



Universidad de Valladolid

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**MÁSTER EN PROFESOR DE EDUCACIÓN
SECUNDARIA OBLIGATORIA Y
BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL
Y ENSEÑANZAS DE IDIOMAS**

Especialidad de Tecnología e Informática

Aprendizaje Adaptativo

Adaptive Learning

Autor:

D^a. María del Carmen Morillo Lozano

Tutor:

Dr. D. Diego Galisteo González

Valladolid, 12 de Septiembre de 2016

RESUMEN

El aprendizaje adaptativo surge para encontrar una solución a la atención a la diversidad. Dado que ninguna persona aprende por igual, ni tiene un mismo ritmo de aprendizaje ni aprende de la misma forma, nace el aprendizaje adaptativo para personificar el aprendizaje y ofrecer a los alumnos un recurso que les permita mediante una plataforma tecnológica aprender la materia sin dejar nada ni a nadie por el camino; fomentando la confianza en el alumno y consiguiendo minimizar el abandono escolar.

El aprendizaje adaptativo no es sólo una herramienta para el alumno, también lo es para el profesor. Le permite hacer un seguimiento más exhaustivo del alumno, brindando tareas complementarias a los alumnos más avanzados como apoyo adicional a aquellos que han encontrado obstáculos en su avance.

Para que sea realmente aprendizaje adaptativo debe existir una recolección de datos para aprender del usuario, y así poder proporcionarle contenidos adecuados a su nivel e incluso anticiparse en aquellas áreas que le pueden ser complicadas.

A lo largo de este documento, se valoran sus ventajas e inconvenientes con lo que se pondrá de manifiesto que una implantación única no sería lo idóneo, sino una implantación híbrida.

Aunque se trata de un aprendizaje que viene desde el siglo pasado, es en éste donde empieza su auge debido al abaratamiento de la tecnología que permite un mayor acceso por parte de toda la sociedad a los dispositivos electrónicos y a la gran cantidad de datos con los que se cuenta para la realización de este tipo de software.

Actualmente, es un aprendizaje que está siendo instaurado en algunos colegios e institutos de forma experimental o de prueba para comprobar si es algo que realmente funciona.

ABSTRACT

Adaptive learning comes as a solution to attention to diversity. Since no person learns alike, nor has the same learning pace and learns in the same way, adaptive learning was born to personify learning and give students a resource that allows them through a technological platform to learn the art without leaving anything or anyone on the road; building confidence in students and minimizing dropouts.

Adaptive learning is not only a tool for the student but also for the teacher. It allows you monitor students more thoroughly, providing a supplement to the more advanced students in addition to those who find obstacles in advanced support tasks.

To be truly adaptive learning there must be a collection of user data from which to learn, so we can provide appropriate content to their level and even anticipate in those areas that can be complicated.

Throughout this document, its advantages and disadvantages with which it will be apparent that a single implementation would not be ideal, but a hybrid deployment are valued.

Although it is a type of learning that comes from the last century, it is in this where the boom starts due to cheaper technology that allows greater access by the entire society to electronic devices and the large amount of data that it has to perform this type of software.

Currently, it is methodology that is being introduced in some schools and colleges experimentally or as a test to see if it's something that really works.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	2
ABSTRACT	2
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS	6
2. INTRODUCCIÓN	7
3. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS.....	8
Entender el significado del aprendizaje adaptativo	8
Conocer sus orígenes	8
Comprender por qué es ventajoso.....	8
Encontrar los pasos para elaborar este sistema	8
El uso de las TIC es fundamental.....	9
Funcionamiento de las plataformas de aprendizaje adaptativo.....	9
Cómo se adapta el aprendizaje	9
El papel del docente en el aprendizaje adaptativo	10
Cómo se aplica en el aula	10
4. APRENDIZAJE ADAPTATIVO.....	11
Personalización del aprendizaje.....	11
5. HISTORIA DEL APRENDIZAJE ADAPTATIVO	14
1905: Primer examen adaptativo Binet IQ Test.....	17
1950: Máquina de Skinner	17
1959: PLATO (Programmed Logic for Automated Teaching Operations)	18
CAI (Computer Aided Instruction).....	18
SCHOLAR: Primer sistema tutorial inteligente	19
Componentes de Scholar:	20
LOGO: Lenguaje de programación	21
1980: Administración de exámenes por ordenador	23
1988: Primera conferencia internacional de ITS (Sistemas Tutoriales Inteligentes)	23
1990: Computer Assisted Instruction CAI	23
1993: AiED	23
1998: Carnegie Learning.....	24
2000: LMS (Learning Management System)	24

2006: Tutoriales adaptativos.....	24
2008: KNEWTON	25
2009: Plataformas más populares.....	25
2010: SMART SPARROW	25
2011: MOOC.....	25
2012: Gartner, adopción de la tendencia	26
6. MODELOS DE APRENDIZAJE ADAPTATIVOS	27
7. SISTEMAS ADAPTATIVOS DE APRENDIZAJE Y EVALUACIÓN	30
Exámenes adaptativos (por ordenador):	31
Tutoriales adaptativos:.....	31
Tutores cognitivos inteligentes:	32
8. TECNOLOGÍAS DE APRENDIZAJE ADAPTATIVO	33
Relevancia en la enseñanza, el aprendizaje, o la investigación creativa	34
Tecnologías de aprendizaje adaptativo en práctica.....	34
Knewton	34
Khan Academy.....	38
LearnSmart	39
Matic	39
Smart Sparrow.....	40
Cerego	40
9. ANALÍTICAS DE APRENDIZAJE.....	42
Relevancia en la enseñanza, el aprendizaje, o la investigación creativa	43
10. VENTAJAS	45
Ventajas para el profesor	45
Ventajas para el alumno	46
11. INCONVENIENTES.....	48
12. VIABILIDAD EN EL FUTURO.....	51
13. CONCLUSIONES	55
14. REFERENCIAS.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diferencias y convergencias entre aprendizaje personalizado, diferenciado y adaptativo. Adaptación de Nepom, 2013.	13
Figura 2: Fenómenos convergentes de apoyo al aprendizaje adaptativo. Adaptación de Lemke, 2014.....	15
Figura 3: Aprendizaje y evaluación adaptativa (Tecnológico de Monterrey, 2014).	16
Figura 4: Parte de la red semántica creada por Carbonell (Morales, F.).	21
Figura 5: Modelo de aprendizaje adaptativo inteligente. Adaptación de Lemke, 2014.	28
Figura 6: El ciclo de la evaluación adaptativa. Adaptación de Davey, 2011.	28
Figura 7: Multievaluación de dos etapas. Adaptación de Davey, 2011.	29
Figura 8: Principales elementos del aprendizaje y evaluación adaptativos (Tecnológico de Monterrey, 2014).	31
Figura 9: Plataformas aprendizaje adaptativo, (Tecnológico de Monterrey, 2014).	32
Figura 10: Características A2O de Santillana (Santillana, 2016).	37
Figura 11: Beneficios del aprendizaje y evaluación adaptativo. Instituto de Monterrey, 2014. 47	
Figura 12: Predicciones sobre cuáles son las innovaciones que tendrán mayor impacto en la educación superior (en Estados Unidos) (The Chronicle of Higher Education, 2014).	51
Figura 13: Desafíos aprendizaje adaptativo. Tecnológico de Monterrey, 2014.	53

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge la información relativa al Trabajo Fin de Máster (TFM) del Máster de Profesorado en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas de la Universidad de Valladolid de la especialidad de Tecnología e Informática en el curso 2015/2016.

Uno de los retos más importantes que habrá de afrontar la educación es la necesidad de adecuar los procesos de aprendizaje a las necesidades, intereses y conocimientos del estudiante.

Las clases están llenas de alumnos únicos que aprenden de forma diferente, tienen experiencias educativas previas distintas, y cuentan con necesidades, niveles de atención e intereses individuales. Es difícil para un profesor saber exactamente en qué nivel se encuentra cada estudiante, dónde tiene dificultades y por qué. Los docentes siempre han entendido la importancia de la atención a la diversidad de los estudiantes.

A lo largo de este documento se dará a conocer el método de aprendizaje adaptativo el cual se aprovecha de todo el potencial de las nuevas tecnologías y se nutre de conceptos tan innovadores e interesantes como la inteligencia artificial o el big data. Se pretende describir las claves de esta propuesta educativa que permite personalizar la secuencia de aprendizaje y atender a las necesidades y características de cada alumno en tiempo real y consiguiendo un proceso de aprendizaje mucho más eficaz.

En primer lugar, se enumeran los objetivos que se pretenden conseguir en este documento con una breve descripción. En segundo lugar, se introduce el tema donde se enumeran los tipos de aprendizaje que están vinculados con el aprendizaje adaptativo. En tercer lugar, se detallan los orígenes de esta nuevo tipo de aprendizaje y su evolución desde su nacimiento. En cuarto lugar, se detallan los modelos de aprendizaje adaptativo y las corrientes por las que han sido impulsados. En quinto lugar, se detallará cómo se mide el progreso y la evaluación en este tipo de sistemas. En sexto lugar, se definen las tecnologías de aprendizaje adaptativo, poniendo énfasis en las que están a prueba en nuestro país. En quinto lugar, se precisa la necesidad de las analíticas de aprendizaje para que sea realmente un aprendizaje adaptativo, poder ofrecer un producto especialmente personalizado a cada usuario. En el octavo y noveno lugar, se detallan tanto las ventajas e inconvenientes de este aprendizaje, hay que aprovechar sus fortalezas y solventar sus debilidades. En décimo lugar, se puntualiza la viabilidad del sistema en el futuro. Por último, se enumeran las conclusiones extraídas a raíz de la realización de este documento.

2. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

A continuación se enumeran los principales objetivos que se pretenden conseguir en este Trabajo Fin de Máster.

Entender el significado del aprendizaje adaptativo

Es un método educativo basado en el análisis de los datos (learning analytics) que generan el proceso de aprendizaje de los alumnos; permite modificar la propuesta educativa de forma personalizada y en tiempo real teniendo en cuenta el desempeño de cada estudiante. El estudiante es considerado sujeto activo de su proceso de aprendizaje, poseedor de fortalezas, debilidades y necesidades particulares, razón por la cual debe seguir una ruta de aprendizaje acorde a estas características y no a procesos de enseñanza estandarizados.

Conocer sus orígenes

Aunque el afán de ajustar y personalizar el proceso de aprendizaje a cada alumno y sus características forma parte de los objetivos de la educación por lo que el aprendizaje adaptativo no es algo nuevo. Su origen generalmente se relaciona a la máquina de enseñanza de Skinner y a la Teoría del Aprendizaje Programado que surgieron en la década de 1950 y continuó con el movimiento de la Inteligencia Artificial de 1970. Aumenta su desarrollo en la década de 1980 con la expansión de los ordenadores y las herramientas digitales que obtienen, gestionan y procesan gran cantidad de información para adaptar la propuesta a los usuarios. En la actualidad está alcanzando su mayor nivel de extensión y perfeccionamiento gracias al avance de las nuevas tecnologías, Internet y el *big data*, es decir, al desarrollo de algoritmos para procesar y relacionar gran cantidad de datos masivos y generar propuestas específicas para cada usuario según su experiencia previa.

Comprender por qué es ventajoso

Porque ofrece beneficios directos para la mejora del aprendizaje y ventajas muy claras tanto para el alumno como para el profesor. Los estudiantes mejoran los resultados porque el sistema inteligente adapta el itinerario de aprendizaje según sus necesidades, dificultades o fortalezas; conoce los resultados de forma inmediata y les ayuda a detectar y comprender errores. De este modo aprenden mejor y de manera más eficaz y rápida. Además, al mismo tiempo el proceso les motiva porque ven cómo avanzan en su aprendizaje y ganan confianza en sí mismos. Los docentes, por su parte, mejoran su conocimiento de los alumnos y de sus capacidades, puntos débiles y fortalezas en el aprendizaje, y pueden dirigirse a ellos de manera más individualizada y adecuada a sus objetivos. Así, pueden focalizar su atención en los aspectos menos consolidados, abordar las dificultades de forma personalizada o plantear nuevos retos a los alumnos más avanzados para que no pierdan el interés.

Encontrar los pasos para elaborar este sistema

En primer lugar, el sistema requiere recopilar información sobre los estudiantes, sus formas de aprender, sus puntos débiles y sus fortalezas. Teniendo en cuenta los datos recabados, la herramienta educativa digital establece un plan de trabajo adaptado y diferenciado para cada estudiante, de modo que se hace hincapié en las áreas donde el

alumno necesita más trabajo o se aprovecha para generar más retos y motivarlos, o adaptar los enfoques de aprendizaje más adecuados en cada caso. Además, es un sistema que apuesta por la interacción permanente, con lo que la retroalimentación es constante y la adaptación, continua. Sin embargo, para ello es necesario –y no todas las herramientas en el mercado lo ofrecen– que el sistema suministre información detallada al profesor para que este pueda, gracias al mayor conocimiento personal de las necesidades del alumno, ajustar el itinerario y atender las dificultades de forma personal a cada estudiante.

El uso de las TIC es fundamental

Las nuevas tecnologías y las plataformas digitales de *adaptive learning* son una herramienta esencial para aplicar el aprendizaje adaptativo en el aula de manera eficaz, ya que permiten recopilar, analizar y evaluar las actividades, trabajos, acciones o tareas del alumno, y monitorizar gran cantidad de datos con precisión y rapidez para plantear automáticamente nuevas propuestas.

Funcionamiento de las plataformas de aprendizaje adaptativo

Estos sistemas de trabajo en línea combinan los datos recopilados de los alumnos (con multiplicidad de parámetros cuantitativos y cualitativos) con información estadística, respuestas predefinidas, patrones de aprendizaje ya establecidos y algoritmos especialmente diseñados para procesar estos datos e identificar fortalezas y debilidades. No solo se tienen en cuenta las respuestas, sino también la forma de interactuar del estudiante o el tiempo que invierte en completar una acción o sus dudas. Con ello, la plataforma crea una ruta de aprendizaje específica para el alumno. Además, al ser plataformas en línea y digitales, permiten contrastar datos de estudiantes que ayudan a generar nuevas pautas, de forma que el propio sistema va mejorando sus características y ajustando sus resultados cuanto más se utiliza (retroalimentación).

Cómo se adapta el aprendizaje

Las posibilidades de personalización afectan a diferentes aspectos del aprendizaje, lo que permite adaptar los procesos de enseñanza a las necesidades específicas del alumno. La “adaptatividad” es el ajuste de una o más características del entorno de aprendizaje. Por ejemplo, son personalizables (Bilic, 2015):

- ✎ El contenido: pueden modificarse las exigencias y la dificultad de las actividades, las aptitudes o los aspectos trabajados, y los temas tratados; también los enunciados, los conceptos y habilidades que se quieren desarrollar, o las situaciones para resolver planteadas al alumno.
- ✎ Apariencia/forma: pueden variar tanto la tipología de las actividades como el formato.
- ✎ Orientación hacia el objetivo/dominio (organización): las acciones del sistema que conducen al estudiante hacia el éxito pueden cambiar de orden y de secuenciación de las actividades. Esto permite que se realicen cambios según los resultados óptimos de aprendizaje, el grado de dificultad y el creciente nivel de conocimientos o aptitudes del alumno.

El papel del docente en el aprendizaje adaptativo

El aprendizaje adaptativo a través de herramientas en línea no limita el trabajo del profesor ni elimina el contacto con el estudiante. Al contrario, facilita la labor docente, agiliza el aprendizaje, le da información útil sobre cómo aprenden sus alumnos y ahorra tiempo para realizar otras actividades y trabajar de forma más directa con los estudiantes aquellos aspectos que suponen un reto mayor para ellos.

Cómo se aplica en el aula

El aprendizaje adaptativo es una herramienta más con la que pueden contar los docentes. Puede aplicarse a una o varias materias, y complementarse con otros instrumentos TIC. El profesor puede programar un tema y explicarlo o empezar a trabajar un proyecto. Al mismo tiempo puede programar ese tema en la plataforma de aprendizaje adaptativo y, conforme los alumnos avancen, el sistema inteligente detectará las dificultades y generará los distintos itinerarios de aprendizaje para cada alumno. La información suministrada por el sistema permitirá al docente detectar qué temas presentan dificultades o a qué alumnos les cuesta avanzar. En el aula podrá trabajar esos conceptos o habilidades de forma específica, con un solo alumno o un grupo de ellos, convirtiendo el tiempo en el aula en un espacio de interacción y guía mucho más rico y eficaz.

3. APRENDIZAJE ADAPTATIVO

El aprendizaje adaptativo utiliza las nuevas tecnologías y las herramientas digitales para personalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje y adaptar la propuesta de trabajo a las necesidades y características de los alumnos. Se trata de un método en pleno desarrollo, gracias a la extensión de las TIC en el ámbito educativo, y que ya se utiliza en muchos países europeos y en Estados Unidos.

En cierta forma, el aprendizaje adaptativo es la personalización educativa de técnicas de aprendizaje, tras un proceso de diferenciación que identifica las necesidades específicas del estudiante y ofrece diferentes posibilidades. Lo anterior ha llegado a generar confusión conceptual entre aprendizaje adaptativo y personalización o aprendizaje personalizado, un error común es utilizarlos como sinónimos. Por lo tanto, es importante aclarar que la personalización del aprendizaje es más bien un “paraguas” que cubre diversos acercamientos y modelos, entre ellos aprendizaje basado en competencias, instrucción diferenciada, modelos tutoriales y también aprendizaje adaptativo.

Personalización del aprendizaje

El aprendizaje personalizado se refiere a la gama de programas educativos, experiencias de aprendizaje, métodos de enseñanza y estrategias de apoyo académico para abordar las necesidades de aprendizaje, intereses, aspiraciones, o antecedentes culturales específicos de estudiantes individuales. Si bien existe una demanda de aprendizaje personalizado, no está debidamente apoyado por la tecnología o las prácticas actuales. El creciente interés en la personalización de la enseñanza para satisfacer las necesidades particulares de los estudiantes está impulsando el desarrollo de nuevas tecnologías que proporcionan más opciones de aprendizaje y permiten la instrucción diferenciada. Avances como los entornos de aprendizaje en línea y las tecnologías de aprendizaje adaptativo hacen posible compatibilizar las rutas de aprendizaje individuales de los estudiantes. La mayor barrera para el aprendizaje personalizado, sin embargo, es que los enfoques científicos, basados en datos para facilitar efectivamente la personalización han comenzado a surgir recientemente; el análisis de aprendizaje, por ejemplo, está todavía en evolución y ganando terreno dentro de la educación superior.

El aprendizaje personalizado consiste en estrategias de aprendizaje, soluciones e intervenciones que se ajustan a los objetivos individuales del estudiante y tienen en cuenta las diferencias de origen del conocimiento, la pasión o el interés por los temas, y el dominio de la materia. El propósito es capacitar a los estudiantes para tomar posesión de la experiencia de aprendizaje y prepararse a sí mismos para el aprendizaje permanente. Proporcionar una mayor autonomía puede aumentar la motivación y la participación en el tema. En la superficie, el término “personal” puede connotar una experiencia solitaria, pero los enfoques de aprendizaje personalizados eficaces tienen el potencial de facilitar una conversación constante entre el alumno y el profesor, proporcionando a cada uno una información crucial acerca de qué áreas necesitan más atención. Esto es particularmente interesante en los cursos introductorios grandes, en universidades e institutos donde los estudiantes a menudo deciden si continuar o no con la búsqueda de una especialidad o disciplina concreta.

El objetivo del aprendizaje personalizado es ayudar a los estudiantes en la determinación de la estrategia y el ritmo con el que aprenden. Aunque las estrategias eficaces de aprendizaje personalizado se centran en el estudiante y no en la tecnología, el aprendizaje personalizado puede aprovechar de manera significativa las tecnologías y herramientas de apoyo. Las tecnologías subyacentes necesarias para apoyar el aprendizaje personalizado son relativamente sencillas y fácilmente accesibles. Por ejemplo, un Smartphone o una tableta de una persona y su colección personal de aplicaciones representan directamente su gama de intereses. Las universidades están aprovechando la tecnología móvil para descubrir por dónde se mueven sus estudiantes y de esta forma, ofrecer contenido educativo y herramientas a medida. La Universidad de Texas System, por ejemplo, está creando un conjunto de servicios tecnológicos con prioridad en los teléfonos móviles llamado Tex (Total Educational Experience) para su uso en cursos de STEM y de ciencias médicas, con el objetivo de mejorar las tasas de finalización de estudios en áreas de alta demanda de empleo.

Los investigadores en educación han hecho hincapié en la necesidad de entornos de aprendizaje adaptables y flexibles, a fin de que el aprendizaje personalizado eche raíces. Las preferencias y necesidades de los estudiantes deben ser entendidas con precisión antes de diseñar o implementar escenarios y actividades de aprendizaje personalizado. El objetivo es brindar al estudiante flexibilidad para hacer su aprendizaje lo más eficaz y eficiente posible, pero el tutelaje sigue siendo una clara necesidad.

Lo que hace de la personalización del aprendizaje un reto difícil es que el interés en el enfoque está superando el número de implementaciones a gran escala; los resultados tangibles en la educación superior todavía son escasos. Por el momento, muchos de los esfuerzos realizados en este ámbito se incluyen en la categoría de desarrollo de la tecnología, en lugar de marcos pedagógicos.

Aunque el aprendizaje personalizado está a punto de tener un profundo impacto en la enseñanza y el aprendizaje si se diseñan e implementan enfoques de manera efectiva, los detractores expresan preocupaciones sobre quién tiene autoridad sobre el contenido académico en los sistemas de aprendizaje adaptativo, y el grado en que el curso informatizado pueda ser percibido como un reemplazo de los instructores. Otros creen que los alumnos en riesgo todavía necesitarán más interacciones con los profesores y compañeros. Un enfoque descendente, donde los profesores tienen la obligación de utilizar las tecnologías de aprendizaje adaptativo sin considerar cómo encajan en el plan de estudios o con los resultados de aprendizaje deseados podría ser perjudicial. No sólo los instructores deben tener más oportunidades de formación acerca del aprendizaje personalizado, sino que también deben participar en el diseño de iniciativas de aprendizaje personalizado.

Desde un nivel básico, la personalización va más allá del enfoque “one size fits all” y en un nivel más sofisticado están las tutorías guiadas por ordenador, sin embargo la personalización por sí sola no depende de un factor de adaptabilidad. Los investigadores de la firma de asesoría y consultoría estratégica Education Growth Advisors (EGA) definen el aprendizaje adaptativo como un enfoque para la creación de una experiencia de aprendizaje personalizada para los estudiantes que emplea un sofisticado sistema computacional basado en datos. Este aprendizaje tiene una aproximación no-lineal a la instrucción, retroalimentación y corrección, pues se ajusta de acuerdo a las interacciones del estudiante y al nivel de desempeño demostrado. Consecuentemente, se adapta y

anticipa el tipo de contenidos y recursos que este necesitará en un momento específico para progresar en el curso.

La figura que se muestra a continuación, muestra las diferencias y convergencias entre aprendizaje diferenciado, personalizado y adaptativo. Al aprendizaje diferenciado se le considera como una personalización, este implica el desarrollo de diferentes caminos de los cuales el estudiante adquirirá conocimiento; mientras que el aprendizaje personalizado incluye diagnósticos para determinar las necesidades del estudiante y así ofrecerle una solución a medida; por su parte, el aprendizaje adaptativo requiere incorporar análisis de datos, exámenes psicométricos, algoritmos, entre otras cosas para lograr la adaptabilidad de la instrucción, anticipándose al aprendizaje del alumno.



Figura 1: Diferencias y convergencias entre aprendizaje personalizado, diferenciado y adaptativo. Adaptación de Nepom, 2013.

4. HISTORIA DEL APRENDIZAJE ADAPTATIVO

El aprendizaje adaptativo es un método de instrucción que utiliza un sistema por ordenador para crear una experiencia personalizada de aprendizaje. Bajo esta premisa sabemos que este tipo de aprendizaje no es algo de la última década, sino que su origen normalmente se relaciona con la máquina Skinner y a la Teoría del Aprendizaje Programado que surgieron en la década de 1950 y continuó con el movimiento de la Inteligencia Artificial en la década de 1970. En ese momento, era comúnmente aceptado que los ordenadores, con el tiempo, alcanzarían la capacidad humana de la adaptabilidad. En el aprendizaje adaptativo, la premisa básica es que la herramienta o el sistema será capaz de adaptarse al método de aprendizaje del estudiante, lo que resulta en una menor y más eficaz experiencia de aprendizaje para el usuario. Ya en los años 70 la principal barrera fue el coste y el tamaño de los equipos, lo que hizo impracticable la aplicación generalizada. Otro obstáculo en la adopción de sistemas inteligentes tempranos era que las interfaces de usuario no eran propicias para el proceso de aprendizaje.

Con la evolución de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) y gracias a q los ordenadores se han vuelto más pequeños, potentes y menos costosos, el aprendizaje adaptativo es ahora aplicable a la enseñanza en el aula, a distancia y en los escenarios de tutoría. Hoy en día los sistemas de aprendizaje adaptativo ya se están utilizando en una gran variedad de entornos para enseñar y entrenar de manera más eficaz, por ejemplo: la NASA y diversas áreas militares de Estados Unidos los están utilizando en sus programas; Amazon y Netflix, también han adoptado esta tecnología para anticipar las preferencias de sus clientes.

En años recientes, el aprendizaje adaptativo se ha asociado con la recolección a gran escala de datos. Se observa como un aprendizaje personalizado que incluye enfoques de computación afectiva, pero es hasta ahora cuando finalmente llegamos a un punto en donde la adaptabilidad del aprendizaje es alcanzable. Este avance se ha dado especialmente en el sector educativo en que empresas como Sherton Software, Carnegie Learning y Knewton han trabajado durante años en el desarrollo de aplicaciones de aprendizaje adaptativo. Knewton en particular ha podido capitalizar el concepto en una plataforma que cualquier institución puede comprar. Su asociación con Pearson (una de las casas editoriales y compañía educativa más importante del mundo) desde 2011 le está permitiendo almacenar grandes conjuntos de datos y recursos educativos suficientemente grandes que le permiten masificar el uso de esta tecnología.

De acuerdo al reporte de adopción de tendencias de 2012 del grupo consultor Gartner el aprendizaje adaptativo se encontraba cerca del punto más alto del pico de expectativas sobredimensionadas. Para el 2013, el grupo ubicó a la tendencia justo atravesando la etapa del abismo de la desilusión. Esto significa, por un lado, que hay un alto potencial de crecimiento durante los siguientes años, y por otro, que comenzaremos a observar cada vez más implementaciones en el ámbito educativo.

Las tendencias MOOC, Big Data y el aprendizaje adaptativo en la educación superior se valoran como transformacionales por su capacidad para llevar educación de manera diferente a nuevos estudiantes, lo que permitirá la recolección de grandes cantidades de datos que pueden ayudar a mejorar el ecosistema de la educación (Gartner, 2013).

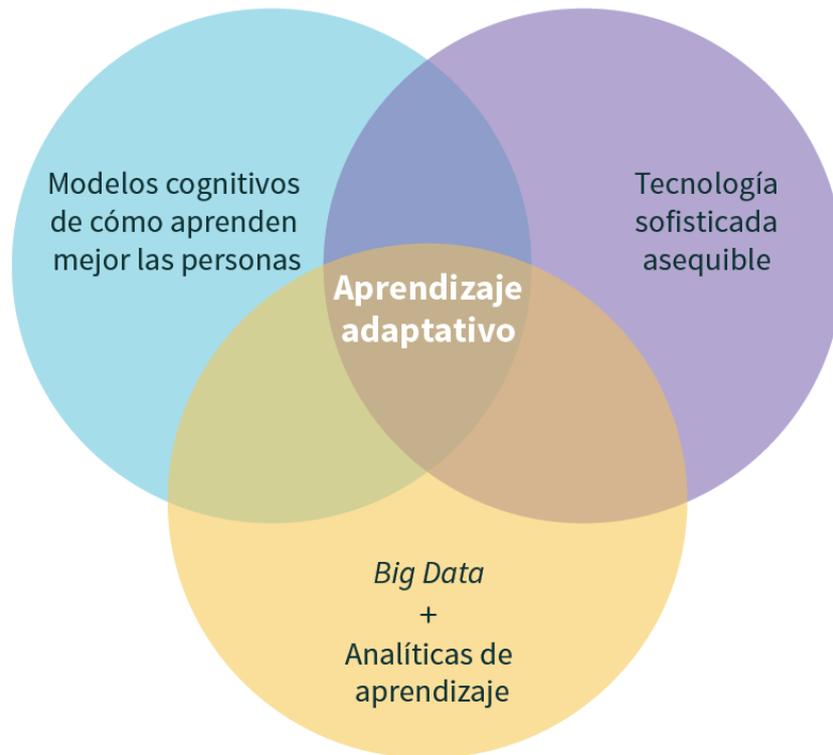


Figura 2: Fenómenos convergentes de apoyo al aprendizaje adaptativo. Adaptación de Lemke, 2014.

Actualmente nos encontramos ante la esperada oportunidad: por primera vez; los educadores tienen acceso a la tecnología necesaria; sofisticada analítica de datos y aprendizaje; así como, a la investigación emergente sobre cómo aprenden las personas. La convergencia de estos tres elementos hará posible construir sistemas inteligentes de aprendizaje adaptativo (Lemke, 2014).

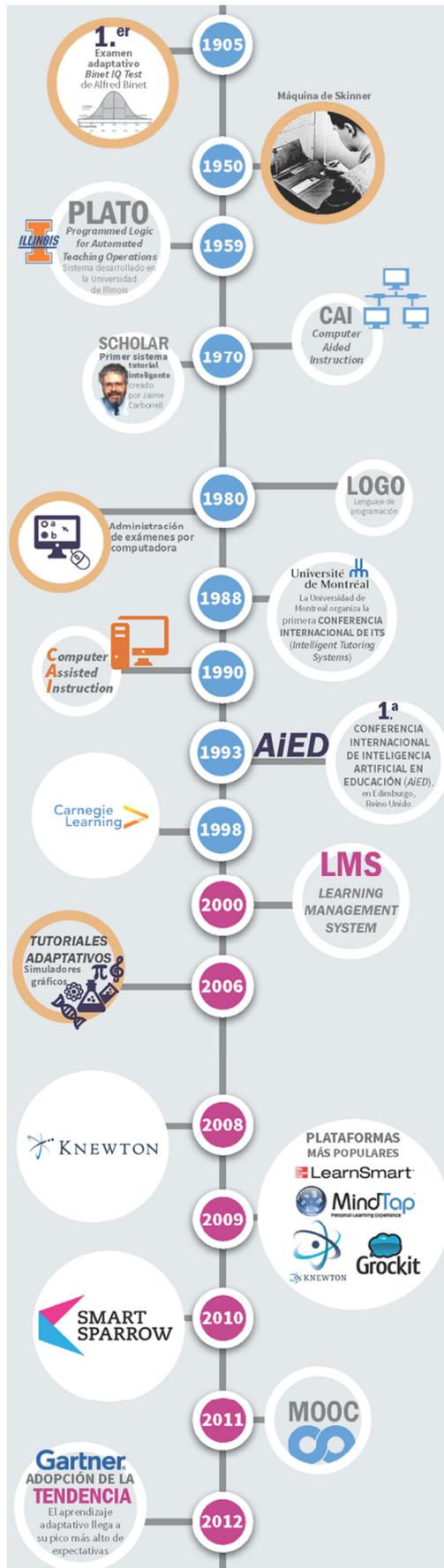


Figura 3: Aprendizaje y evaluación adaptativa (Tecnológico de Monterrey, 2014).

1905: Primer examen adaptativo Binet IQ Test

El enfoque del psicólogo francés Alfred Binet fue radicalmente distinto al procedimiento analítico de tratar de medir los componentes de la inteligencia. Binet sostenía que la inteligencia se manifiesta en el desempeño en diversas tareas y que podía medir mediante respuestas a una muestra de dichas tareas. Debido a que el trabajo de Binet al diseñar las primeras pruebas de inteligencia con éxito fue motivado por el problema de identificar niños con retraso mental en el sistema escolar de París, es natural que la muestra de pruebas seleccionada por él estuviera plagada de tareas de tipo escolar.

En 1905 Binet y su socio, el doctor Théodore Simon, publicaron su primera serie de pruebas de inteligencia, 30 pruebas breves ordenadas desde la más sencilla hasta la más difícil. Al proseguir su trabajo, publicaron en 1908 una escala modificada Binet-Simon que consistía en 58 tareas dispuestas por niveles de edad de 3 a 13 años. Las tareas se agruparon por edad cronológica de acuerdo con lo que había indicado la investigación que podrían realizar los niños normales de una edad determinada. La edad mental de un niño se establecía por la cantidad de subpruebas aprobadas en cada nivel, y una edad mental notablemente inferior a la edad mental del niño se consideraba indicativa de retraso mental. En 1911 se publicó una última versión modificada de la escala pero después de la muerte prematura de Binet en ese mismo año, la escena de los posteriores desarrollos en cuanto a pruebas de inteligencia se mudó a Estados Unidos y Gran Bretaña.

Desde que Binet y Simon produjeron las primeras pruebas prácticas de inteligencia, los psicólogos han intentado formular una definición viable del concepto, la explicación de Binet destacaba el juicio, el entendimiento y el razonamiento.

1950: Máquina de Skinner

B.F. Skinner en 1954 decidió interesarse por aplicar los principios del aprendizaje a la educación ya que vio que los métodos que se aplicaban en el ámbito escolar eran totalmente contrarios a los principios de aprendizaje (Mediavilla, 2012). Un buen día decidió acudir a una clase de matemáticas, en la cual se encontraba su hija, y observó cómo el docente mandaba a sus alumnos realizar un número de cuentas y problemas sin recibir ningún tipo de feedback inmediato, por lo que Skinner se dio cuenta de que ése no era un método adecuado para que los niños aprendieran matemáticas, así que decidió, entre otras cosas, crear la llamada “máquina de enseñanza”, con una enseñanza programada.

Esta máquina consistía en una caja en la que el profesor introducía una hoja con todos los conceptos que el alumno tenía que aprender y otra lámina donde se podía ocultar parte del texto. El procedimiento de este artilugio era el siguiente: el estudiante iba leyendo el texto introducido en la caja e iba escribiendo cada una de las respuestas a las preguntas que le iban apareciendo. A continuación, el alumno rodaba la máquina y si estaban respondidas correctamente las cuestiones, la hoja con las preguntas iba pasando y se anotaba un punto (feedback); de lo contrario la máquina no dejaba avanzar y el alumno debía volver atrás, obligándole a volver a leer el texto de nuevo.

Esta máquina mecánica no fue creada como elemento único de aprendizaje, sino como un apoyo al profesor. La máquina no enseñaba por sí misma, sino que ponía en

contacto al alumno con el material de una forma estructurada, y le ayudaba en el aprendizaje progresivo de conceptos más complejos. También presentaba las tareas para aprender en pequeños pasos progresivos, diseñados en una secuencia programada de lo más fácil a lo más difícil.

A modo de conclusión se puede decir que la clave del profesor para que un alumno aprenda está en dividir la tarea en varios pasos y que en cada uno de ellos el estudiante reciba reforzamiento contingente, conocido también como moldeamiento, de esta forma, se garantiza que el alumno responda con corrección a la tarea con el menos número de errores. Esto es, no se trata de sustituir una máquina por el profesor, la máquina no enseña por sí sola, sino que es un apoyo para el profesor. Lo que Skinner pretendía era optimizar el tiempo que se emplea en aprender las cuestiones básicas “instrumentales” para que éste se pudiese dedicar más a tareas más complejas que se construyen a partir de éstas. A modo de ejemplo, podríamos decir que los niños aprenderían a sumar y a restar sin errores y, una vez dominadas las habilidades básicas (donde se puede usar fácilmente la máquina como apoyo), se enlazarían con los problemas correspondientes a las situaciones de la vida diaria; problemas que consistirían en combinar de manera creativa elementos que ya han sido aprendidos antes. Como ya ha aprendido correctamente y sin dudas estas operaciones (sumar y restar) ahora todo su esfuerzo lo puede dedicar a entender los problemas, mientras que si se hacen éstos sin dominar los prerrequisitos, el aprendizaje es más lento ya que hay que atender a la vez todas las posibles fuentes de error, hay un mayor número de errores y la tarea es menos reforzante.

Por último, es de destacar que esta máquina es un elemento muy importante y sobre todo llamativo dentro de un modelo más complejo del que trataré a hablar en futuras publicaciones.

[1959: PLATO \(Programmed Logic for Automated Teaching Operations\)](#)

Se considera como un sistema CAI temprano (Won, M.). Se inició en la Universidad de Illinois, posteriormente desarrollada por Control Data Cooperation. El objetivo de este sistema de aprendizaje basado en ordenador, es automatizar la instrucción individual, durante los posteriores siete años se ha examinado la utilidad y la viabilidad del sistema de enseñanza por ordenador. Durante esos años, aproximadamente fueron desarrollados 300 programas para demostrar su viabilidad para la enseñanza y la investigación educativa. Las áreas temáticas de programas PLATO eran muy amplia desde la adquisición de lenguas extranjeras, matemáticas, ciencias para primaria, secundaria, educación superior y en el lugar de trabajo.

[CAI \(Computer Aided Instruction\)](#)

En España se conoce como EAO (Enseñanza Asistida por Ordenador), es un tipo de programa educativo diseñado para servir como herramienta de aprendizaje (Wikipedia, 2015). Hay muchas formas de definirlo, como también es toda la maquinaria y programas informáticos diseñados para ayudar al profesor y a los alumnos en el proceso de enseñanza-aprendizaje, es decir, modalidad de comunicación indirecta entre alumno y profesor, que no se realiza por presencia física, sino mediante el ordenador.

El desarrollo de este tipo de tecnología, como lo son los tutores, libros interactivos, simuladores y ejercicios complementarios entre otros, se fue dando a la

par del crecimiento de los sistemas computacionales. Poco a poco, las universidades y escuelas fueron adquiriendo ordenadores, primero para la investigación y luego como herramientas auxiliares en la enseñanza, ya que simplificaban el trabajo tanto de estudiantes como de profesores.

Existen diversos tipos de herramientas de CAI adaptadas a diferentes metodologías de aprendizaje. Estos programas utilizan ejercicios y sesiones de preguntas y respuestas para presentar un tema y verificar su comprensión por parte del estudiante. Facilitan el proceso de captura, manipulación, organización y presentación de datos e información mediante las bases de datos, enciclopedias multimedia e Internet, que permiten el acceso a datos e información. También mediante la hoja de cálculo que permiten la manipulación y organización de los datos numéricos. El procesador de textos permite escribir sobre los datos y la información: comentarios, ampliaciones, críticas, etc. y las herramientas gráficas permiten diseñar presentaciones sobre los datos.

Este sistema tiene mayor productividad puesto que puedes trabajar más en menos tiempo, ya que deja libre al alumno para centrarse en las cuestiones importantes de determinada área de conocimiento, permite que ciertas tareas rutinarias sean más fáciles y rápidas y facilitan a los alumnos y profesores el proceso de enseñanza-aprendizaje. Hay cursos en línea (se precisa la conexión a la red), y cursos "off line" que permiten, una vez descargados al ordenador, trabajar desconectados.

Las ventajas de la CAI es que el ordenador tiene infinita paciencia: espera. Está orientada a la formación individual o a pequeños grupos, no sobre la duración de la formación. Por lo general, en una estructura de clase tradicional, o incluso en grupos más reducidos, el ritmo de trabajo y la duración de la formación los imponen los más lentos. Por el contrario, la EAO permite a cada cual la libertad de fijar su propio ritmo de aprendizaje y distribución del tiempo.

Mediante la CAI ya no hay respuestas buenas o malas, sino respuestas correctas o errores. Las primeras son las menos útiles ya que el error se convierte en uno de los medios más eficaces de aprender. Equivocarse es algo más que un derecho: es un factor de progreso, un medio para aprender. La CAI permite aprender solo. Incluso anima a hacerlo. A la vez que se reconocen las ventajas de esta autoformación (adaptación del tiempo, del ritmo y del recorrido), aunque también es fácil imaginar los peligros que comporta esta soledad. Ese es el mayor inconveniente de la CAI, la individualización del alumno, puesto que la vida profesional se basa cada vez más en los equipos y las herramientas de comunicación.

SCHOLAR: Primer sistema tutorial inteligente

En 1970 se desarrolló el primer STI en el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT): SCHOLAR. Este sistema estuvo basado en una aplicación conocida como ELIZA diseñada para el estudio de la comunicación entre persona-máquina. SCHOLAR se diseñó para enseñar geografía del continente americano y supuso un salto cualitativo sobre los sistemas educativos anteriores. Previamente a 1970, el proceso de enseñanza se basaba en series de preguntas y respuestas pre-diseñadas que hacían el sistema rígido, mientras que en SCHOLAR el formato de representación de la información permitía al sistema anticipar las respuestas de la persona que aprende y adaptarse a sus necesidades.

Carbonell desarrolla un nuevo paradigma de trabajo que se diferencia de los sistemas CAI en lo siguiente:

	Sistemas CAI tradicionales	Paradigma de Carbonell
Unidad instruccional básica	Bloques de materia o Frames.	Red semántica.
Lecciones o conocimiento a transmitir	Colección de Frames.	Se almacena en nodos de la red.
Interacción con el alumno	<p>Las lecciones se presentan sucesivamente al alumno siempre en el mismo orden.</p> <p>El alumno no puede hacer preguntas libres, tiene que adaptarse a lo previsto por el creador del sistema.</p>	<p>El proceso se desarrolla basándose en el método socrático, es decir a partir de diálogos.</p> <p>Las respuestas a las preguntas del alumno se determinan recorriendo la red semántica, lo cual le permite a éste un mayor grado de libertad.</p>

Componentes de Scholar:

Dominio de trabajo	Geografía de Sudamérica
Experto en el dominio del conocimiento	<p>El conocimiento se representa en una red semántica</p> <p>La red se organiza de forma jerárquica de acuerdo a relaciones del tipo: superparte, superconcepto y superatributo.</p> <p>Se pueden realizar inferencias simples a partir de las relaciones anteriores, por ejemplo: Santiago existe en Sudamérica, pues Santiago está en Chile y Chile está en Sudamérica.</p> <p>Se pueden realizar inferencias más complejas a partir de determinar relaciones semánticas entre dos nodos siguiendo sus enlaces hacia arriba hasta llegar a un nodo común. Por ejemplo: Santiago y Sao Paulo son ciudades de Sudamérica.</p>
Modelo del Alumno	<p>La red puede modelar el conocimiento del alumno a partir de las siguientes consideraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Al inicio: red completa = conocimiento del alumno perfecto. - Al trabajar: la red sufre perturbaciones que reflejan las habilidades del alumno. - Una perturbación = eliminar y/o modificar nodos y enlaces (de manera virtual).
Experto pedagógico	La estrategia pedagógica consiste en:

	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar tópicos relevantes dentro del tema actual, o bien - Hacer selecciones al azar. <p>Por ejemplo: si el estudiante solicita información sobre Perú, SCHOLAR escoge entre los diferentes tópicos posibles aquellos que resulten de mayor importancia.</p> <p>La importancia de un tópico se define como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Distancia entre nodos en la red - Pesos asociados a los nodos
Interfaz	En lenguaje natural a partir de un subconjunto del inglés.

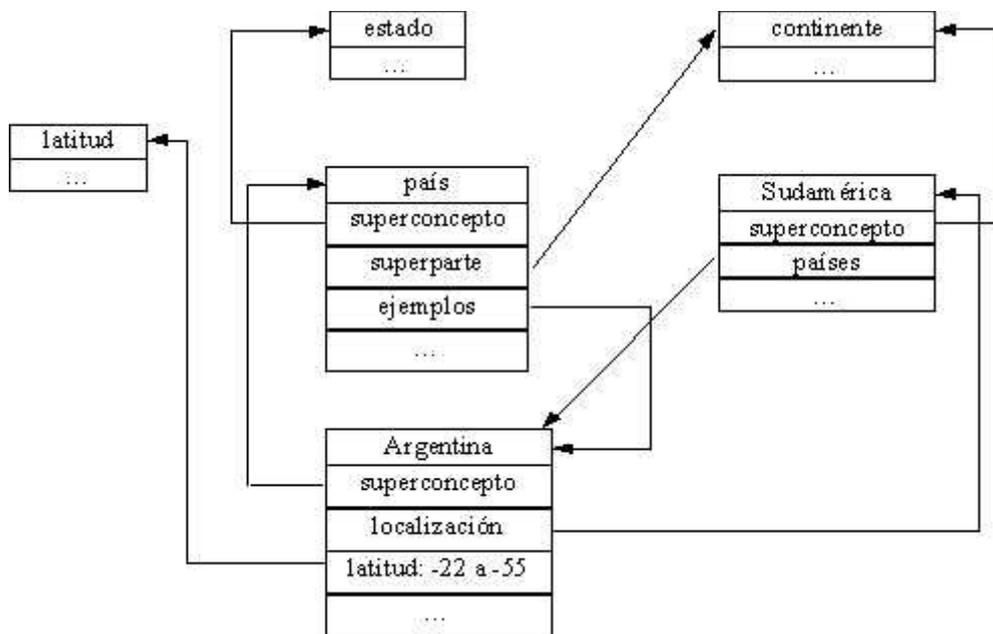


Figura 4: Parte de la red semántica creada por Carbonell (Morales, F.).

Aunque son múltiples sus ventajas no se escapa de ciertas críticas haciendo necesario: extender las capacidades de inferencia, es decir, mejorar la red semántica; mejorar las estrategias pedagógicas y mejorar el modelo del alumno.

LOGO: Lenguaje de programación

Es un lenguaje de programación completo derivado de LISP (el lenguaje más prominente para el tratamiento de temas de inteligencia artificial). Sin embargo, y más importante, Logo es un lenguaje para aprender. Es una herramienta útil para enseñar el proceso de aprendizaje y de pensamiento (NEOPARAISO, 2015).

Logo provee un ambiente donde los estudiantes asumen el rol de maestros. Y, como maestros, ellos deben:

- entender el conocimiento que debe ser enseñado.
- planear un método para impartir este conocimiento.

- dividir el conocimiento en trozos pequeños y entendibles.
- saber cómo comunicar el conocimiento claramente.
- establecer este nuevo conocimiento como fundamento para aprendizaje futuro.
- estar al tanto y construir sobre el conocimiento que el aprendiz (es ordenador) ya posee.
- ser receptivo a explorar nuevas ideas mientras van apareciendo.
- responder a los malentendidos y errores del aprendiz (el ordenador).

Los estudiantes logran esto usando Logo así:

- experimentando con los comandos de Logo para entenderlos y alcanzar confianza en su uso.
- planeando su trabajo y organizándolo en sus varios componentes.
- escribiendo un conjunto de instrucciones para realizar cada pequeña tarea.
- construyendo un programa para realizar todas las tareas en el orden correcto.
- evaluando su programa al localizar y corregir errores o reestructurando el método utilizado.

Logo no está limitado a un tópico en particular o a una materia específica. Sin embargo, es más comúnmente utilizado para la exploración de las Matemáticas ya que los gráficos de tortuga de Logo proveen un ambiente naturalmente matemático. Debido a que la tortuga se mueve una determinada distancia y gira un número dado de grados, el estudio de geometría mediante la construcción e investigación de polígonos y figuras hace de Logo una herramienta de aprendizaje poderosa.

Diseñado en el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) como un lenguaje de aprendizaje, Logo es por naturaleza:

- ↳ Amigable: Logo es fácilmente comprendido; podemos relacionarnos con la tortuga y usarla como un objeto con el cual pensar.
- ↳ Extensible: a Logo se le pueden enseñar nuevos comandos y otros comandos pueden construir sobre aquellos.
- ↳ Compasivo: Logo ofrece retroalimentación inmediata mediante mensajes informativos útiles.
- ↳ Flexible: Logo es usado con preescolares como con estudiantes de matemáticas avanzadas.
- ↳ Poderoso: Logo es un lenguaje de programación que provee todas las herramientas necesarias para crear programas de cualquier nivel de sofisticación.

Por lo que, aun cuando Logo es un lenguaje de programación, es mejor pensar en él como un lenguaje de aprendizaje; un lenguaje que incentiva que los estudiantes exploren, que aprendan, y que piensen.

1980: Administración de exámenes por ordenador

La década de los 80 puede ser conocida en este ámbito como la década en que se produce el desarrollo de tests informatizados siguiendo los criterios de los tests convencionales y se inicia la evaluación adaptativa informatizada. Así:

- El Educational Testing Service desarrolló sistemas multimedia para pruebas de certificación y nivel (Bridgeman, Bennet y Swinton, 1986).
- El Waterford Testing Center realizó el diseño de un conjunto de tests informatizados para evaluar el conocimientos de alumnos de primaria en Lectura, Lenguaje y Matemáticas (Slawson, 1986).
- McDermott (1980) desarrolló un conjunto de programas para evaluar los posibles problemas intelectuales, motivacionales o conductuales que pueden estar en la base de determinados problemas de aprendizaje.
- Kent y Albanese realizan en 1987 la primera evaluación con tests adaptativos informatizados de estudiantes de medicina de segundo curso.
- En 1988 se comienza la introducción paulatina de exámenes mediante TAI en institutos de Estados Unidos.
- El laboratorio Armstrong de las fuerzas armadas norteamericanas desarrolla la batería de tests informatizados Cognitive Abilities Measurement (CAM), con la que se intentan medir habilidades de procesamiento de la información que anteriormente se estudiaban en los laboratorios experimentales (Kyllonen y Cristal, 1989).

1988: Primera conferencia internacional de ITS (Sistemas Tutoriales Inteligentes)

En este año, se efectuó la primera conferencia internacional de ITS donde todos los investigadores en este campo tuvieron la oportunidad de conocer, aprender, compartir conocimientos y enterarse de los logros que se han obtenido en esta área alrededor del mundo.

1990: Computer Assisted Instruction CAI

Es a partir de este año cuando se produce un auge en el uso de los CAI (es un tipo de programa educativo diseñado para servir como herramienta de aprendizaje) debido a que el uso de los ordenadores empieza a ser más generalizado debido a que se han reducido costes, es más accesible.

1993: AiED

Tuvo lugar la primera conferencia internacional de inteligencia artificial en educación (AiED) en Edimburgo, Reino Unido. Suelen estar compuestas por una serie de conferencias de alta calidad sobre las últimas investigaciones en sistemas inteligentes y ciencias cognitivas enfocadas a las aplicaciones informáticas relacionadas con el ámbito de la educación y de todos los campos que componen la AiED, tales como la informática, las ciencias del aprendizaje, diseño de juegos, psicología, sociología, lingüística, educación, etc (Romera, 2015).

1998: Carnegie Learning

Se trata de un proveedor líder en planes de estudio de matemáticas para los grados de 6 a 12. Las soluciones de Carnegie de aprendizaje incluyen los libros de texto de matemáticas con actividades de clase, de colaboración centradas en el estudiante, junto con un software innovador, adaptable y desarrollo profesional docente (Wikipedia, 2016e).

2000: LMS (Learning Management System)

Los sistemas de gestión del aprendizaje (LMS) tienen una historia diferente. El sistema de aprendizaje integrado (ILS), que ofrece una funcionalidad adicional más allá del contenido instruccional, una instrucción más personalizada y la integración con todo el sistema. El término ILS fue acuñado originalmente por Jostens y el LMS fue utilizado originalmente para describir la parte del sistema de gestión del método de aprendizaje PLATO K-12, libre de contenido y separado del material didáctico. El término LMS se utiliza actualmente para describir una serie de aplicaciones informáticas educativas.

Un sistema de gestión de aprendizaje es un software instalado en un servidor web que se emplea para administrar, distribuir y controlar las actividades de formación no presencial (o aprendizaje electrónico) de una institución u organización. Permitiendo un trabajo de forma asíncrona entre los participantes (Wikipedia, 2016f).

Las principales funciones del sistema de gestión de aprendizaje son: gestionar usuarios, recursos así como materiales y actividades de formación, administrar el acceso, controlar y hacer seguimiento del proceso de aprendizaje, realizar evaluaciones, generar informes, gestionar servicios de comunicación como foros de discusión, videoconferencias, entre otros.

Un sistema de gestión de aprendizaje, generalmente, no incluye posibilidades de autoría (crear sus propios contenidos), sino que se focaliza en gestionar contenidos creados por fuentes diferentes. La labor de crear los contenidos para los cursos se desarrolla mediante un Learning Content Management System (LCMS).

La mayoría de los sistemas de gestión de aprendizaje funcionan con tecnología web.

2006: Tutoriales adaptativos

Un laboratorio virtual no tiene capacidad de enseñanza, más allá de realizar prácticas de conocimientos previos o ya adquiridos por medio de una ayuda anexa al mismo, por este motivo, éstos no se consideran un medio de enseñanza-aprendizaje amplio.

Hubo la necesidad de incorporar a estos mecanismos de enseñanza otros mecanismos que aprovechan la práctica tridimensional de un laboratorio virtual, esto da lugar a los tutoriales adaptativos basados en simulaciones (simuladores), estos sistemas van más allá de la aplicación de los conocimientos adquiridos en clase, son medios de aprendizaje de los que se puede obtener conocimiento de una manera abierta e independiente sobre uno o varios temas de la ciencia o tecnología.

2008: KNEWTON

Es una compañía de aprendizaje adaptativo que ha desarrollado una plataforma para personalizar el contenido educativo. Esta plataforma permite a colegios, editoriales y desarrolladores ofrecer el aprendizaje adaptativo para cualquier estudiante.

Se trata de un proveedor que hace posible que otros puedan construir aplicaciones con este método de aprendizaje. Esta tecnología permite a la empresa llevar a cabo sofisticados análisis en tiempo real de grandes cantidades de datos del desempeño de los estudiantes. Knewton utiliza la tecnología de aprendizaje adaptativo para identificar las fortalezas y debilidades de cada estudiante. Los conceptos están etiquetados en cada nivel, lo que permite a la plataforma hacer recomendaciones personalizadas basadas en las capacidades y necesidades de los estudiantes.

2009: Plataformas más populares

A partir de este año se da un gran desarrollo en las plataformas que ofrecen aprendizaje adaptativo:

- ↳ **LearnSmart:** proporciona ayuda al estudiante para conseguir mejores notas, esta plataforma selecciona el material que el alumno no conoce y lo guía para aprenderlo, recordarlo y dominarlo, preparándolo para sus exámenes. Es la plataforma utilizada por la editorial McGraw-Hill (McGraw-Hill Education, 2016).
- ↳ **MindTap:** plataforma creada por Cengage Learning (Cengage Learning, 2016), se basa en el compromiso fundamental entre los receptores de esta tecnología ya sea los que están en clase como los que están detrás de ella, para garantizar tanto el diseño de producto más efectivo como la solución educativa siempre con un servicio personalizado, todo para ayudar a la gente a aprender.
- ↳ **Knewton:** es una plataforma que ofrece sus servicios a numerosas editoriales de educación, en España podemos reseñar el acuerdo que tiene con Santillana con la plataforma en línea A2O.
- ↳ **Grockit:** esta plataforma se basa en encontrar la debilidad del que la usa (Grockit, 2016), es decir, Grockit está continuamente aprendiendo mientras el estudiante lo hace, siempre encuentra el material en el que el estudiante necesita trabajar más.

2010: SMART SPARROW

Las herramientas de software utilizadas en Smart Sparrow son una suite basada en web que desarrolla contenidos de aprendizaje adaptativo y aplicaciones (Wikipedia, 2016c), despliega ese material para estudiantes y analiza cómo los estudiantes aprenden de sus respuestas al material. La plataforma implementa un sistema tutorial inteligente que combina el modelo de restricciones basadas en el modelo de rastreo.

2011: MOOC

Los Cursos Masivos Abiertos en Red, o MOOC (del inglés, Massive Open Online Courses) (educaLAB, 2016), son una nueva modalidad de formación con propuestas orientadas a la difusión web de contenidos y un plan de actividades de aprendizaje

abierto a la colaboración y la participación masiva. Son cursos con soporte web escalable e inscripción libre para quienes quieran acceder y seguir la propuesta formativa.

Los diseñadores, directores, tutores, participantes y administradores de las plataformas pueden beneficiarse de toda la información que generan los MOOC, y usarla para mejorar las actividades formativas, la oferta de cursos, la experiencia de aprendizaje en general. Los agentes de software pueden diseñarse para recopilar información de forma automática del entorno formativo de acuerdo con patrones previamente establecidos.

Los agentes analizan el perfil del estudiante y pueden adaptar el curso de diferentes maneras: ajustar el contenido del curso conforme al perfil y bagaje educativo de los participantes.

Por lo tanto resulta muy interesante dar un uso provechoso a los MOOCs, parece que no logran dar un aprendizaje personalizado, pero se puede lograr mediante:

- ✓ **Los datos:** el aprendizaje adaptativo requiere datos para proponer a cada alumno un proceso de aprendizaje personalizado. Y con su número elevado de participantes, los MOOCs generan estos datos de aprendizaje necesarios.
- ✓ **Los participantes:** cuanto más elevado es el número de participantes, mayor es la necesidad de proponer a cada alumno un proceso de aprendizaje personalizado.
 - ➔ **El resultado:** Los participantes generan los datos que permiten al aprendizaje adaptativo proponer a cada alumno una experiencia de aprendizaje personalizado.

Esta relación implica dos elementos esenciales: por una parte un contenido que funciona con algoritmos de aprendizaje adaptativo, y por otra parte varios tipos de interacción en la plataforma (Ostrowicz, 2016).

2012: Gartner, adopción de la tendencia

El aprendizaje adaptativo llega a su pico más alto en expectativas. Se publica de forma anual un informe que proporciona una perspectiva transversal de las tendencias de la industria tecnológica emergentes, ayudando a discernir si nos encontramos ante una sobreexpectación o ante una tecnología viable. En ese año, se ve que las tecnologías emergentes (Orlando, 2011) son propicias al aprendizaje adaptativo como poder usar cualquier tipo de elemento que tenga internet (móvil, tableta, ordenador, etc.), la experiencia del usuario dentro de internet, el desarrollo de internet, pero sobre todo las nuevas generaciones de analíticas que permiten estudiar al usuario, la gran cantidad de información recogida mediante Big Data, el uso que se puede hacer de esa información recolectada para el aprendizaje es fundamental para su propagación y su posterior uso masivo en beneficio del consumidor.

5. MODELOS DE APRENDIZAJE ADAPTATIVOS

Los proveedores que ofrece soluciones de aprendizaje adaptativo, suelen trabajar bajo distintas áreas de investigación académica que incluyen sistemas inteligentes de tutoría, aprendizaje automatizado, teorías de la memoria y de carga cognitiva, entre otras. Aunado a esto, los sistemas de aprendizaje adaptativo de forma general se han dividido en categorías o modelos nombrados de diversas maneras. Sin embargo, podemos establecer que, sin importar estas variaciones, existen dos corrientes generales aunque no mutuamente excluyentes (Universidad de Antioquía, 2016):

- ↳ Impulsado por el contenido. Se basa en el monitoreo del desempeño, las interacciones y los metadatos que se generan de la interacción entre los estudiantes con el contenido. Esta información y su relación con los objetivos de aprendizaje se concentra en un tablero o dashboard que el profesor consulta para identificar qué es necesario ajustar, cambiar o modificar en la instrucción; contenidos o caminos de aprendizaje.
- ↳ Impulsado por la evaluación. Generalmente es el que comúnmente se asocia al aprendizaje adaptativo. En este enfoque, el sistema realiza, casi en tiempo real y de manera dinámica, los ajustes en la instrucción, recursos de aprendizaje y vías o caminos del curso, basándose en la evaluación continua del desempeño y dominio del estudiante. Aquí no es necesaria la intervención del profesor.

Para ilustrar el primer modelo podemos destacar el caso de Cheryl Lemke, presidenta del Grupo Metiri, quien desarrolló un modelo impulsado por el contenido al que denominó aprendizaje adaptativo inteligente. Lo define como un aprendizaje digital que envuelve a los estudiantes en un entorno modular de aprendizaje en el que cada una de sus decisiones es capturada y luego utilizada para orientar sus experiencias de aprendizaje y ajustar el camino y ritmo de, y entre, sus lecciones. Esto provee información formativa y sumativa a los profesores. Este modelo adapta la instrucción a las necesidades únicas de cada alumno, sus conocimientos actuales e intereses.

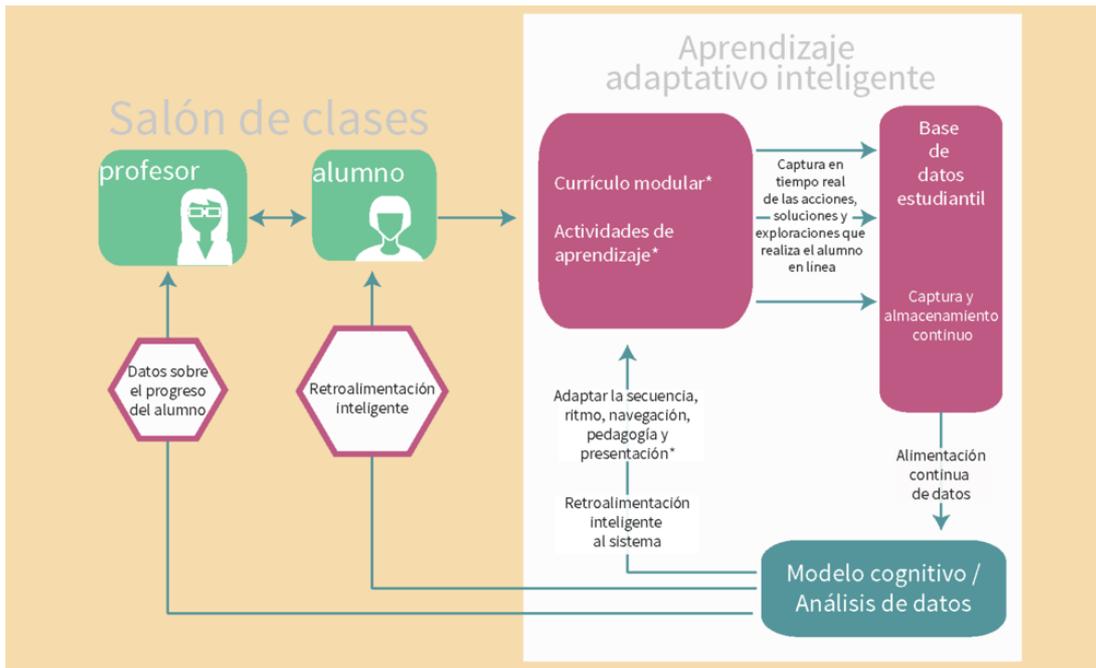


Figura 5: Modelo de aprendizaje adaptativo inteligente. Adaptación de Lemke, 2014.

Los modelos impulsados por la evaluación están basados en sistemas adaptativos computerizados, de acuerdo a Kingsbury, Freeman y Nesterak, éstos se caracterizan por tener una estructura y procedimientos elementales: un banco de preguntas desde donde puedan ser extraídas, una calibración en una escala de medición común, un mecanismo de selección de preguntas con base en las respuestas, un proceso para finalizar la prueba y un reporte de relación entre puntuaciones obtenidas y las necesidades de los estudiantes.

Las pruebas o exámenes adaptativas son una parte fundamental en estos modelos. Éstas se componen básicamente de dos etapas: la selección de preguntas y la estimación de la puntuación (Davey, 2011). La primera, determina la pregunta o conjunto de preguntas más apropiadas a aplicarse con base en el nivel de desempeño del estudiante. La segunda, utiliza las respuestas que previamente dio el estudiante para estimar su rendimiento, así las preguntas posteriores serán más adecuadas.

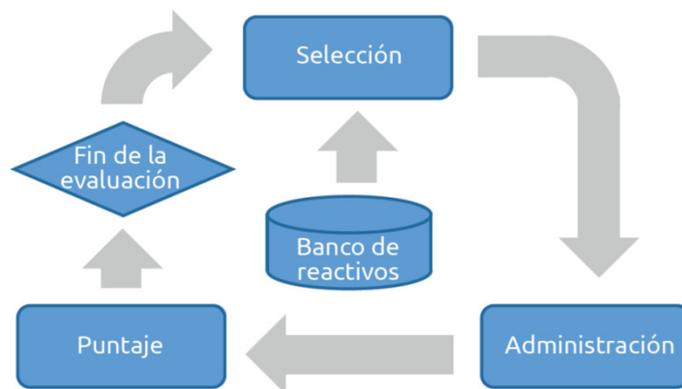


Figura 6: El ciclo de la evaluación adaptativa. Adaptación de Davey, 2011.

La selección de preguntas puede realizarse en varios niveles MultiStage Testing (MST), la cual empieza con una evaluación de dificultad moderada llamada “examen de

redireccionamiento” y, en función del desempeño de los estudiantes, se les asignan preguntas que pueden variar el nivel de dificultad durante su evaluación.

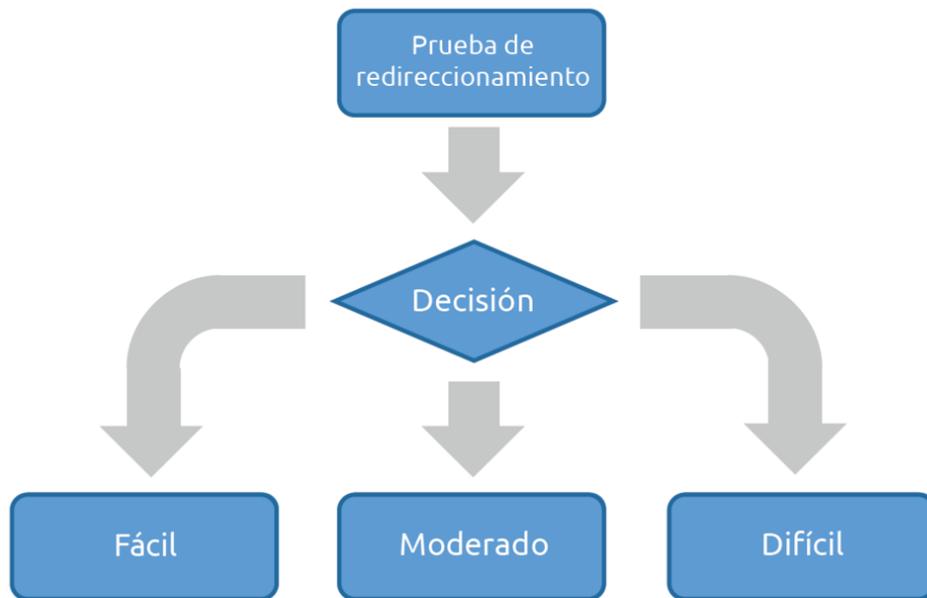


Figura 7: Multievaluación de dos etapas. Adaptación de Davey, 2011.

Las dos últimas figuras mencionadas, muestran el flujo de procesos en un modelo de aprendizaje adaptativo impulsado por la evaluación. Este se desarrolla a manera de ciclo, el cual termina cuando se alcanza cierto grado de precisión en la puntuación obtenida o cuando se han aplicado cierto número de reactivos.

6. SISTEMAS ADAPTATIVOS DE APRENDIZAJE Y EVALUACIÓN

Existen diversas aplicaciones de aprendizaje adaptativo que van desde un nivel básico, como los sistemas de audiencia (clickers), que permiten a un expositor ajustar su presentación en tiempo real a partir de la retroalimentación que recibe de su público, hasta sistemas más sofisticados que ajustan el tipo de preguntas que se hacen al estudiante dependiendo de sus respuestas previas, como en el caso del TOEFL por ordenador.

Un elemento muy importante de un modelo adaptativo es la medición del progreso, es decir, la evaluación que por sus características es adaptativa.

Las pruebas adaptativas por ordenador son una herramienta que permite evaluar los niveles actuales conocimientos de una persona respecto a un tema específico y su nivel de avance en el aprendizaje de este tema; apoyándose en un software que facilita la administración de la prueba. Las pruebas adaptativas consisten en un banco de preguntas de dificultad variable que permiten ir avanzando o retrocediendo en un rango específico en la medida que la persona supera o reprueba las pruebas. De esta manera se estima el nivel de conocimiento o habilidad de la persona en un tema específico.

Como antecedente, la evaluación adaptativa computarizada (CAT) fue sucesora de una serie de aplicaciones exitosas que surgieron a partir de 1905 con el desarrollo del primer examen adaptativo de Alfred Binet: Binet IQ Test. Las pruebas adaptativas se componen de ítems o elementos seleccionados de una colección (banco de ítems). Los elementos son seleccionados para que coincidan con el nivel estimado de capacidad (o aptitud) de la persona: si tiene éxito en un elemento, el siguiente será un poco más difícil; si fracasa, el siguiente será un poco más fácil. La prueba termina cuando la capacidad o aptitud del sujeto llega al objetivo establecido (Linacre, 2000) o cuando se hayan suministrado determinada cantidad de elementos.

Este tipo de evaluación es posible debido a la incorporación de la teoría de respuesta al ítem (IRT) que es un marco de medición utilizado en el diseño y análisis de las evaluaciones educativas y psicológicas. La IRT presenta ventajas sobre la teoría clásica de los tests ya que ofrece un marco que permite realizar evaluaciones con diferentes elementos en una escala común. Esto es un beneficio sustancial cuando es necesario vincular resultados de múltiples formas de evaluación a fin de que los puntajes tengan el mismo significado a través de las diferentes evaluaciones.

Con el objetivo de hacer más clara la distinción entre aprendizaje adaptativo y evaluación adaptativa, se muestra un gráfico en que se enumeran los principales elementos en ambos casos:



Figura 8: Principales elementos del aprendizaje y evaluación adaptativos (Tecnológico de Monterrey, 2014).

Actualmente los sistemas más relevantes en educación son los siguientes:

Exámenes adaptativos (por ordenador):

Basadas en las pruebas computarizadas adaptativas (CAT) son un tipo de evaluación que se construye empleando complejos algoritmos que le permite adaptar, y producir pruebas óptimas para cada estudiante (FastTest, 2013). La prueba se enfoca en proporcionar los elementos que son más apropiados para el nivel de la persona. Con este proceso se esperan conseguir los siguientes beneficios:

- Pruebas mucho más cortas, reducción entre 50% y 90% del tiempo.
- Calificaciones más precisas.
- Mayor motivación en la persona.
- Mayor fiabilidad en la prueba.

Tutoriales adaptativos:

Son Sistemas Tutoriales Inteligentes (ITS) con los que los estudiantes suelen interactuar por medio de una simulación enfocada en una tarea-objetivo mientras van siendo guiados y remediados. Los tutoriales adaptativos pueden presentar diferentes tipos de retroalimentación para el estudiante y el profesor. Los primeros reciben orientación basada en su interacción, mientras que los segundos obtienen retroalimentación sobre sus propias opciones de edición para impulsar la reflexión y adaptación de contenidos (Marcus, Ben-Naim y Bain, 2011).

Los tutoriales adaptativos están diseñados para que los profesores puedan monitorear las respuestas globales de grandes grupos de estudiantes, para adaptar la enseñanza y retroalimentación dada por los propios tutoriales y resolver los puntos deficientes más comunes. Mediante el análisis de las respuestas y el desempeño general de los estudiantes se puede observar cómo se involucran para trabajar en

dificultades conceptuales (Prusty, Russel, Ford, Ben-Naim, Ho, Vrcelj y Marcus, 2011). En estos sistemas, la adaptación se da en tres niveles:

- Retroalimentación: a partir de actividades, respuestas, resultados en exámenes y fallos en los mismos.
- Secuencia de actividades: dinámicamente con base en el desempeño del estudiante.
- Reflexión (por parte de los profesores): conforme a las necesidades y rendimiento de sus estudiantes.

Tutores cognitivos inteligentes:

Son un tipo muy particular de ITS que usan inteligencia artificial para simular el comportamiento que tendría un tutor humano. Para lograr esto, se han basado en la investigación de IA, una rama de la ciencia que aún se encuentra en desarrollo. Los tutores inteligentes proporcionan ejercicios hasta que se domina el tema; posterior a ello, ofrecen instrucción y retroalimentación personalizada para que el estudiante aprenda a su propio paso; y finalmente, recolectan datos detallados que permite a los instructores, monitorear, e intervenir, si es necesario, en el proceso de aprendizaje.



Figura 9: Plataformas aprendizaje adaptativo, (Tecnológico de Monterrey, 2014).

7. TECNOLOGÍAS DE APRENDIZAJE ADAPTATIVO

Las tecnologías de aprendizaje adaptativo se refieren al software y las plataformas en línea que se ajustan a las necesidades individuales de los estudiantes a medida que aprenden. Las herramientas educativas actuales ahora son capaces de aprender la forma de aprender de las personas; permitido por las tecnologías de aprendizaje automático, que pueden adaptarse al progreso de cada estudiante y ajustar el contenido en tiempo real o proporcionar ejercicios personalizados cuando lo necesitan. En la educación superior, muchos profesores imaginan estas plataformas adaptativas como nuevos y pacientes tutores que pueden proporcionar instrucción personalizada a gran escala. Hay dos niveles de tecnologías de aprendizaje adaptativo, la primera plataforma reacciona a los datos de usuario individuales y adapta el material de instrucción en consecuencia, mientras que la segunda aprovecha los datos agregados a través de una amplia muestra de usuarios para obtener información sobre el diseño y la adaptación de los planes de estudio.

La aparición de las tecnologías de aprendizaje adaptativo refleja un movimiento en el mundo académico hacia la personalización de las experiencias de aprendizaje para cada individuo. Gobiernos y universidades de todo el mundo están reconociendo cada vez más que el enfoque de una talla única para todos aliena a los estudiantes que están luchando con conceptos específicos, y también a los estudiantes que están comprendiendo el material con mayor rapidez que sus compañeros. En los entornos de educación superior, sobre todo en grandes cursos, introductorios, los docentes rara vez tienen la capacidad de diseñar planes de estudio y conferencias que se adapten de forma individualizada a cada estudiante inscrito. La integración del aprendizaje adaptativo se describe como un reto difícil en este informe, y las tecnologías de aprendizaje adaptativo proporcionan una vía para el ajuste a medida de las oportunidades educativas. Mientras que las tecnologías de aprendizaje adaptativo están aún al menos a cuatro años de distancia de su uso generalizado en la educación, una serie de estudios destacan su potencial para transformar los paradigmas tradicionales de aprendizaje y un próximo paso importante es desarrollar estándares y buenas prácticas.

El aprendizaje adaptativo es perfecto para tener lugar en entornos híbridos y de aprendizaje en línea, donde las actividades estudiantiles se llevan a cabo de manera virtual y pueden ser monitorizadas por software y aplicaciones de seguimiento. Históricamente categorizado como tutoría inteligente, el aprendizaje adaptativo se aprovecha de los últimos avances en inteligencia artificial para adaptarse a las preferencias personales de los estudiantes. En el nivel más básico, el componente adaptativo de las plataformas implican algoritmos que emplean un enfoque “si esto, entonces aquello” (if this, then that). Modelos más robustos implican algoritmos que vinculan conceptos y habilidades específicas del curso al cómo los estudiantes están interactuando con el material; un estudiante, por ejemplo, puede pasar una cantidad desproporcionada de tiempo leyendo un solo pasaje que resume la teoría de cuerdas, indicando al algoritmo que debe servir más recursos para se comprenda mejor el concepto.

Tras la recogida de datos sobre el comportamiento de los estudiantes, las tecnologías de aprendizaje adaptativo a menudo muestran visualizaciones de datos en forma de

amplios cuadros de mando que pueden ser monitoreados regularmente por los docentes. Estos cuadros de mando son a menudo visibles para los estudiantes de modo que puedan obtener una mejor comprensión de su progreso a través del curso, así como qué hábitos y actividades les están ayudando a aprender con mayor eficacia. Los cuadros de mando del docente presentan datos a un nivel granular, identificando qué estudiantes pueden estar en riesgo de fallar sus cursos con el objetivo de aumentar la retención estudiantil. A un nivel más amplio, los tableros de información de aprendizaje adaptativo pueden ayudar a los profesores a evaluar mejor la eficacia del diseño del curso examinando los datos de los estudiantes en conjunto y hacer comparaciones entre todos los cursos.

Relevancia en la enseñanza, el aprendizaje, o la investigación creativa

Mientras que las tecnologías de aprendizaje adaptativo tienen el potencial de cambiar el juego y fomentar un aprendizaje más personalizado para los estudiantes al tiempo que proporciona a las instituciones la información clave sobre la efectividad de su instrucción, las aplicaciones actuales en la educación superior se han limitado principalmente a la investigación, los programas de desarrollo y los pilotos, lo que justifica la clasificación del tema en la sección de objetivos a largo plazo. Hay una multitud creciente de empresas enteramente dedicadas a la creación de plataformas de aprendizaje adaptativo, incluyendo a Knewton, Smart Sparrow y Cerego. Algunos líderes educativos, sin embargo, han expresado la necesidad de plataformas de aprendizaje adaptativo que se integren sin problemas en los sistemas de gestión de aprendizaje y cursos existentes en el campus; los productos individuales pueden ser una inversión mejor para las instituciones de educación superior, ya que a menudo requieren infraestructuras tecnológicas de última generación.

Tecnologías de aprendizaje adaptativo en práctica

A continuación se proporcionan ejemplos de uso de tecnologías de aprendizaje adaptativo que tienen implicaciones directas en entornos educativos:

Knewton

Su CEO es José Ferreira (Wikipedia, 2016d), define a Knewton como una plataforma flexible que produce aprendizaje adaptativo en base a la analítica de grandes cantidades de interacciones en ambientes digitales de aprendizaje.

Funciona mediante contenidos que son utilizados por los alumnos, típicamente un libro de texto digital, una evaluación en línea y toda la información existente del aprendizaje de los alumnos que pueda tener un formato digital (Blog Futuro Educativo, 2016a). Les ofrece un sistema de analítica de toda la información producida por millones de interacciones entre alumnos, contenidos y aprendizajes.

Con esa información se puede personalizar el aprendizaje de los alumnos en base a información previa sobre sus patrones de aprendizaje y a los de millones de otros alumnos en situaciones similares. Esto permite crear progresivamente un currículum para cada alumno cada día. No cada día sino cada instante: la adaptación será en tiempo real.

Knewton obtiene entre 5 y 10 millones de datos por día por alumno, debido a que todo lo que hace un alumno en línea está siendo monitoreado por Knewton al nivel atómico de los conceptos. Cada palabra que lee un alumno tiene una etiqueta

que identifica esa y otras centenares de miles de acciones por día. Cuánto empieza un texto, cómo lo lee, cuándo lo deja, qué hace a continuación, si ve un video, si responde una pregunta, si pregunta algo al docente virtual, si se distrae en la web, si cambia de tema, si tiene lagunas, si trabaja o no, con qué ritmo, etc.

Esta es una parte de la inconmensurable información que está procesando Knewton. La otra parte son los aprendizajes medidos por distintos test. El sistema analiza los aprendizajes logrados por los alumnos y puede establecer modelos predictivos con un nivel de precisión atómico.

Knewton produce entonces adaptaciones, rutas individuales para cada alumno. Si un alumno está leyendo a un ritmo lento o se equivoca en preguntas intermedias de control de lectura o si no hace una consulta a tiempo, Knewton recrea el patrón de aprendizaje de ese alumno en su historial y lo confronta con millones de otros casos. Entonces puede predecir con exactitud el resultado que obtendrá en la prueba y remediarlo de forma anticipada.

De esta manera el libro de texto único desaparece. En su reemplazo llega un currículum individual.

Un alumno que está estudiando ciencias sociales tendrá un contenido individualizado sobre la historia de la Revolución Francesa. Comenzará leyendo un texto breve porque no puede concentrarse mucho, entonces verá un video, luego le harán preguntas fáciles para motivarlo a seguir leyendo algo más, siempre sabiendo qué cantidad de palabras es capaz de leer y con qué estilo didáctico. Luego pasará una pequeña prueba más seria y se le gratificará con una hora de descanso, luego una breve lección de repaso terminará con el día de estudio perfecto, donde se habrá logrado el máximo potencial de aprendizaje de la Revolución Francesa de ese alumno.

Así cada alumno pasará por una situación de aprendizaje única, perfecta, cada día. Todos lograrán el máximo de aprendizajes posibles.

Ese es el sueño del aprendizaje adaptativo basado en la asistencia de ordenadores.

La plataforma puede seguir rutas profundas de los patrones cognitivos de cada alumno. Los propios integrantes de Knewton explican que su trabajo es apasionante porque están descubriendo, por primera vez en la historia, cómo aprende la humanidad. No de forma teórica si no literalmente. Para ello están mapeando el estado mental de millones de alumnos mientras atraviesan su vida entera de aprendizaje escolar o universitario.

EDITORIALES ASOCIADAS CON KNEWTON

Knewton tiene una alianza estratégica con **Pearson**, la mayor empresa de educación del mundo. Knewton necesita socios lo más masivos posibles porque su futuro depende de lograr conquistar la mayor proporción del mercado educativo posible.

Knewton está logrando esa posición dominante. Acordó recientemente una sociedad con Microsoft, es socio de las grandes editoriales del mundo, en Francia es socio de **Le Livre Scolaire** y desde octubre de 2014 es socio de **Santillana** (Santillana, 2014), la mayor editorial de libros de texto en habla hispana.

En 2015 Knewton comenzará a seguir el aprendizaje de los alumnos que utilicen materiales de Santillana de matemáticas en escuelas secundarias. Será el inicio de un conocimiento a nivel atómico de los alumnos de América Latina y España.

SANTILLANA

Con la utilización de la plataforma de Knewton, Santillana es capaz de ofrecer un catálogo completo de materiales didácticos que se adaptan a las necesidades del alumno en función de su nivel de conocimiento en cada momento, con el objetivo de lograr mejores resultados de aprendizaje. El proyecto, pionero en España y Latinoamérica, vio la luz en 2015 y se implementó en una primera fase en materiales de matemáticas de la educación secundaria.

La tecnología de Knewton ofrece a cada alumno recomendaciones individualizadas y actualizadas sobre lo que debe estudiar, al tiempo que se les proporciona a los profesores datos y análisis de gran alcance para apoyar mejor el aprendizaje de cada estudiante." A través de dichas recomendaciones, estudiantes y profesores afrontarán mejor los nuevos desafíos y desarrollarán sus habilidades para relacionarse con un mundo en plena transformación.

La tecnología de Knewton permitirá el análisis de la evolución y curva de aprendizaje de los estudiantes cuando utilicen los libros de texto digitales o el contenido digital definido por Santillana, recomendando exactamente la secuencia a seguir en función de lo ya aprendido y consolidado. Para ello, utiliza las posibilidades que le ofrece el análisis del big data y las analíticas web, como son el educational data mining (análisis de grandes cantidades de datos provenientes de la actividad de los propios alumnos para el desarrollo de nuevas metodologías que mejoren su experiencia educativa) y el learning analytics (aplicación que permite realizar predicciones sobre el desempeño de los alumnos y ofrecerles recomendaciones que les permitan continuar aprendiendo). Toda esta información ayudará a los profesores a identificar con rapidez las necesidades de sus alumnos y a desarrollar planes e itinerarios de estudio personalizados para cada uno.

El producto finalmente lanzado se llama A2O, la propuesta adaptativa de Santillana o cuando el aprendizaje fluye. Se ha utilizado en su versión beta como proyecto piloto en algunos colegios españoles en Madrid (Colegio Leonardo Da Vinci), Zaragoza (Colegio El Pilar Maristas), Castellón (Colegio Germans Ochando), Alicante (Colegio Sagrada Familia), Sevilla (Highlands School), Córdoba (IES Fernando III El Santo), etc.

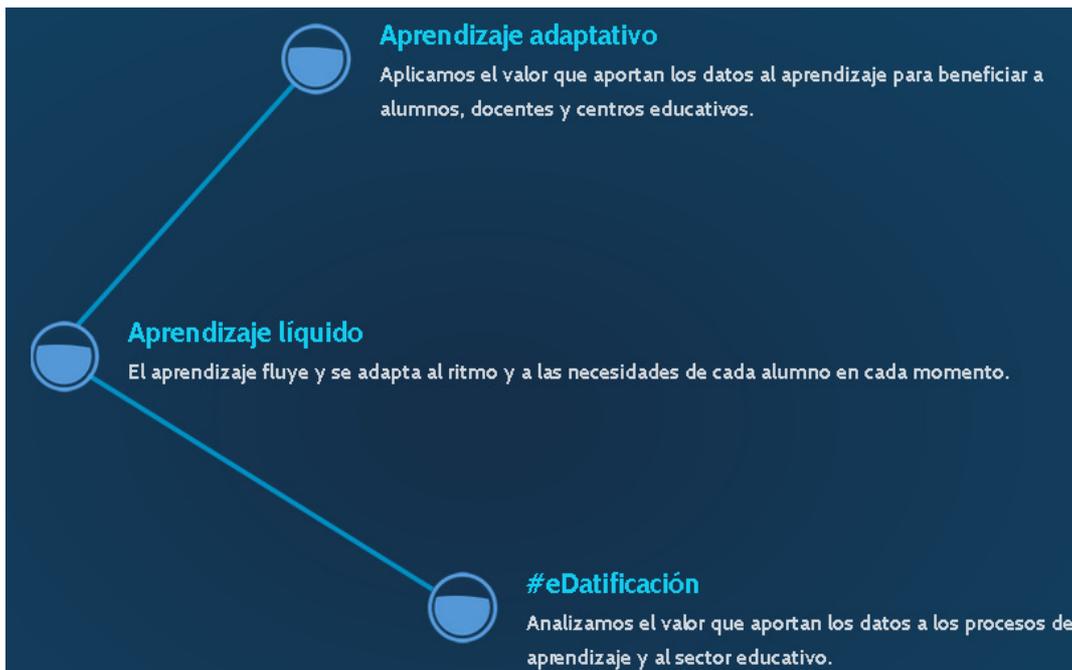


Figura 10: Características A2O de Santillana (Santillana, 2016).

Actualmente se está analizando los resultados de los pilotos que han finalizado la experiencia, y han encontrado casos de usos muy distintos e interesantes como, por ejemplo:

- ✓ **Herramienta de motivación.** A2O ha sido para muchos alumnos un elemento de motivación. Los profesores han sabido convertir el uso de la herramienta en un juego. Incluso, algún centro, como el colegio Fuhem Montserrat (Madrid), ha convertido la clase en una competición, en la que, para los alumnos, lo más divertido es “el pique entre compañeros”.
- ✓ **Flipped Classroom.** Este modelo cada vez está más presente en las aulas. En el piloto, algunos profesores preferían que sus alumnos trabajaran con A2O en casa para poder dedicar el tiempo en el aula a las dudas surgidas con el uso de la herramienta y ampliar los conceptos que requieren más atención. Manoli Linares (Córdoba) propone que “para que funcione mejor como flipped classroom, debería tener explicaciones previas a los ejercicios”.
- ✓ **Anticipar conceptos.** Aunque A2O estaba pensado para alumnos de 1º de la ESO, varias clases de sexto de primaria han querido probarlo para anticipar conceptos. M^a Blanca Robles (colegio Vicente Faubell Zapata de Castellón) comenta que, para sus alumnos, “al principio, mezclar números y letras era muy extraño, pero en la 3ª sesión ya estaban entusiasmados con el tema”. Otros docentes, como Judith Calvo (Guipúzcoa) traslada la utilidad de la herramienta, en este caso, afirmando que A2O ha sido una ayuda para sus alumnos en el paso de Primaria a la ESO.

Khan Academy

Salman Amin Khan (Nueva Orleans, 11 de octubre de 1976) es un profesor, informático, ingeniero eléctrico y matemático estadounidense de ascendencia india y bangladesí, quien creó en septiembre de 2006 una organización de aprendizaje electrónico de educación gratuita llamada Khan Academy (Wikipedia, 2016a).

Khan realizó estudios en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, donde obtuvo el título de licenciado en matemáticas, ingeniería electrónica y ciencias de la computación, posteriormente hizo una maestría en la misma institución; También posee una maestría en administración de empresas en la Universidad de Harvard.

La idea de Khan Academy surgió mientras buscaba la manera de ayudar a sus primos con sus estudios de matemáticas.

En Marzo de 2011, Salman Khan fue invitado a participar en las charlas TED (Tecnología, Entretenimiento, Diseño), se trata de organización sin ánimo de lucro dedicada a las “ideas dignas de difundir” (Wikipedia, 2016b).

CHARLA TED

Durante esta charla TED (TED, 2011), Khan cuenta cómo surgió la idea para la creación de Khan Academy. Éste realizó unos vídeos sobre matemáticas para sus sobrinos, éstos preferían la versión virtual de su primo porque no tenían el agobio de alguien preguntándoles si lo habían entendido y eran capaces de parar y repetir el vídeo hasta que lo entendieran.

Estos vídeos fueron publicados en YouTube de manera que eran accesibles por todo el mundo, y ahí se encontró con que eran útiles para mucha más gente que para sólo sus primos. Fue ahí cuando decidió hacer algo más profesional que colgar los vídeos en YouTube, dejó su trabajo en un fondo de inversiones y se dedicó por completo a Khan Academy.

Su base fundamental es realizar las tareas propuestas por el tiempo que sea necesario hasta dominarlo, ya que en el modelo tradicional se castiga al alumno por el error pero no le exige que domine por completo la materia. Genera una estadística de barras de colores para el profesor de cada estudiante donde puede ver si el alumno lo ha superado, está en ello o está atascado, y brindarle la ayuda que sea necesaria en cada momento, o incluso mejor, elegir a un alumno que lo haya superado y ayude al alumno que esté atascado. Proporciona al profesor toda la información de lo que ha estado haciendo el alumno, para evitar tener que preguntarle dónde tuvo el problema, en qué no y hacerle un seguimiento en toda regla, sin la necesidad de que el estudiante se vea apurado en contarle.

Khan es el fundador de Khan Academy, una organización sin ánimo de lucro que tiene como objetivo cambiar la educación compartiendo conocimientos para cualquier persona en cualquier lugar; los recursos del sitio están disponibles en su totalidad, de forma gratuita (Khan Academy, 2016).

Desde comienzos de 2013, los videos y recursos de Khan Academy están disponibles en idioma español, con la colaboración de la Fundación Carlos Slim.

LearnSmart

McGraw-Hill Education responde al problema de falta de personalización, añadiendo a los libros de texto la tecnología de aprendizaje adaptativo LearnSmart, para crear experiencias de aprendizaje únicas y adaptadas a las necesidades individuales de cada estudiante.

LearnSmart está basado en un modelo altamente avanzado de conocimiento que se apoya en investigaciones realizadas por destacados expertos en las áreas del aprendizaje, el olvido de contenidos y la memoria, para ofrecer al estudiante el contenido correcto, en el momento preciso, en un orden que ayuda al aprendizaje y la retención de conceptos, maximizando así su tiempo de estudio.

LearnSmart Advantage es el conjunto de productos de McGraw-Hill Education que funcionan con la tecnología LearnSmart, entre los que destaca **SmartBook**.

Mediante una serie de actividades asociadas al contenido del libro, el complejo algoritmo de LearnSmart evalúa continuamente las habilidades de los estudiantes para identificar qué áreas ya domina el estudiante y cuáles requieren de más práctica. Así, les proporciona contenido personalizado basándose en sus fortalezas y debilidades individuales y en la confianza y seguridad que tienen en sus conocimientos. Como resultado, los estudiantes aprenden más rápido y más eficientemente porque consiguen la ayuda que necesitan, justo cuando la necesitan, en lugar de quedarse atascados en determinado tema y frustrarse al no ver avances.

Esta tecnología también identifica los conceptos que es más probable que el estudiante olvide para asegurarse de que el conocimiento es verdaderamente aprendido y retenido. Va más allá de simplemente hacer que los estudiantes memoricen material, les ayuda a retenerlo en su memoria a largo plazo.

LearnSmart no sólo recoge los datos individuales del estudiante que está utilizando la herramienta a la hora de crear un camino óptimo de aprendizaje, también recoge y utiliza los datos de todos los usuarios que la han probado. Así, el algoritmo se va enriqueciendo y adaptando según los estudiantes responden a más y más preguntas y el camino de aprendizaje se vuelve más ajustado y personalizado.

SmartBook está presente en libros de la ESO (Lengua castellana y literatura, Biología y geología, Física y química), tanto como en Bachillerato (Psicología, Lengua castellana y literatura, Ciencias de la tierra y medioambientales, Física, Química, Economía) e incluso en un ciclo formativo de auxiliar de enfermería.

Matic

Aprendizaje inteligente, aulaPlaneta incorpora a su servicio digital matic, una prestigiosa herramienta de aprendizaje adaptativo y personalizado en el área de Matemáticas que ha demostrado su eficacia en los diversos países europeos donde se ha implementado y que ahora se adapta para su aplicación en España. En Irlanda, donde se ha desarrollado, se utiliza en 132 escuelas, con 10.464 alumnos. Actualmente se ha distribuido al resto de Europa y ya funciona con muy buenos resultados en Alemania, Países Bajos y Reino Unido.

Se trata de una herramienta en línea para el aprendizaje de Matemáticas de 1° a 4° de Secundaria que estará disponible en el servicio digital de aulaPlaneta para este próximo curso (2016-2017).

Cuenta con las ventajas de todo sistema de aprendizaje adaptativo entre las cuales podemos destacar (aulaPlaneta, 2016b):

- **Es motivador y promueve un aprendizaje activo y eficaz:** convierte al estudiante en protagonista de su aprendizaje y mejora sus resultados, permitiéndole trabajar de manera autónoma, sin necesidad de ningún soporte especial por parte del profesorado, con un itinerario de ejercicios y facilitando que aprenda de sus errores pues en cada actividad, a diferencia de otros sistemas, presenta estrategias de resolución. Todo ello contribuye a la motivación de los alumnos
- **Trabajar, conceptos, habilidades y estrategias de resolución de problemas matemáticos:** no solo facilita que el alumno asimile los conceptos y contenidos de la asignatura, sino que además promueve tanto el desarrollo de diferentes habilidades en el área de matemáticas como el razonamiento lógico. Entre las destrezas que se trabajan con matic destacan varios aspectos que se valoran en las pruebas PISA, como son el saber interpretar, aplicar y evaluar los resultados matemáticos, usar conceptos, hechos, procedimientos y razonamientos matemáticos (donde los alumnos españoles puntúan 3 puntos por debajo de la media en estas pruebas internacionales) y formular situaciones matemáticamente (en la que los estudiantes españoles se sitúan 8 puntos por debajo de la media).
- **Es móvil y multiplataforma:** al tratarse de una herramienta educativa en línea se puede utilizar en cualquier momento y lugar, con distintos dispositivos, como ordenadores o tabletas, y tanto en Android como en iOS. Es portable.

Smart Sparrow

El gigante australiano para docentes (Blog Futuro Educativo, 2016b), Smart Sparrow es una de las plataformas más conocidas. Nació de un grupo de investigación en la Universidad de South Wales en Australia. Ofrece una interfaz adaptada para que escuelas y docentes creen clases adaptativas, simulaciones de ejercicios y “deberes inteligentes”.

La plataforma está especialmente direccionada a docentes: les ofrece la autoría de las clases con un software que les permite crear trayectos adaptativos. Tiene un enfoque centrado en aprender haciendo más ejercicios que en la memorización.

Cerego

La máquina de la memoria (Blog Futuro Educativo, 2016b), Cerego es una de las más conocidas: se basa en principios de las neurociencias y las ciencias cognitivas y utiliza la dimensión espacial como la base de la memoria de largo plazo. Los que se inscriben pueden hacer diversos trayectos de aprendizaje basados en la memorización. Es un sitio extremadamente innovador y limitado a la vez: en un tiempo donde se promueve el pensamiento crítico, la creatividad y la

comprensión, Cerego se ocupa de construir una memoria perfecta donde las personas encuentren rápidamente aquello que antes olvidaban.

Cerego busca eliminar la pérdida de tiempo en la metacognición o “el revuelo del autoaprendizaje” (“the hassle of self-paced instruction”). Al parecer, Cerego ofrece una memoria más veloz y consistente al costo de una dependencia externa del aprendizaje. El proyecto es un éxito: más de 3.7 millones de horas de estudio con 1.6 billones de ítems para 1.5 millones de alumnos. En una alianza reciente con la Fundación Bill and Melinda Gates, Cerego logró respaldo para llevar su programa a un millón de alumnos de bajos recursos.

8. ANALÍTICAS DE APRENDIZAJE

La analítica de aprendizaje es una aplicación educativa de analítica web dirigida a un perfil de alumnos, un proceso de recopilación y análisis de datos sobre la interacción individual de los estudiantes con las actividades de aprendizaje en línea. El objetivo es crear nuevas pedagogías, fortalecer el aprendizaje activo, reconocer la población en riesgo entre los estudiantes y evaluar los factores que afectan a la finalización de los estudios y al éxito de los estudiantes.

Las tecnologías de aprendizaje adaptativo aplican analíticas de aprendizaje mediante software y plataformas en línea, adaptándolas a las necesidades individuales de los estudiantes. Un documento de Tyton Partners describe el aprendizaje adaptativo como un “enfoque sofisticado, basado en datos y, en algunos casos, no lineal aplicado a la formación y recuperación, que se ajusta a las interacciones del alumno y al nivel de rendimiento demostrado y, como consecuencia prevé qué tipo de contenido y recursos necesitan los alumnos en un momento específico para poder progresar” (Tyton Partners, 2015). En este sentido, las herramientas de educación contemporáneas son capaces, hoy en día, de aprender la manera en que las personas aprenden. Habilitadas por la tecnología de aprendizaje automático, pueden adaptarse a cada estudiante en tiempo real.

Las instituciones de todo el mundo han reconocido que el enfoque universal en la enseñanza aleja a los estudiantes que tienen dificultades con conceptos específicos, así como a aquellos que entienden los argumentos más rápidamente que sus compañeros. A medida que la analítica del aprendizaje madura, la comunidad educativa va teniendo un amplio acceso a herramientas y grandes conjuntos necesarios para comenzar a personalizar la experiencia del aprendizaje. A través de soluciones basadas en datos que reducen el tiempo necesario para la obtención del título, mejoran los resultados de los estudiantes, y se dirigen a ellos para que se matriculen, la analítica de aprendizaje está beneficiando no sólo a los alumnos y docentes, sino a una gama de partes interesadas: los órganos de gobierno, investigadores e instituciones. El análisis del aprendizaje se ha desarrollado en tres etapas, pasando de un enfoque basado en la visión retrospectiva a la previsión; la primera etapa describía los resultados, la segunda etapa se basaba en el diagnóstico, y la tercera y actual etapa consiste en la predicción de lo que sucederá en el futuro. La creación de datos procesables es una característica de aprendizaje adaptativo, que es el último foco de experimentos y programas piloto de diferentes contextos educativos.

El aprendizaje adaptativo es el más adecuado en ambientes de aprendizaje híbrido y en línea, donde las actividades de los alumnos pueden ser monitorizadas por programas y aplicaciones de seguimiento. Muchos editores y empresas digitales de aprendizaje se centran en el aprendizaje adaptativo para reinventar sus servicios básicos de desarrollo de libros de texto y material didáctico. Por ejemplo, Pearson se ha asociado con Knewton para desarrollar MyLab & Masterin, McGraw-Hill ha lanzado ALEKS, y Macmillan ofrece acceso a la tecnología adaptativa de PrepU. Los resultados iniciales son prometedores; en asociación con Knewton y Pearson, la nueva plataforma de aprendizaje adaptativo en matemáticas de desarrollo de la Universidad de Arizona está dando lugar a un mejor rendimiento de los estudiantes que en la oferta de cursos tradicionales. Los líderes de opinión creen que el aprendizaje adaptativo continuará avanzando a medida que la educación superior adquiere conciencia de él, adopta las

normas del plan de estudios, y hace un seguimiento sistemático de la marcha del alumno.

Hay un número creciente de iniciativas que reúne a empresas privadas y a instituciones educativas para dar forma al futuro del aprendizaje adaptativo. Las iniciativas de aprendizaje personalizadas de la Bill & Melinda Gates Foundation, son algunas de las más activas en esta área. Su Adaptive Learning Market Acceleration Grant Program (ALMAP) es uno de los varios programas que pretende impulsar el progreso en el campo; otorga subvenciones a los institutos y universidades para estudiar las plataformas de aprendizaje adaptativo en más de 20 cursos a través de diferentes enfoques pedagógicos. Del mismo modo, el IMS Global Learning Consortium es un consorcio de más de 300 proveedores y universidades que trabajan con un lenguaje común para el seguimiento y la presentación de informes de analítica de aprendizaje. Conocido como Caliper, estos perfiles métricos podrían convertirse en un estándar común sobre cómo se recoge el aprendizaje del estudiante más allá del consorcio.

Relevancia en la enseñanza, el aprendizaje, o la investigación creativa

Las instituciones están mejorando su capacidad de rendición de cuentas para mejorar las tasas universitarias e identificar a los estudiantes en riesgo de abandonar la escuela. La Universidad de Tennessee en Chattanooga está usando la analítica para determinar las posibles áreas problemáticas. Al investigar las tasas de graduación de sus estudiantes de enfermería, por ejemplo, la universidad ha descubierto algo que no habían previsto; los estudiantes se veían obligados a elegir una especialidad diferente porque tenían dificultades con un curso específico de Inglés en lugar del de ciencias. En el Reino Unido, la Universidad Abierta está utilizando algoritmos de una manera parecida para medir el esfuerzo que los estudiantes emplean en sus estudios. A través del análisis del historial del estudiante sobre la lectura de sus libros en línea y su participación en las plataformas de aprendizaje, los instructores deciden quién necesita su intervención. Aunque los experimentos siguen avanzando desde las experimentaciones hasta la puesta en marcha, muchas instituciones aún consideran que la privacidad y la seguridad de los datos de los estudiantes son un obstáculo del cual hay que preocuparse.

A pesar de la analítica de aprendizaje y aprendizaje adaptativo tienen el potencial de fomentar un aprendizaje más personalizado para los estudiantes al tiempo que proporcionan a institutos y universidades la información clave acerca de la eficacia de su instrucción, el desarrollo en todo el mundo sigue siendo desigual. Australia, por ejemplo, se encuentra todavía en las etapas iniciales de la adopción de la analítica de aprendizaje. Un estudio reciente de la Office of Teaching and Learning, la oficina que analiza el estado actual de la analítica de aprendizaje en la educación superior en Australia, ha revelado que muchas iniciativas eran de pequeña escala y muy centradas en el uso de herramientas para aumentar la retención. En Taiwán, la Universidad Yuan Ze es la primera institución académica en el país que estudia la analítica de aprendizaje. El foco de sus investigaciones incluye un sistema de análisis visualizado para ayudar a los estudiantes en su progresión a través de las competencias básicas, proporcionar a los educadores la posibilidad de prever el abandono, y evaluar formas de aumentar la participación en MOOCs.

Aunque existe un creciente interés mundial por el uso de análisis del aprendizaje y tecnologías de aprendizaje adaptativo para mejorar la enseñanza y el aprendizaje, no

hay muchos estudios que detallen los resultados concretos. Sin embargo, un estudio está revelando resultados prometedores. La tercera encuesta anual realizada por McGraw-Hill Education y recogida por Hanover Research, “The impact of Technology on College Student Study Habits”, ha hallado que de los 2.600 estudiantes universitarios encuestados, el 87% informa de que el acceso a los análisis de datos sobre su rendimiento académico tiene un impacto positivo en su aprendizaje. Un 75% de los estudiantes confirma que la tecnología de aprendizaje adaptativo es muy útil o extremadamente útil para ayudarles a retener nuevos conceptos, y el 68% de los estudiantes afirman que es más útil en la adquisición de nuevos conceptos.

Cabe destacar un ejemplo de uso de analíticas de aprendizaje y aprendizaje adaptativo que tiene implicaciones directas en entornos de educación superior, éste es iLime.

En el programa de máster de E-Learning y Redes Sociales de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), en España, un sistema de aprendizaje adaptativo denominado iLime calcula las interacciones de los estudiantes, tanto en entornos formales como informales. iLime emplea las funciones de tutoría y evaluación, y se ha implementado con éxito en UNIR para generar una orientación personalizada a cada estudiante.

9. VENTAJAS

A continuación se detallan las diferentes ventajas que presenta el aprendizaje adaptativo tanto para el que lo recibe, el alumno, como para el que lo imparte, el profesor (aulaPlaneta, 2016c).

Ventajas para el profesor

- ✓ Este tipo de aprendizaje garantiza un itinerario de aprendizaje adaptado a las necesidades de cada alumno por lo que es más eficaz. Las plataformas utilizadas usan los datos proporcionados por cada alumno y los combinan con algoritmos diseñados para detectar y reaccionar ante los diferentes modos de aprender de los alumnos. El análisis y procesamiento de la información recopilada sobre el proceso de aprendizaje, comportamiento y desempeño de cada alumno se contrasta con el resto de estudiantes y el sistema establece una estrategia que se redefine y actualiza constantemente. El docente puede estar seguro de que el proceso se optimiza en busca de los mejores resultados en cada caso.
- ✓ Proporciona información útil y completa. El profesor recibe datos de interés en tiempo real, no solo con los resultados de las actividades que realiza el alumno, sino también sobre su desempeño, el tiempo que le cuesta realizar cada actividad, los aspectos que mejor domina y aquellos en los que tiene más dificultades. Todo ello, de forma automática y accesible en cualquier momento.
- ✓ Ahorra tiempo de corrección y mejora la atención a la diversidad. Las actividades autocorregibles y la generación de propuestas “inteligentes” de itinerarios de aprendizaje permiten ahorrar tiempo de corrección y de preparación de materiales. De este modo, el docente puede sacar el máximo provecho a la interacción y atención a cada uno de los alumnos. Con ello, mejora también la relación entre docente y alumno. Los datos que suministra el aprendizaje adaptativo ofrecen una información global, cuantitativa y cualitativa que da al docente una visión de la clase, los estudiantes y la asignatura y ayuda a crear una relación más sólida, cercana e individual entre profesor y alumno.
- ✓ Facilita la organización y programación de las clases de forma personalizada. En sí mismo el aprendizaje adaptativo es una buena herramienta para aprovechar el tiempo en el día a día en el aula, pero además puede ofrecer sugerencias específicas para el profesor y le permite organizar de diversas maneras el aprendizaje e individualizarlo, centrándose en las necesidades claves en cada alumno o tema. Las plataformas de aprendizaje adaptativo que ofrecen información en tiempo real permiten, además, modificar el desarrollo de la clase en cualquier momento, adaptar las lecciones, controlar que nadie pierda el ritmo y atender a los estudiantes que muestran dificultades, así como a aquellos que van más avanzados que el resto.
- ✓ Empodera y da más libertad al docente. Lejos de limitar las posibilidades de trabajo en clase, este método abre el abanico de actuaciones que puede

realizar el profesor, al que convierte, más que nunca, en guía del aprendizaje de sus alumnos. Con un conocimiento mejor del alumnado y la garantía de una asimilación adecuada de los conceptos y las habilidades, el docente puede llevar a cabo otras actividades que se ajusten a las necesidades de la clase y de cada alumno en concreto, con los enfoques que considere más adecuados para profundizar en lo aprendido, llevarlo a la práctica de manera activa o trabajar de forma competencial en situaciones cercanas a su contexto.

Ventajas para el alumno

- ✓ El aprendizaje adaptativo se adapta a las necesidades de cada alumno. El alumno consigue una atención personalizada, ya que los contenidos, actividades o proyectos se adecuan a su ritmo de aprendizaje y sus capacidades. Esto facilita el proceso de comprensión y asimilación de conceptos y ayuda a que se sienta más apoyado, al margen de su nivel o dificultades. Los estudiantes pueden aventajar rápidamente las áreas que ya dominan para enfocarse en aquellas en las que necesiten mejorar.
- ✓ El aprendizaje es más eficaz y rápido. Este método sitúa al alumno en el centro de su propio aprendizaje. Para ello, el sistema debe ofrecerle estrategias de cómo afrontar la resolución de las actividades y proporcionar información sobre sus avances, sus fortalezas y puntos débiles y su progreso. Al revisar sus resultados, el alumno reflexiona sobre los errores, analiza las estrategias de resolución, aprende de ellas e intenta aplicarlas. Progresivamente aprende a resolver las actividades y es consciente de cómo mejoran sus resultados. Cada alumno, según sus capacidades, avanza así en sus conocimientos y habilidades obteniendo mejores resultados ya que el aprendizaje adaptativo le proporciona apoyo adicional específicamente en las áreas que más se le dificulta. Los sistemas adaptativos permiten que los estudiantes puedan tener un mejor dominio en su avance académico mediante las siguientes cuatro acciones:
 - **Por medio del error, un elemento fundamental para la mejora del aprendizaje.** El error es el principal elemento que los sistemas adaptativos califican para establecer un camino de aprendizaje acorde a las necesidades de los estudiantes y adecuado a la instrucción que requieren, por lo que es el elemento más valioso de este proceso. Se busca que el camino de aprendizaje se diseñe, y se adapte de forma dinámica a las mejoras mostradas por el estudiante en cada etapa.
 - **A través de una retroalimentación rápida que permite intentar, fallar, y volver a intentar.** Proporcionar una retroalimentación en tiempo real puede reducir la ansiedad asociada con el desempeño escolar y fomentar una evaluación iterativa del propio aprendizaje. De esta manera el proceso de aprendizaje se enfoca en la exploración y desarrollo del conocimiento a largo plazo, en lugar de enfocarse en una calificación basada en un examen.
 - **Mediante un enfoque en las necesidades del estudiante.** Proporcionar información específica centrada en mejorar una habilidad o una competencia del alumno, resolver sus dudas recurrentes, ofrecer apoyo en “lagunas” del conocimiento, y dar una retroalimentación efectiva,

desarrolla una percepción de su propia capacidad y los valores del trabajo duro y la perseverancia. Además, promueve el desarrollo de una motivación intrínseca.

- **Con la reflexión y la autoconciencia.** Los estudiantes podrán reconocer patrones de su propio aprendizaje: sus errores más frecuentes, los hábitos de estudio que les han dado resultados, los tipos de retos que más les gustan, entre otros, para ampliarlos o modificarlos. A través de un sistema adaptativo se pueden generar reportes que ayuden a identificar estos patrones con el fin de apoyar a los estudiantes en su proceso de aprendizaje, y puedan obtener mejores resultados.
- ✓ Es motivador y aumenta la confianza. El aprendizaje adaptativo está diseñado para ajustarse al nivel y la forma de aprender de cada alumno. Así, las propuestas que plantea a cada alumno funcionan como un reto que este es capaz de responder y que dan un *feedback* inmediato. En consecuencia, el alumno gana confianza en sí mismo y su motivación aumenta.
- ✓ El alumno mejora su competencia digital y aprende a aprender. Con el aprendizaje adaptativo el alumno se desenvuelve de forma autónoma en un entorno digital, con lo que profundiza en el dominio de las TIC. Además, aquellas soluciones adaptativas que ofrecen estrategias de resolución permiten que el alumno construya su propio aprendizaje, aprendiendo a aprender.
- ✓ El alumno puede practicar en cualquier momento y lugar. Al utilizar plataformas digitales y en línea, el alumno puede estudiar y trabajar en las asignaturas o temas también en casa o desde dispositivos móviles. Esto permite flexibilizar el espacio de aprendizaje, que se extiende fuera del aula.

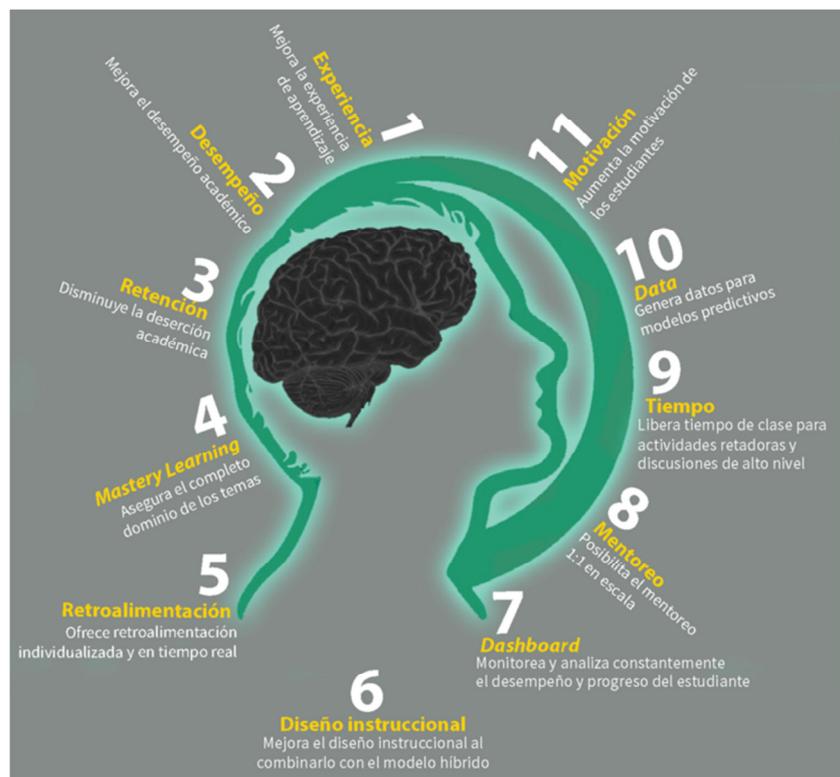


Figura 11: Beneficios del aprendizaje y evaluación adaptativo. Instituto de Monterrey, 2014.

10. INCONVENIENTES

En el aprendizaje adaptativo existen diferentes desventajas sobre todo para el alumno:

- ✘ No está implantado para todas las asignaturas. Esto quiere decir que podemos encontrarnos con una mayor implantación en aquellas asignaturas del tipo matemáticas, biología, química, física e incluso en humanidades como finanzas o historia, pero en otras materias como arte, lengua, etc. no haya implantación, con lo que no se podría abandonar el método clásico y basarse sólo en este tipo de aprendizaje.
- ✘ No favorece el trabajo en grupo. Este método de aprendizaje se basa en que sea el alumno el que aprenda a su propio ritmo de forma individual, es decir, trabaje él sólo en la materia y avance en solitario en ella. A parte pasar horas y horas ante el dispositivo electrónico hará que el alumno no comparta tiempo con los demás, y por tanto, empeore su competencia social. Dan Meyer, doctorado en educación por la Universidad de Stanford y conferencista renombrado en temas relacionados, lanzó en mayo de 2014 una provocadora pero interesante crítica sobre el aprendizaje adaptativo: *Adaptive Learning is An Infinite iPod That Only Plays Neil Diamond*. Para Meyer, un modelo de aprendizaje adaptativo computarizado deja de lado los procesos sociales de aprendizaje que surgen de la interacción entre estudiantes, interacciones que no pueden ser individualizadas o de tipo autogestionado. El software no puede y no debe intentar hacer todo, los estudiantes deben colaborar entre sí con tareas enriquecedoras.
- ✘ La inversión de dinero debe ser cuantiosa. Tanto como en el centro como para el trabajo en casa, el alumno debe contar con los medios para poder acceder a la plataforma, es decir, contar con un ordenador o Tablet por cada alumno en el centro académico y que éste cuente con lo mismo en su hogar para poder continuar estudiando.
- ✘ Los cambios en la plataforma pueden acarrear dificultades tanto para el alumno como el profesor y en ciertos casos incluso para el que suministra el dispositivo electrónico donde debe instalarse. Las actualizaciones de las plataformas como el cambio de éstas saca tanto al profesor como al alumno de una aplicación dónde se sentía cómodo, podía acceder a todo sin dificultad a un nuevo ambiente donde debe descubrir donde está todo y familiarizarse con el nuevo entorno. Hay personas para lo que esto resulta más fácil como pueden ser los jóvenes estudiantes pero para los profesores no amantes de las nuevas tecnologías puede significar un grave problema. Cuando se cambia a otra plataforma o se produce una actualización de la que ya existía hay que tener en cuenta los requisitos que pide esta nueva situación, es decir, un cambio puede requerir incluso un nuevo sistema donde implantarse debido al que el que estábamos utilizando se ha quedado obsoleto para esta nueva modificación. Esto puede requerir tanto como para el centro, como para el alumno una nueva inversión en un nuevo dispositivo donde pueda instalarse la nueva versión.
- ✘ No garantiza que todos los alumnos lleguen al mismo punto de aprendizaje al mismo tiempo. Este sistema de aprendizaje se basa en que no se deje ningún concepto por el camino por parte del alumno, pero llegado el fin de curso no

todos habrán logrado los mismos objetivos, no habrán alcanzado los mismos contenidos curriculares.

- ✘ La forma de evaluación puede presentar problemas. Depende del momento se podría evaluar de forma diferente. No es lo mismo llegar a fin de curso y que el profesor pueda valorar lo que ha aprendido el alumno, lo que se ha esforzado y mejorado que se podría hacer de forma diferente para cada alumno, que cuando a final de curso existe un examen oficial a nivel de comunidad o país donde haya que tener unos conocimientos si o si para aprobar.
- ✘ No fomenta la creatividad. Este aprendizaje se usa para aprender mecánicamente conceptos de forma repetitiva o métodos de resolución de una manera ya creada, en ningún momento se fomenta la creatividad, porque no se le deja ir al alumno sólo en ningún momento, es un aprendizaje cerrado, éste no puede elegir el camino a seguir, sólo las opciones que el programa le dé. La adaptabilidad por ordenador no significará mucho si las tareas de los estudiantes son estrechas y poco profundas o si los problemas no invitan a los estudiantes a usar sus propias ideas de manera que surjan equivocaciones que provoquen la profundización en la comprensión conceptual. Nunca se involucra a los estudiantes en un auténtico pensamiento único. Estas plataformas depende de un modelo en que el profesor o sistema transmite contenido y los estudiantes se convierten en receptores de la información, las lecciones y la enseñanza se vuelven estáticas.
- ✘ Puede acarrear dolencias físicas. Pasar mucho tiempo delante de un ordenador, tableta o cualquier otro dispositivo electrónico trae consigo unas lacras como pueden ser dolores musculares (hombros, espalda, cervicales, brazos y piernas) por la inmovilidad a la que está sujeto mientras hace este tipo de aprendizaje, otro tipo de inconveniente es el posible desarrollo del denominado ojo seco, cuando estamos frente a un ordenador no parpadeamos lo mismo, sino menos, lo cual es muy perjudicial, incluso una persona que no tenía gafas puede provocarle a lo largo del tiempo que las tenga que usar, o una que ya las usa, posiblemente le suba la graduación. En algunos casos un uso continuado se puede presentar el síndrome del túnel carpiano, debido a los movimientos repetitivos de la mano tanto con el teclado como con el ratón.
- ✘ Mayor coste por aumento del profesorado. En el aula cuando no se usen dispositivos electrónicos y se requiera hacerlo sólo con el personal, deberá haber más de uno ya que cada profesor deberá atender a cada nivel de alumnos en el tiempo determinado para la asignatura, es decir, dentro de una misma clase puedes tener varios niveles de conocimiento y avance, pues a cada nivel debería atenderle un profesor diferente, en aulas más pequeñas fragmentando en grupo.
- ✘ El profesor debe enfrentarse al nuevo paradigma. Mayoritariamente el profesor a día de hoy está acostumbrado al método tradicional, introducirle en una nueva mecánica de enseñanza no suele encajar bien con ellos, deben evolucionar y no todos están dispuestos o preparados para ello (Green, 2013).
- ✘ El diseño de cada plataforma revela los enfoques y suposiciones pedagógicas importantes hechas por los mismos desarrolladores. Audrey Watters describe que cualquier empresa que ofrece software de aprendizaje adaptativo está influenciada fuertemente por el conductista Skinner, el enfoque de éste es en efecto utilizado por muchos desarrolladores de plataformas adaptativas puesto que la recolección e interpretación de datos se realiza con base en el comportamiento del estudiante o consumidor. Sin embargo, se sabe que las ideas

de Skinner no coinciden con la investigación acerca de cómo los seres humanos se desarrollan cognitivamente. Es decir, si analizamos el diseño de una plataforma adaptativa podríamos determinar la pedagogía utilizada para involucrar a los estudiantes con el aprendizaje. Los datos recolectados no son acerca de la comprensión de los estudiantes y el desarrollo cognitivo, sino sobre los comportamientos y la capacidad de replicar procedimientos en temas con evaluación de poca profundidad. La adaptabilidad es relativa para los estudiantes que no progresan es esencialmente una recomendación de abordar el mismo contenido estático o similar una y otra vez.

11.VIABILIDAD EN EL FUTURO

En 2014, la revista The Chronicle of Higher Education condujo una encuesta en la que se les preguntó a 350 presidentes de diversas universidades acerca de las tendencias que consideraban más relevantes para la educación superior en Estados Unidos. Los resultados muestran que los cursos híbridos, combinación de educación en línea y presencial, y el aprendizaje adaptativo tendrán una fuerte influencia positiva sobre la educación superior en el futuro.

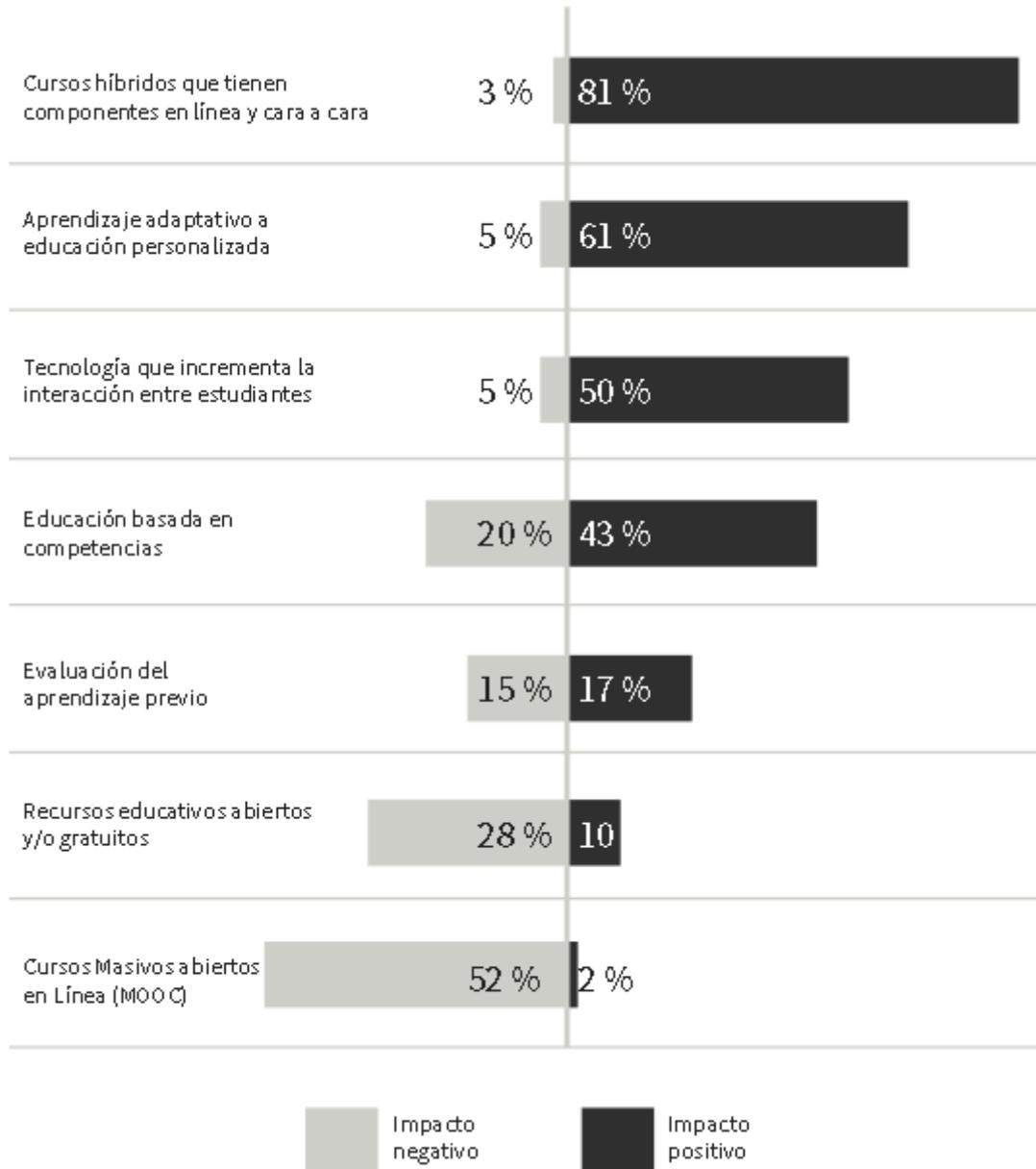


Figura 12: Predicciones sobre cuáles son las innovaciones que tendrán mayor impacto en la educación superior (en Estados Unidos) (The Chronicle of Higher Education, 2014).

Por un lado, la integración del aprendizaje adaptativo en los MOOC permitirá a los docentes medir la comprensión de los temas en tiempo real, y ajustar el material que se presenta a los estudiantes de acuerdo a las necesidades de cada uno para alcanzar

niveles más altos de sus competencias (Kolowich, 2013). Adicionalmente, el grado de personalización que habilitan los sistemas de aprendizaje adaptativo permitirá crear un modelo de capacitación profesional y entrenamiento (educación continua) mucho más eficiente en escala masiva (Nielson, 2014). Se espera que haya más experimentación como la que realizó la Universidad Estatal de Ohio con el MOOC Calculus One en el que se utilizó la evaluación adaptativa (herramienta MOOCulus).

Por otro lado, las instituciones educativas empiezan a analizar la integración del aprendizaje adaptativo con analíticas de aprendizaje. Esto permitirá que el profesor cuente con información sobre el desempeño de sus estudiantes en otros cursos fuera de su clase, identificar problemas de aprendizaje para resolverlos a tiempo, conocer la efectividad de un curso o programa en particular e identificar áreas de mejora, personalizar sus cursos, descubrir tendencias y patrones sobre el comportamiento de los estudiantes y otros beneficios más (NMC, 2014).

La implementación del aprendizaje adaptativo en los cursos también puede facilitar la incorporación de otras tendencias educativas. Por ejemplo, se podrían incluir de manera transparente elementos de gamificación como: barras de progreso, medallas, tablero de resultados, conexión con redes sociales, historia o metáfora, entre otros, con los que aumenta potencialmente la motivación y enganche al proponer experiencias retadoras de aprendizaje, e incrementar el desempeño de los estudiantes. El aprendizaje adaptativo, al ajustar la instrucción y la evaluación de acuerdo a la capacidad de cada alumno, incrementa su confianza, equilibrando lo que sabe en ese momento con lo que puede lograr. A su vez, conforme a su progreso, el estudiante va desarrollando habilidades, y alcanzando metas apoyado en la retroalimentación y el diseño instruccional que recibe el maestro.

Por su parte, Big Data está tomando un rol cada vez más importante en la toma de decisiones en las universidades ya que, con el análisis de los bancos de datos, se pueden identificar patrones y relaciones complejas, logrando demostrar con mayor precisión la efectividad de modelos educativos. Por ejemplo, a través del uso de Big Data, en conjunto con herramientas de aprendizaje adaptativo, se pueden identificar qué secciones de un libro son las más difíciles de comprender o cuáles son más efectivas para explicar conceptos. Al contar con una gran cantidad de datos sobre consultas, resultados, tiempos de respuesta, porcentaje de avance sobre cada uno de los párrafos de un libro, se podrá tener una imagen mucho más clara y puntual sobre qué contenido es eficaz en la explicación de conceptos; cuáles tienen que refinarse y cuáles son las secciones en las que los estudiantes están teniendo mayor dificultad (Feldman, 2014).

Las editoriales educativas Pearson, McGraw-Hill, Wiley&Sons, Cengage Learning, Santillana, etc. han incorporado sus contenidos de libros de texto en plataformas dinámicas en línea equipadas con las herramientas necesarias para recolectar datos de los estudiantes que están interactuando con los contenidos. Proveedores como Blackboard y Blucian han invertido en herramientas de análisis con la intención de predecir el éxito de los estudiantes con base en los datos registrados en sus sistemas. Adicionalmente, la fundación Bill y Melinda Gates, con su influencia en la educación superior, promueve el uso de datos para medir, y mejorar los resultados del aprendizaje tanto en línea como en las aulas tradicionales (Kolowich, 2013).

Para la implementación del aprendizaje adaptativo existen dos desafíos clave:

- 1.- Conseguir conjuntos de datos estadísticamente válidos que permitan proporcionar consejos de aprendizaje personalizado para los estudiantes, considerando en ello la

preparación que implica para los profesores o expertos que desarrollarán contenidos, además del diseño instruccional correspondiente.

2.- Cada vez surgen en el mercado más y más proveedores lo cual puede provocar cierta confusión que impacta negativamente en los estudiantes al momento de transitar entre las distintas plataformas de aprendizaje adaptativo.

Es vital poner sobre la mesa el tema de la estandarización de metadatos para la recolección de grandes conjuntos de datos que se requieren para proporcionar una transición transparente entre las plataformas que existen y las que surgirán. También es necesario considerar en qué grado la regulación legal de privacidad del estudiante y el rechazo estudiantil al seguimiento de sus interacciones impactarán en la recolección de información. Finalmente, aún hace falta demostrar que las plataformas de aprendizaje adaptativo funcionan con cualquier tema, no únicamente en aquellos que son relativamente estructurados como sucede en el área de las matemáticas. También es importante que el alumno no trabaje sólo, ya que en el futuro tendrá que ser parte de un equipo en su lugar de trabajo y cuánto antes empiece a aprender a trabajar en grupo, desarrollará habilidades sociales que le serán vitales en la vida, este tipo de aprendizaje de momento no lo fomenta sino que va en detrimento. Otro asunto a tener en cuenta es el tipo de evaluación: una para cada alumno, en diferentes tiempos, ... en definitiva qué patrón seguir para evaluar al alumnado.



Figura 13: Desafíos aprendizaje adaptativo. Tecnológico de Monterrey, 2014.

Desde el mes de febrero, varios colegios de España y Latinoamérica están trabajando con **A20**, la experiencia de aprendizaje adaptativo desarrollada por Santillana con la tecnología

suministrada por Knewton que construye en tiempo real itinerarios personalizados para cada alumno. Así, más de 70 docentes y casi 1.000 estudiantes de Álgebra —de entre 11 y 13 años— en España, México, Argentina, Colombia, Perú, Venezuela, El Salvador, Ecuador y Chile, están explorando las posibilidades que ofrece esta herramienta.

En dos meses, los alumnos participantes han trabajado más de 120.000 contenidos. Se trata de una prueba piloto, que finalizó en el mes de julio, cuando la materia de Álgebra se haya impartido en los calendarios escolares de todos los países latinoamericanos.

A2O permite que los docentes tengan el control sobre la experiencia de aprendizaje de su alumnado, además de recibir información valiosa sobre su desempeño. De igual modo, pueden valorar predicciones sobre los resultados que alcanzará cada estudiante. A falta de resultados analíticos concluyentes sólo podemos contar con algunas de las opiniones de los docentes que han utilizado esta herramienta:

- **El poder de la convivencia entre el aprendizaje personalizado y la colaboración entre estudiantes:** “Mis alumnos se ayudan, explicándose las dudas que les surgen con A2O”, afirma Enrique Grande, profesor del Colegio Decroly, en Madrid.
- **El respeto del ritmo de aprendizaje de cada alumno:** “Los contenidos se adaptan perfectamente al nivel de mis alumnos”, comenta José Luis Martín, profesor del Colegio Sagrado Corazón, en Cáceres.
- **El efecto inclusivo y de atención a la diversidad de este sistema:** “A2O tranquiliza a mis alumnos de Educación Especial y les acerca a las tecnologías”, explica Manuela Linares, profesora del IES Fernando III El Santo, en Córdoba.
- **La polivalencia de uso de este tipo de herramientas** (refuerzo, acompañamiento en el aula, preparación de exámenes...): “A2O ayuda a mis alumnos en la transición entre Primaria y ESO”, apunta Judith Calvo, profesora del Colegio La Salle-Legazpi Ikastetxea, en Guipúzcoa.
- **El valor de los datos como herramienta útil para los docentes y el beneficio que obtienen para su trabajo:** “Con A2O ahorro el tiempo que antes dedicaba a corregir ejercicios y lo dedico a atender a aquellos alumnos que necesitan más atención”, concluye Laura Burillo, profesora del Colegio Humanitas, Madrid.

Por otro lado, la editorial aulaPlaneta incorpora a su servicio digital matic, una prestigiosa herramienta de aprendizaje adaptativo y personalizado en el ámbito de las matemáticas. Esta herramienta es un referente en aprendizaje adaptativo en Europa y llega a España con el aval del éxito conseguido en varios países para el aprendizaje de las matemáticas de 1º a 4º de Secundaria para este nuevo curso.

Los estudiantes que utilizaron matic durante el curso 2015-2016 mejoraron, de promedio, un 8,3 %. Esta cifra incluye a alumnos que lo utilizaron en clase o en casa como método de revisión o de estudio.

Además de mejorar las calificaciones, los estudiantes también presentaron mayor velocidad de respuesta. Los resultados de los alumnos mejoran, ya que matic cubre el contenido del curso más rápidamente y garantiza un conocimiento más sólido de la materia.

Una de las características de esta nueva tecnología es que promueve el desarrollo de diferentes habilidades, como el razonamiento lógico. Entre estas destrezas cabe destacar varios aspectos que se valoran en las pruebas PISA, en las que los alumnos españoles puntúan por debajo de la media: el saber interpretar, aplicar y evaluar los resultados matemáticos, usar conceptos, hechos, procedimientos y razonamientos matemáticos y formular situaciones matemáticamente. Habría que evaluar y analizar a término de esta implantación si se ha logrado la adquisición de estas destrezas (Educación 3.0, 2016).

12. CONCLUSIONES

A lo largo de este documento hemos podido ver como el aprendizaje adaptativo ha mejorado y se ha ido haciendo un hueco en nuestra sociedad, donde todavía no ha alcanzado una instauración total, sino que en nuestro país está en vías de expansión o en experiencias de prueba con lo que hemos de ser críticos y ponderar realmente si estamos ante una gran herramienta.

El aprendizaje adaptativo supone una revolución para la educación ya que trata de atender a todos los alumnos por igual, es decir no importa cuán avanzado o retrasado esté el alumno, lo importante es que todos avancen a su ritmo sin dejarnos a ninguno por el camino, esto favorece la confianza y la motivación de los alumnos. Es ahora cuando está en vías de expansión porque hay más recursos tanto para la investigación en tecnología como para la adquisición de los dispositivos.

Conocidas sus ventajas, hemos de luchar contra ciertos problemas que se presentan en este modelo, superarlos y sacar al aprendizaje adaptativo su máximo rendimiento. Conocer sus límites para poder solventarlos.

En primer lugar, este método de aprendizaje no se debe utilizar como método único, puede plantearse como la solución a todos los problemas en la adquisición de conocimientos pero un uso único de esta forma de aprender, dejaría por el camino asuntos tan importantes como puede ser el trabajo en grupo, es muy importante que los alumnos desarrollen sus habilidades sociales ya que en el futuro la mayoría de los trabajos se realizan en equipos de trabajos, así aprenderán trabajar de forma más cohesionada. Del mismo modo, si se instaurase como método único habría que evaluar si en un futuro la figura del docente sería necesaria porque podría empoderarse la plataforma lo suficiente como para poder enseñar sólo a través del ordenador sin que hiciera falta el profesor, ya todo el tutelaje estuviera incluido en la plataforma.

En segundo lugar, hay que tener un cuidado extremo con la recogida de datos que realiza el programa, es decir, qué recoge, para qué lo recoge, a quién le llegan esos datos... Una digitalización completa de todas las interacciones de un estudiante con el mundo del aprendizaje podría facilitar demasiados datos que aunque las plataformas garantizan la seguridad de los datos, en el mundo digital nadie puede garantizar nada por completo.

En tercer lugar, no todos los docentes están preparados para el uso de las tecnologías. En un mundo ideal se espera que cualquier persona es capaz de utilizar las nuevas tecnologías a un nivel medio, pero esto es mentira, al igual que sabemos que ningún alumno aprende igual, tenemos que dar por hecho que a ningún docente se le da igual el uso de las tecnologías, un profesor que no se mantenga actualizado, demasiado arraigado en el método tradicional, la implantación de este tipo de sistema puede ser más un problema que una solución, porque no les va a poder dar un apoyo suficiente como para que los propios estudiantes no se sientan perdidos en el proceso.

El acceso a la tecnología se da casi por hecho por parte del alumnado o por el centro educativo, pero hay que ser consciente de que realmente es muy complicado. En la experiencia aportada en la fase de prácticas se pudo ver como el acceso a los ordenadores tenía que ser en unas horas marcadas, sólo para las asignaturas de Informática o Tecnología, con lo que se necesitaría un aumento de este tipo de dispositivos para tener acceso a las plataformas de aprendizaje adaptativo. Hay en

centros que los alumnos llevan su propio dispositivo, tipo tableta bajo la filosofía “*bring your own device*” podría ser una solución para que cada uno tuviera acceso individual a la aplicación. Este tipo de aprendizaje es vendido como para todos los públicos y que puede ser usado en las zonas más remotas del problema en donde no hay profesores disponibles, hay que ser conscientes que para tener acceso a esta tecnología hay que tener cierta capacidad adquisitiva, la plataforma puede ser gratuita, pero el dispositivo no.

La migración de los datos puede plantear problemas, se puede dar el caso de cambio de plataforma porque por temas económicos, cambios de editorial por parte del centro, cese de la plataforma, etc. Se pierdan los datos que ya teníamos del aprendizaje de los alumnos así como la necesidad de aprender de nuevo a usar la plataforma de aprendizaje adaptativo. Puede plantear complicaciones si la actualización de la plataforma requiere unos requisitos hardware que con la tecnología actual que tenga el centro educativo o el estudiante no funcione y haya que cambiar los dispositivos.

Por lo tanto, queda un largo camino que recorrer en el que hay que analizar resultados para comprobar realmente sus beneficios, ver hasta donde es capaz de mejorar y ser provechoso tanto como para el alumno como para el profesor. La implantación en un entorno híbrido sería lo ideal, para aprovechar sus fortalezas y atacar sus debilidades desde otro tipo de aprendizajes, además así el estudiante no se acostumbra a un solo tipo de clase sino que le aporta flexibilidad para cambiar de tipo de actividad.

13. REFERENCIAS

aulaPlaneta (2016a). Matic aprendizaje inteligente. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://aprendizajeadaptativo.aulaplaneta.com/>

aulaPlaneta (2016b). aulaPlaneta apuesta por el aprendizaje adaptativo con matic. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://www.aulaplaneta.com/2016/04/27/novedades-aulaplaneta/aulaplaneta-apuesta-por-el-aprendizaje-adaptativo-con-matic/>

aulaPlaneta (2016c). Diez ventajas del aprendizaje adaptativo. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://www.aulaplaneta.com/2016/03/08/recursos-tic/diez-ventajas-del-aprendizaje-adaptativo/>

aulaPlaneta (2016d). El aprendizaje adaptativo en diez preguntas. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://www.aulaplaneta.com/2016/03/02/recursos-tic/el-aprendizaje-adaptativo-en-diez-preguntas-infografia/index-2.html>

Big Data Marketer (2016). ¿Qué es el hype cycle tecnológico de Gartner?. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://www.bigdata-social.com/el-hype-cycle-tecnologico-de-gartner-es/>

Bilic, B. (2015). ¿Qué es el aprendizaje adaptativo?. Recuperado en septiembre de 2016 de <https://www.d2l.com/es/blog/que-es-el-aprendizaje-adaptativo/>

Blog Futuro Educativo (2016a). Conoce a Knewton, porque Knewton te conocerá a ti. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://futuroeducativo.com/conoce-a-knewton-porque-knewton-te-conocera-a-ti/>

Blog Futuro Educativo (2016b). Las 10 plataformas de aprendizaje adaptativo que viajan al futuro de la educación. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://futuroeducativo.com/las-10-plataformas-de-aprendizaje-adaptativo-que-viajan-al-futuro-de-la-educacion/>

Cengage Learning (2016). MindTap. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://www.cengage.com/mindtap/>

Davey, T. (2011). A Guide to Computer Adaptive Testing Systems. Recuperado en septiembre de 2016 de [http://www.ccsso.org/Documents/2011/Guide to Computer Adaptive 2011.pdf](http://www.ccsso.org/Documents/2011/Guide%20to%20Computer%20Adaptive%202011.pdf)

Educación 3.0 (2016). El aprendizaje adaptivo llega a aulaPlaneta con matic. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://www.educaciontrespuntocero.com/recursos/aprendizaje-adaptativo-llega-aulaplaneta-matic/36812.html>

educaLAB (2016). ¿Qué es un MOOC?. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://educalab.es/mooc>

FastTest (2013). CAT: Advantages of Computerized Adaptive Testing. Recuperado de: http://www.fasttestweb.com/ftw-docs/CAT_Advantages.pdf

Feldman, R. (2014). Big Data, Adaptive Technology Are Heating Up the Publishing Industry. Recuperado en septiembre de 2016 de: http://insights.wired.com/profiles/blogs/why-big-data-adaptive-technology-are-heating-up-the-publishing?xg_source=activity#axzz34RMYerF2

Gartner (2013). Hype Cycle for Education, 2013. Recuperado en septiembre de 2016 de: <https://www.gartner.com/doc/2559615>

Green, N. (2013). Pros and cons of individualized instruction. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://www.dreambox.com/blog/pros-cons-individualized-instruction>

Grockit (2016). Target your weaknesses, score higher with Grockit. Recuperado en septiembre de 2016 de <https://grockit.com/>

Guenther, S. (2010). Adaptive learning systems: advantages and disadvantages. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://sguenther1.blogspot.com.es/2010/10/adaptive-learning-systems-advantages.html>

Khan Academy (2016). Lo único que necesitas saber es que Tú puedes aprender cualquier cosa. Recuperado en septiembre de 2016 de <https://es.khanacademy.org/>

Kingsbury, G., Freeman, E., y Nesterak, M. (2014). The Potential of Adaptive Assessment. Recuperado de: <http://www.ascd.org/publications/educational-leadership/mar14/vol71/num06/The-Potential-of-Adaptive-Assessment.aspx>

Kolowich, S. (2013). What if You Blended Adaptive Learning With MOOCs?. Recuperado en septiembre de 2016 de: <http://chronicle.com/blogs/wiredcampus/what-if-you-blended-adaptive-learning-with-moocs/49109>

Lemke, C. (2014). Intelligent Adaptive Learning: An Essential Element of 21st Century Teaching and Learning. Recuperado en septiembre de 2016 de: <http://www.dreambox.com/white-papers/intelligent-adaptive-learning-an-essential-element-of-21st-century-teaching-and-learning>

Linacre, J. M. (2000). Computer-adaptive Testing: A Methodology Whose Time Has Come. Recuperado en septiembre de 2016 de: <http://www.rasch.org/memo69.pdf>

McGraw-Hill (2016). SmartBook. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://www.smartbookmhe.es/>

McGraw-Hill Education (2016). Learn Smart. Recuperado en septiembre de 2016 de <https://www.mheducation.com/highered/platforms/learnsmart.html>

Mediavilla, S (2012). La máquina de Skinner. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://www.grupocolumbus.org/2012/08/la-maquina-de-skinner.html>

Morales, F. SCHOLAR: El primer Tutorial Inteligente. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://www2.uned.es/pfp-internet-y-educacion/scholar.html>

NEOPARAISO (2015). ¿Qué es Logo? Recuperado en septiembre de 2016 de <http://neoparaiso.com/logo/que-es-logo.html>

Nepom, J. (2013). Knerds on the Board: What is Adaptive Learning?. Recuperado en septiembre de 2016 de: <http://www.knewton.com/blog/adaptive-learning/knerds-on-the-board-what-is-adaptive-learning/>

Nielson, B. (2014). MOOCs and Adaptive Learning Technologies. Recuperado en septiembre de 2016 de: <http://www.yourtrainingedge.com/moocs-and-adaptive-learning-technologies/>

NMC (2014). NMC Horizon Report. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://cdn.nmc.org/media/2014-nmc-horizon-report-ES.pdf>

NMC (2015). NMC Horizon Report. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://cdn.nmc.org/media/2015-nmc-horizon-report-HE-ES.pdf>

NMC (2016). NMC Horizon Report. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://cdn.nmc.org/media/2016-nmc-horizon-report-HE-ES.pdf>

Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey (2014). Aprendizaje y evaluación adaptativos. Reporte EduTrends. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://www.sitios.itesm.mx/webtools/Zs2Ps/roie/julio14.pdf>

Orlando, F (2011). Gartner identifies the Top 10 Strategic Technologies for 2012. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://www.gartner.com/newsroom/id/1826214>

Ostrowicz, I. (2016). MOOC y aprendizaje adaptativo: la combinación perfecta. Recuperado en septiembre de 2016 de <https://domoscio.com/mooc-y-aprendizaje-adaptativo-la-combinacion-perfecta/>

Prusty, G. B., Russell, C., Ford, R., Ben-Naim, D., Ho, S., Vrcelj, Z. y Marcus, N. (2011). Adaptive Tutorials to target Threshold Concepts in Mechanics – a Community of Practice Approach. Recuperado en septiembre de 2016 de: <http://www.adaptivelearning.com/papers/Using%20Intelligent%20Tutoring%20Systems%20in%20Mechanics%20Courses,%20a%20Community%20of%20Practice%20Approach.pdf>

Romera, I. (2015). La UNED acoge dos conferencias mundiales sobre Tecnologías aplicadas a la Educación. Recuperado en septiembre de 2016 de http://portal.uned.es/portal/page?_pageid=93,49825468&_dad=portal&_schema=PORTAL

Santillana (2014). ¿Qué es el aprendizaje adaptativo?. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://www.santillana.com/es/sala-de-prensa/que-es-el-aprendizaje-adaptativo/>

Santillana (2016). A2O. Recuperado en septiembre de <http://a2o.santillana.com/>

TED (2011). Salman Khan: Usemos el video para reinventar la educación. Recuperado en septiembre de 2016 de http://www.ted.com/talks/salman_khan_let_s_use_video_to_reinvent_education?language=es

The Chronicle of Higher Education (2014). The Innovative University: What College Presidents Think About Change in American Higher Education. Recuperado en septiembre de 2016 de: http://images.results.chronicle.com/Web/TheChronicleofHigherEducation/%7B983b0cef-adb7-46e9-9d09-2c2034ba23eb%7D_Presidents_report_-_the_innovative_university_Workday_web.pdf

Tyton Partners (2015). Learning to adapt: A case for accelerating adaptive learning in higher education. Recuperado en septiembre de 2016 de http://tytonpartners.com/tyton-wp/wp-content/uploads/2015/01/Learning-to-Adapt_Case-for-Accelerating-AL-in-Higher-Ed.pdf

Universidad de Antioquía (2016). Aprendizaje adaptativo. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/sitio/mod/forum/view.php?id=554>

Vázquez, D. (2015). El futuro de los MOOC: ¿aprendizaje adaptativo o modelo de negocio?. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://journals.uoc.edu/index.php/rusc/article/view/v12n1-daniel-vazquez-gisbert/2456>

Wikipedia (2015). EAO (Enseñanza asistida por Ordenador). Recuperado en septiembre de 2016 de <https://es.wikipedia.org/wiki/EAO>

Wikipedia (2016a). Salman Khan (profesor). Recuperado en septiembre de 2016 de [https://es.wikipedia.org/wiki/Salman_Khan_\(profesor\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Salman_Khan_(profesor))

Wikipedia (2016b). TED. Recuperado en septiembre de 2016 de <https://es.wikipedia.org/wiki/TED>

Wikipedia (2016c). Smart Sparrow. Recuperado en septiembre de 2016 de https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_Sparrow

Wikipedia (2016d). Knewton. Recuperado en septiembre de 2016 de <https://en.wikipedia.org/wiki/Knewton>

Wikipedia (2016e). Carnegie Learning. Recuperado en septiembre de 2016 de https://en.wikipedia.org/wiki/Carnegie_Learning

Wikipedia (2016f). Sistema de gestión del aprendizaje. Recuperado en septiembre de 2016 de https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_gesti%C3%B3n_de_aprendizaje

Won, M. PLATO (Programmed Logic for Automatic Teaching Operations) system. Recuperado en septiembre de 2016 de <http://people.ischool.illinois.edu/~chip/projects/timeline/1960won.html>