Planificación temporal

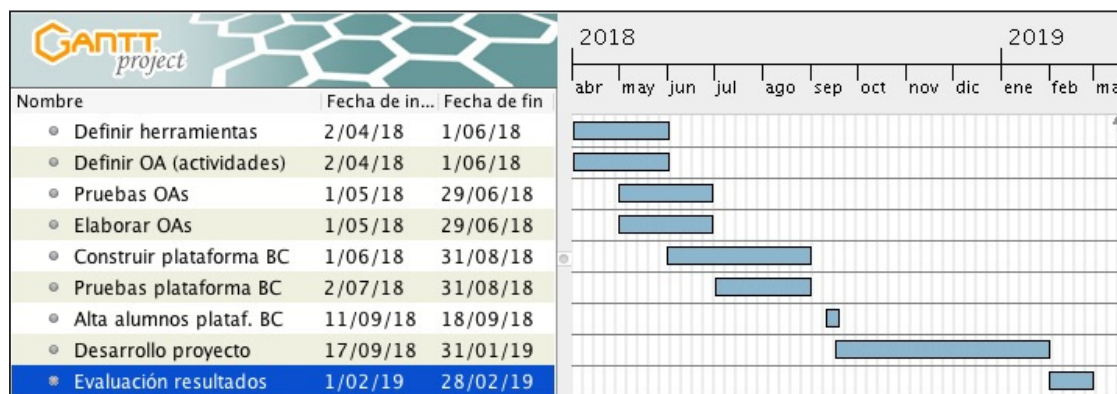


Figura 2. Planificación temporal del proyecto (muestra). Fuente: elaboración propia.

5.5. Un proyecto abierto

A partir de la experiencia del curso 2018-2019 el proyecto se abre a otros profesores interesados. En un primer momento se trabaja sobre contenidos de materias relacionadas con el uso de las TIC en Educación. Pero nuevas materias pueden incorporarse en el futuro.

5.6. Un aspecto transversal: la alfabetización digital

El proyecto contribuye de forma transversal a formar estudiantes que puedan convertirse en residentes digitales (White y Le Cornu, 2011), que sean hábiles en la construcción de su identidad analógica y digital. Las competencias adquiridas y la corresponsabilidad en la adecuación y consecución del itinerario formativo, los acerca al ideal de formación de personas libres, críticas y aptas para la realización personal, así como para la intervención en su entorno social. A esto contribuye las habilidades y conocimientos adquiridos (a través de las acciones y contenidos de los OA), así como el empoderamiento que supone la alfabetización digital (Grizzle et al., 2011) apropiada en el tránsito formativo descrito.

6. Algunas consideraciones finales

En el presente capítulo hemos realizado un esbozo de la presentación y próxima ejecución del proyecto *Edu-blockchain*, una propuesta de individualización de los aprendizajes mediante la generación de itinera-

rios personalizados para cada estudiante, gestionados mediante cadenas de bloque, que se llevará a cabo en los estudios de grado de Educación Social de la Universidad de Barcelona. Al respecto, si bien siempre es difícil anticiparse a lo que sucederá, creemos que el proyecto ofrece respuestas a un conjunto de desafíos educativos relevantes del presente y del futuro, entre los que destacan los siguientes:

- Primero, tal como hemos analizado, el estudiantado cuenta con una actitud que favorece la autonomía en sus procesos de aprendizaje.
- Segundo, el resultado de múltiples transformaciones educativas en las últimas décadas nos ha dejado en evidencia que el estudiantado actual presenta actitudes y habilidades diferentes entre ellos, lo que, por un lado, denota que existen necesidades de aprendizaje distintas, y por otro, nos obliga a pensar en nuevas estrategias de enseñanza.
- En tercer lugar, nos situamos en un contexto donde la universidad y en general, la educación formal, tienden a ser replanteadas y pensadas. Por lo que proyectos como *Edu-blockchain* reflejan el interés que existe desde la propia institución educativa por construir procesos de enseñanza y aprendizaje acordes con las actuales demandas de la sociedad.

Referencias

Adell, J., y Castañeda, L. (2013). El ecosistema pedagógico de los PLEs. Entornos Personales de Aprendizaje: *Claves para el ecosistema educativo en red*, 29-51.

Aroyo, L., Dolog, P., Houben, G., Kravcik, M., Naeve, A., Nilsson, M. y Wild, F. (2006). Interoperability in personalized adaptive learning. *Educational technology & society*, 9 (2), 4-18.

Babin, P. y Kouloumdjian, M.F. (1983). *Les nouveaux modes de comprendre. La génération de l'Audiovisuel et de l'Ordinateur*. Lyon: Éditions du Centurion.

Bartolomé, A. (1990). *Vídeo Interactivo. Educación y Empresa*. Barcelona: Edic. REDE. http://www.lmi.ub.edu/personal/bartolome/libros/1990_Bartolome_VI.pdf

Bartolomé, A. (1995). Sistemas Multimedia para la Enseñanza. En J. Ballesta (1995). *Enseñar con los medios de comunicación*. Barcelona: PPU, pp. 187-204.

Bartolomé, A. (1997). Preparando para un nuevo modo de conocer. En M. Rosa Gorreta (Coord.). *Desenvolupament de capacitats: Noves Estratègies*. Hospitalet de Llobregat: Centre cultural Pineda. pp. 69-86. http://www.lmi.ub.es/personal/bartolome/articuloshtml/bartolom_pineda_96/

Bartolomé, A. (2002). *Multimedia para Educar*. Barcelona: Edebé.

Bartolomé, A. y Steffens, K. (2015). Are MOOC Promising Learning Environments?. *Comunicar*, 44, 91-99. doi:10.3916/C44-2015-10

Bartolomé, M. (1973). La función orientadora de las técnicas de trabajo individualizado en la Universidad. *Revista Española de Pedagogía*, 31 (121), 21-33. <http://www.jstor.org/stable/23763111>

Bauman, Z. (2008). *Los restos de la educación en la Modernidad Líquida*. Barcelona: Gedisa.

Block, J. H. y Burns, R. B. (1976). 1: Mastery learning. *Review of research in education*, 4(1), 3-49. http://edt530fall09.pbworks.com/f/block_burns_1976.pdf

Bloom, B.S. (1968). Learning for Mastery. *Evaluation Comment*, 1 (2), 1–12.

Bruner, J. (1990). *Acts of meaning*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Cobo, C. (2016). *La Innovación Pendiente: Reflexiones (y Provocaciones) sobre educación, tecnología y conocimiento*. Nueva York: Penguin Random House.

Corcoran, T. (1927). The Winnetka school plan. *The Irish Monthly*, 55(644), 63-67. <http://www.jstor.org/stable/20518062>

Coulson, J. E. y Mullin, A. A. (1963). Programmed learning and computer-based instruction. *American Journal of Physics*, 31(2), 147-148. doi:10.1119/1.1969325

Chiang, L. H. (1998). Enhancing metacognitive skills through learning contracts. Paper presentado en *Annual Meeting of the Mid-Western Educational Research Association*, Chicago, IL.

Chou C., Chan T. y Lin C. (2003). Redefining the learning companion: the past, present, and future of educational agents. *Computers and Education*, 40, 255-269. doi:10.1016/S0360-1315(02)00130-6

Day, C. (2002). *Developing teachers: The challenges of lifelong learning*. London: Routledge.

Dede, C. (1986). A review and synthesis of recent research in intelligent computer-assisted instruction. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24 (4), 329-353

Dewey, J. (1938). *Experience & Education*. New York, NY: Kappa Delta Pi.

Dottrens, R. (1973). *La enseñanza individualizada*. Buenos Aires: Editorial Kapelusz.

Duran, D. (2004). Tutoría entre iguales. *Innovación Educativa*, 75, 63-68. <http://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1NSDF3XND-18KTC5L-16LY/04%20TUTORIA%20ENTRE%20IGUALES.pdf>

Duran, D. (2007). ¿Solos ante el peligro? Las gafas que nos impiden ver la importancia de las interacciones entre los alumnos. En M. Castelló (coord.): *Enseñar a pensar. Sentando las bases para aprender a lo largo de la vida*. Madrid. Ministerio de Educación y Ciencia.

Duran, D. y Giné, C. (2011). La formación del profesorado para la educación inclusiva: Un proceso de desarrollo profesional y de mejora de los centros para atender la diversidad. *Revista Latinoamericana de educación inclusiva*, 5(2), 153-170. http://www.rinace.net/rlei/numeros/vol5-num2/art8_htm.html

Fernández, M. D. y González, A. S. (2009). Estrategias didácticas creativas en entornos virtuales para el aprendizaje. *Revista Electrónica publicada por el Instituto de Investigación en Educación*. http://bibliografia.eovirtual.com/DelgadoM_2009_Estrategias.pdf

Ferrández, A. (1978). *La enseñanza individualizada*. Barcelona: Ceac.

Fry, E. B. (1963). *Teaching Machines and Programmed Instruction; an Introduction*. New York: McGraw-Hill. (versión en español de 1966 “Máquinas de enseñar y enseñanza programada”, publicada por Magisterio Español)

García Hoz, V. (1970). *Educación personalizada*, Madrid: CSIC

Garrison, D.R. y Anderson, T. (2003). *E-learning in the 21st century: A framework of research and practice*. Londres: Routledge Falmer.

Gisbert, M. (2000). El profesor del siglo XXI: de transmisor de conocimientos a guía del ciberespacio. En J. Cabero y otros (coord.). *Y continuamos avanzando. Las nuevas tecnologías para la mejora educativa*, 315-331. Sevilla: Kronos.

González, P., Delgado, B., Valenciaga, A. y Morgado, M. J. (2002). Contratos de aprendizaje (CP Ruperto Medina, Portugalete). *Cuadernos de Pedagogía*, 316, 54-56

Grizzle, A., Wilson, C., Tuazon, R., Akyempong, K. y Cheung, C.-K. (2011). *Alfabetización mediática e informacional. Curriculum para profesores*. París: UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002160/216099S.pdf>

Helsper, E. J. y Eynon, R. (2010). Digital natives: where is the evidence?. *British educational research journal*, 36(3), 503-520

Hofer, B., Yu, S.L. y Pintrich, P. (1998). Teaching college students to be self-regulated learners. Pp.57- 85. En D.H. Schunk y B.J. Zimmermann (Eds.). *Self-regulated learning. From teaching to self-reflective practice*. New York: The Guildford Press.

Huang, S. y Yang, C. (2009). Designing a semantic blink system to support different types of knowledge and adaptive learning. *Computers & Education*, 53 (3), 701-712. doi:10.1016/j.compedu.2009.04.011

Hug, T., Lindner, M. y Bruck, P. A. (2005). Microlearning: Emerging concepts, practices and technologies after e-learning. *Proceedings of Microlearning*, 5, 3

Hwang, G., Sung, H., Hung, C. y Huang, I. (2013). A Learning Style Perspective to Investigate the Necessity of Developing Adaptive Learning Systems. *Educational technology & society*, 16 (2), 188-197

James, W. (1899). *Talks to Teachers on Psychology and to Students on Some of Life's Ideals*. New York: Henry Holt and Company. <http://facstaff.bloomu.edu/triley/The%20Complete%20Collection/The%20Laws%20of%20Habit,%20The%20Gospel%20of%20Relaxation,%20from%20Talks%20to%20Teachers%20on%20Psychology.pdf>

Karampiperis, P. y Sampson, D. (2005). Adaptive learning resources sequencing in educational hypermedia systems. *Educational technology & society*, 8 (4), 128-147.

Kelley, A. C. (1968). An experiment with TIPS: A computer-aided instructional system for undergraduate education. *The American Economic Review*, 58(2), 446-457. <http://www.jstor.org/stable/1831829>

Kelley, A. C. (1973). Individualizing Education through the Use of Technology in Higher Education. *The Journal of Economic Education*, 4(2), 77-89. <http://www.jstor.org/stable/1182257>

Khan, S. (2016). When Teachers and Technology Let Students Be Masters of Their Own Learning. *EdSurge*, (28/12/2016). <https://www.edsurge.com/news/2016-12-28-when-teachers-and-technology-let-students-be-masters-of-their-own-learning>

Klotz, G. (1971). *La enseñanza programada*. Barcelona: Redondo

Knowles, M. (1973). *The Adult Learning: A neglected species*. Houston: Gulf Publishing Company. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED084368.pdf>

Kulik, C. L. C., Kulik, J. A. y Bangert-Drowns, R. L. (1990). Effectiveness of mastery learning programs: A meta-analysis. *Review of educational research*, 60(2), 265-299. <http://www.ic.unicamp.br/~wainer/cursos/2s2004/impactos2004/kulik90.pdf>

Larkin, J.H. y Chabay, R.W. (ed.) (1992). *Computer-Assisted Instruction and Intelligent Tutoring Systems: Shared Goals and Complementary Approaches*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers

Lee, J., Ceyhan, P., Jordan-Cooley, W. y Sung, W. (2013) GREENIFY: A Real-World Action Game for Climate Change Education. *Simulation & Gaming, Paper*. <http://tcgameslab.org/wp-content/uploads/2013/02/Lee-et-al.-Greenify-Simulationand-Gaming-2013.pdf> (25-12-12)

Lemke, J. L. (1998). Metamedia literacy: Transforming meanings and media. In D. Reinking, M. McKenna, L. Labbo y R. D. Kieffer (Eds.), *Handbook of literacy and technology: Transformations in a post-typographic world* (pp. 283-301). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates

Limongelli, C., Sciarrone, F., Temperini, M. y Vaste, G. (2009). *Adaptive Learning with the LS-Plan System: A Field Evaluation*. IEEE transactions on learning technologies, 2 (3), 203-215. doi:10.1109/TLT.2009.25

Lipovetsky, G. (2016). *De la ligereza. Hacia una civilización de lo ligero*. Barcelona: Anagrama

Lipsky, D. y Gartner, A. (1997). *Inclusion and school reform: Transforming America's classrooms*, Baltimore: P. Brookes Publishing

Lumsdaine, A.A. y Glaser, R. (Eds.) (1960). *Teaching machines and programmed learning: A source book*. Oxford: National Education Association

Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C. y Byers, A. H. (2011). *Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity*. McKinsey Global Institute. <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/big-data-the-next-frontier-for-innovation>

Martin, E. y Carro, R.M. (2009). *Supporting the Development of Mobile Adaptive Learning Environments: A Case Study*. IEEE transactions on learning technologies, 2(1), 23-36. doi:10.1109/TLT.2008.24

Merrill, M.D. (1980). *Learner Control in Computer Based Learning*. *Computers and Education*, 4 (2), 77-95

Millward, R., Mazzucchelli, L., Magoon, S. y Moore, R. (1978). Intelligent computer-assisted instruction. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, 10 (2), 213-217

Mory, F. (1964). *Enseñanza individualizada y trabajo por equipos*. Buenos Aires: Editorial Kapelusz

Murray, T., Klaus, Sch., Brown, D. y Clement, J. (1990). An analogy-Based Computer Tutor for Remediating Physics Misconceptions. *Interactive Learning Environments*, 1 (2), 79-101. doi:10.1080/1049482900010201

Paden, D.W., Dalgaard, B.R. y Barr, M.D. (1977). A Decade of Computer-Assisted Instruction. *The Journal of Economic Education*, 9 (1), 14-20. <http://www.jstor.org/stable/1182209>

Parkhurst, H. (1922). *Education on the Dalton plan*. New York: E.P. Dutton. <https://archive.org/details/educationontheda028244mbp>

Pedraza-González, M.A. y López-Pastor, V.M. (2015) Investigación-acción, desarrollo profesional del profesorado de educación física y escuela rural / Action-Research, Professional Development of the Physical Education Teachers in Rural Schools. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 15 (57) 1-16. doi:10.15366/rimcafd2015.57.001

Piaget, J. (1956). *The Origin of Intelligence in the Child*. London: Routledge & Kegan Paul

Pressey, S.L. (1926). A simple device for Teaching, testing, and research in Learning. *School and Society*, 23, 373-376

Ravitch, D. (2018). Diane Ravitch's blog. *A site to discuss better education for all* [blog]. <https://dianeravitch.net/>

Rivera-Vargas, P., Sancho, J. M. y Sánchez, J. A. (2017). Los límites de la disrupción en el orden académico. La cultura DIY en la universidad. *Páginas de Educación*, 10(2), 127-142

Salinas, J., Pérez, A. y de Bento, B. (2008). *Metodologías centradas en el alumno para el aprendizaje en red*. Síntesis: Madrid

Selwyn, N. (2017). Digital inclusion: Can we transform education through technology? En P. Rivera-Vargas, E. Sánchez y R. Morales (coords), *Conocimiento para la equidad social: pensando Chile globalmente* (pp. 103-108). Santiago de Chile: Colección Políticas Públicas – USACH

Siemens, G. y Baker, R.S.J.d. (2012). Learning analytics and educational data mining: towards communication and collaboration. En *Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics and knowledge* (pp. 252-254). ACM

Siemens, G. y Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE review*, 46(5), 30. <http://www.educause.edu>

Skinner, B.F. (1965). Review Lecture: The Technology of Teaching. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences*, 162 (989), 427-443. <http://www.jstor.org/stable/75554>

Skinner, B.F. (1979). *Tecnología de la enseñanza*. Barcelona: Labor. (Original en Inglés de 1970). http://www.conductitlan.net/b_f_skinner/b_f_skinner_tecnologia_de_la_ensenanza.pdf

Tolman, E.C. (1938). The determinants of behavior at a choice point. *Psychological Review*, 45,1-41. doi:10.1037/h0062733

Tseng, J.C.R., Chu, H., Hwang, G. y Tsai, C. (2008). Development of an adaptive learning system with two sources of personalization information. *Computers & education*, 51 (2), 776-786. doi:10.1016/j.compedu.2007.08.002

Tseng, S., Su, J., Hwang, G., Hwang, G., Tsai, C. y Tsai, C. (2008). An object-oriented course framework for developing adaptive learning systems. *Educational technology & society*, 11 (2), 171-191

Vandewaetere, M., Desmet, P. y Clarebout, G. (2011). The contribution of learner characteristics in the development of computer-based adaptive learning environments. *Computers in human behavior*, 27 (1), 118-130. doi:10.1016/j.chb.2010.07.038

Villareal, G. (2003). Agentes inteligentes en Educación. *Eduotec. Revista electrónica de Tecnología Educativa*, 16. <http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec16/villarreal.htm>

Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press

Wall Street Journal (1965). Desk-Top Size Computer Is Being Sold by Olivetti For First Time in U.S. *The Wall Street Journal* (15/10/1965). <http://pqasb.pqarchiver.com/wsj/doc/133000216.html>

Wang, T., Wang, K. y Huang, Y. (2008). Using a style-based ant colony system for adaptive learning. *Expert systems with applications*, 34 (4), 2449-2464. doi:10.1016/j.eswa.2007.04.014

White, D.S. y Le Cornu, A. (2011). *Visitors and Residents: A new typology for online engagement*. *First Monday*, 16, núm. 9. <http://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/viewArticle/3171/3049>

Wiley, D. (2002). Connecting Learning Objects to Instructional Design Theory: A Definition, a Metaphor, and a Taxonomy. En D. A. Wiley (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects*. Bloomington. En: Association for Educational Communications and Technology. <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>

Winograd, G. y Flores, F. (1986). *Understanding computers and cognition*. New York: Addison Wesley

Yaghmaie, M. y Bahreininejad, A. (2011). A context-aware adaptive learning system using agents. *Expert systems with applications*, 38 (4), 3280-3286. doi:10.1016/j.eswa.2010.08.113

Yang, T., Hwang, G. y Yang, S.J. (2013). Development of an Adaptive Learning System with Multiple Perspectives based on Students' Learning Styles and Cognitive Styles. *Educational technology & society*, 16 (4), 185-200

Yang, Y.J. y Wu, C. (2009). An attribute-based ant colony system for adaptive learning object recommendation. *Expert systems with applications*, 36 (2), 3034-3047. doi:10.1016/j.eswa.2008.01.066

Zeidner, M., Boekaerts, M. y Pintrich, P. (2000). Self-regulation. Directions and challenges for future research. En M. Boekaerts, P. Pintrich & M. Zeidner (Eds.). *Handbook of Self-regulation*, pp. 749-768. New York: Academic Press

Zimmerman, B.J. y Schunk, D. (2008). Motivation. En D.H. Schunk y B.J. Zimmerman, (Eds.): *Motivation and self-regulated learning. Theory, research and application*, pp. 1-30. New York: Lawrence Earlbaum Associates

Zumalabe, J.M. (2012). The transition of the Behaviorism to the cognitivism. *eduPsykhé*, 11 (1), 89-111.