

Oportunidades de investigación en innovación educativa en la era de los MOOCs y el learning analytics

Research opportunities for educational innovation in the era of MOOCs and learning analytics

Carlos Alario-Hoyos

Universidad Carlos III de Madrid, España. E-mail: calario@it.uc3m.es

Resumen

Los MOOCs (Massive Open Online Courses – Cursos en Línea Masivos Abiertos) han supuesto una revolución importante en educación, especialmente en educación superior, y han servido como catalizador para que las instituciones educativas reflexionen (más allá de la discusión sobre si ofrecer MOOCs o no) sobre su estrategia de educación digital. De la misma forma, los MOOCs han supuesto una importante fuente de datos para hacer investigación en tecnología educativa a gran escala. Este artículo reflexiona sobre algunos de los avances en investigación relacionados con los MOOCs que se han producido en los últimos años. Estos avances se organizan en seis categorías: 1) diseño instruccional de MOOCs, 2) integración de herramientas externas en MOOCs; 3) interacción social en MOOCs; 4) autorregulación del aprendizaje en MOOCs; 5) predicción del comportamiento de los estudiantes en MOOCs; y 6) reutilización de MOOCs como soporte a la docencia en el campus. Además, este artículo discute algunas de las oportunidades existentes actualmente para llevar a cabo investigaciones en el ámbito de los MOOCs, tomando como referencia los datos que es posible recoger para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, agrupándose la mayoría de dichas oportunidades bajo el campo de analítica del aprendizaje (learning analytics). Cuando se cumplen siete años de la publicación del famoso artículo titulado “The year of the MOOC”, aparecen más incógnitas que nunca sobre el futuro de la educación, y especialmente sobre el futuro de la educación superior. Solamente aquéllos que sepan aprovechar correctamente las oportunidades existentes lograrán sobrevivir en un área en la que cada vez existe más competencia.

Palabras clave: MOOCs, Cursos en Línea, Innovación Educativa, Toma de Decisiones.

Abstract

MOOCs (Massive Open Online Courses) have been a major revolution in education, especially in higher education, and have served as a catalyst for educational institutions to reflect (beyond the discussion of whether or not to offer MOOCs) on their digital education strategy. Likewise, MOOCs have been an important source of data for large-scale research on educational technology. This article reflects on some of the MOOC-related research advances that have occurred in recent years. These advances are organized into six categories: 1) instructional design of MOOCs, 2) integration of external tools in MOOCs; 3) social interaction in MOOCs; 4) self-regulation of learning in MOOCs; 5) prediction of student behavior in MOOCs; and 6) reuse of MOOCs to support teaching on campus. In addition, this article discusses some of the current opportunities to do research in the field of MOOCs, taking as a reference the data that can be collected to improve teaching and learning processes, grouping most of these opportunities under the field of learning analytics. On the seventh anniversary of the publication of the famous article “The year of the MOOC”, there are more challenges than ever about the future of education, and especially about the future of higher education. Only those who know how to make good use of the existing opportunities will survive in an area of increasing competition.

Keywords: MOOCs, Online Courses, Educational Innovation, Decision Making.

Siete años han pasado ya desde el 2012, el año de los MOOCs (Massive Open Online Courses – Cursos en Línea Masivos Abiertos) (“The Year of the MOOC”) (Pappano, 2012), en el que se anunciaba que estos cursos romperían con el orden establecido y el monopolio de la educación superior (Yuan, & Powell, 2013). Desde entonces se han producido muchos

Recibido: 10/08/2019

Aceptado: 18/11/2019



cambios en las instituciones educativas, algunos de ellos profundos, como el replanteamiento de estrategias de educación digital o el ofrecimiento de cursos en línea y programas completos tradicionales en línea por parte de universidades presenciales tradicionales. Sin embargo, buena parte de ese “monopolio” existente en la certificación de la adquisición de conocimientos y el desarrollo de competencias de nivel terciario sigue recayendo en las universidades, aunque en ocasiones con la colaboración de iniciativas de ofrecimiento de MOOCs como Coursera, edX, FutureLearn, FUN, o MiríadaX.

El año 2018 ha sido el año de la consolidación de los programas de microcredenciales (denominados Specializations en Coursera, o Professional Certificates y MicroMasters en edX, etc.), como una forma de certificar y evidenciar la adquisición de conocimientos específicos o el desarrollo de competencias concretas con programas mucho más cortos, típicamente de tres a seis cursos relacionados sobre temáticas necesarias para actualizar el perfil de los profesionales y hacerlos más competitivos. El año 2018 ha sido también el año de la explosión de los títulos basados en MOOCs (MOOC-based degrees) (Shah, 2019). La consecuencia de esto es que muchos MOOCs han perdido la “O” de abiertos (open), aunque a efectos del cómputo estadístico sigan contando como tal para formar parte de los más de 11.000 MOOCs de más de 900 universidades con más de 100 millones de estudiantes que el agregador de MOOCs “Class Central” indica que existen actualmente, según su informe anual publicados a finales de 2018 (Shah, 2018). El futuro de los MOOCs (o de los MOCs, eliminando su condición de abiertos), según un reciente artículo publicado en la prestigiosa revista Science, puede estar ligado precisamente a la externalización de programas de postgrado profesionales de muchas universidades (Reich, & Ruipérez-Valiente, 2019).

A lo largo de este camino de siete años numerosos profesores han aprovechado los MOOCs como escaparate para mostrar al mundo sus conocimientos y habilidades docentes, formando a miles de estudiantes, en la mayoría de los casos de forma altruista (Hew, & Cheung, 2014). De la misma forma, numerosos investigadores en el ámbito de la tecnología educativa han aprovechado para entender mejor el funcionamiento de los MOOCs (y de sus estudiantes) (Littlejohn, Hood, Milligan, & Mustain, 2016), y realizar intervenciones, a partir de los datos recogidos, dirigidas a tratar de mejorar el aprendizaje de los estudiantes y típicamente a reducir la alta deserción de estos cursos, la cual ha sido presentada, en muchos foros de discusión científica, como su gran problema (Clow, 2013). Al mismo tiempo, tanto profesores como investigadores, se han preocupado de tratar de sacar partido al esfuerzo que supone diseñar y desarrollar un MOOC, reutilizando la estructura y contenidos de estos cursos para mejorar la docencia en el campus, surgiendo términos como SPOC (Small Private Online Course – Curso en Línea Pequeño y Privado) (Fox, 2013), para referirse a la utilización de metodologías, tecnologías y contenidos que provienen de los MOOCs para dar apoyo a experiencias de aprendizaje híbrido (blended/hybrid learning), entre las que destaca la clase invertida (flipped classroom) (Tucker, 2012), la cual ya existía mucho antes de la aparición de MOOCs y SPOCs, aunque se ha visto potenciada por estos (Brahimi, & Sarirete, 2015).

El objetivo de este artículo es repasar algunos de los principales avances que se han producido en investigación en relación con los MOOCs a lo largo de estos siete años, indicando también algunas de las oportunidades existentes para quienes inician ahora sus trabajos de investigación en este campo. En este sentido la siguiente sección se centra precisamente en introducir algunos de los principales avances en relación con los MOOCs, mientras que a continuación se discuten algunas de las oportunidades de investigación existentes. El artículo finaliza con unas breves conclusiones.

AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN RELACIONADA A LOS MOOCs

Esta sección presenta algunos avances relevantes en relación con la investigación en el ámbito de los MOOCs, agrupando dichos avances en las siguientes categorías: 1) diseño instruccional, 2) integración de herramientas externas; 3) interacción social; 4) autorregulación del aprendizaje; 5) predicción del comportamiento de los estudiantes; y 6) reutilización de MOOCs como soporte a la docencia en el campus.

Diseño instruccional de MOOCs

Una primera categoría dentro de las líneas de investigación se refiere al diseño instruccional de los MOOCs, el cual conlleva una doble diferencia en comparación con otros cursos presenciales o virtuales no masivos. En primer lugar, el desarrollo de un MOOC requiere de la inversión de una gran cantidad de tiempo por parte del equipo docente, y del equipo que apoye a éste dentro de la institución (técnicos informáticos, audiovisuales, gestores de contenidos, expertos en propiedad intelectual, etc.). En segundo lugar, el desarrollo de un MOOC debe considerar las lecciones aprendidas tras años de investigación en metodologías y didácticas para dar apoyo al aprendizaje activo (con la dificultad de escalar dichas metodologías y didácticas para miles de estudiantes matriculados en un MOOC), y no debe limitarse a replicar los modelos clásicos de enseñanza pasiva con la única diferencia de utilizar el video (en vez del texto o las diapositivas) como soporte para la presentación de los contenidos educativos (Bali, 2014). Para abordar el primero de estos dos problemas se propuso el MOOC Canvas, un marco conceptual acompañado por una herramienta que lo implementa, orientado a realizar un diseño colaborativo de alto nivel de un MOOC, considerando tanto los recursos disponibles (humanos, intelectuales, técnicos y plataforma) como la toma de decisiones (objetivos, metodología, estructura del curso, sistema de evaluación, tecnologías complementarias, etc.) sobre un lienzo (canvas) con once campos principales (Alario Hoyos, Pérez Sanagustín, Cormier, & Delgado Kloos, 2014a). Para abordar el segundo de estos puntos, la literatura ha recogido lecciones aprendidas de diferentes profesores e investigadores sobre la producción de MOOCs (Warburton, & Mor, 2015) (Delgado Kloos, Alario-Hoyos, & Pérez-Sanagustín, 2015a), destacando la utilización de herramientas interactivas que permitan al estudiante practicar lo que ha aprendido como parte de su evaluación formativa.

Integración de herramientas externas en MOOCs

La segunda categoría, la cual está muy alineada con la primera categoría, parte de la base de que los MOOCs deben ser diseñados para incluir experiencias y actividades interactivas que fomenten la participación del estudiante (Grünewald, Meinel, Totschnig, & Willems, 2013), aunque las principales plataformas para el despliegue de MOOCs apenas incluyen herramientas de propósito específico que faciliten esta interacción y promuevan el aprendizaje activo. Es por ello por lo que se hace necesario integrar herramientas externas en las plataformas donde se despliegan los MOOCs; estas herramientas externas deben ser además escalables para ser capaces de soportar miles de estudiantes de un MOOC realizando una actividad con la herramienta al mismo tiempo (Cruz-Benito, Borrás-Gené, García-Peñalvo, Blanco, & Therón, 2015). Dependiendo del contexto específico del MOOC, los profesores puedan integrar, de diferentes formas, unas u otras herramientas para dar soporte a las actividades del curso. Por ejemplo, en ocasiones se han realizado algunos desarrollos a medida para integrar herramientas externas en MOOCs (Tang, Rixner, & Warren, 2014) (Krugel, & Hubwieser, 2017), mientras que en otras ocasiones se han recurrido a estándares conocidos, como el estándar IMS LTI (Learning Tools Interoperability), el cual es soportado por las principales plataformas donde se despliegan los MOOCs y por algunas herramientas externas importantes (Meyer, 2017) (Alario-Hoyos, Estévez-Ayres, Delgado Kloos, Crespo-García, Villena-

Román, et al., 2017a) (Morales-Chan, de la Roca, Alario-Hoyos, Barchino Plata, Medina, et al., 2017). Dentro de la línea de integración de herramientas externas destaca la caracterización de los estudiantes que las utilizan dependiendo del contexto del curso, habiéndose realizado estudios que indican que el uso que los estudiantes hacen de la herramienta externa es independiente del formato de impartición del MOOC (asíncrono o self-paced frente a síncrono o instructor-paced), aunque se puede apreciar un mayor compromiso de los estudiantes cuando el curso se desarrolla en modalidad síncrona, liberándose los materiales del curso semana a semana, en lugar de liberar todos los materiales desde el principio para que cada estudiante los trabaje a su ritmo (Alario-Hoyos, Ruiz-Magaña, Gallego-Romero, Delgado Kloos, Fernández-Panadero, et al., 2018a).

Interacción social en MOOCs

La tercera categoría amplía la interacción que tiene lugar en el MOOC más allá de la que se produce entre los estudiantes y los contenidos del curso, abordando, a través de varias líneas de investigación, la interacción social que se produce, principalmente, entre los propios estudiantes del MOOC. En los MOOCs, a diferencia de los cursos presenciales o los cursos online no masivos, el análisis de la interacción que se produce entre el profesor y los estudiantes no es tan relevante, al no poder dar el profesor un soporte personalizado a los estudiantes debido a la gran cantidad de alumnos registrados (Onah, Sinclair, & Boyatt, 2014).

La interacción social en los MOOCs ha sido estudiada a través del uso que se produce de las herramientas sociales asociadas al curso, destacando el uso del foro, integrado en la plataforma donde se despliega el MOOC, como la herramienta preferida por los estudiantes (Alario-Hoyos, Pérez-Sanagustín, Delgado Kloos, Muñoz-Organero, et al., 2013). La investigación relacionada también ha destacado la necesidad de que se produzcan acciones por parte del profesorado, como el envío de emails masivos periódicamente, para fomentar la interacción social como reacción a dichas acciones (Alario-Hoyos, Pérez-Sanagustín, Delgado Kloos, Parada G., & Muñoz-Organero, 2014b). También se ha analizado el perfil de los estudiantes más activos, los cuales actúan como líderes de la interacción social en el MOOC, y pueden apoyar a los docentes en la apropiada gestión de los foros, asignándose permisos especiales para la edición y/o borrado de mensajes inapropiados a estos “líderes de la comunidad de estudiantes” (Alario-Hoyos, Muñoz-Merino, Pérez-Sanagustín, Delgado Kloos, & Parada G., 2016).

Por otro lado, se han desarrollado herramientas relacionadas con la interacción social en los MOOCs. Por ejemplo, se ha desarrollado una herramienta que permite analizar automáticamente el estado de ánimo de los estudiantes (positivo, negativo o neutro) a partir de los mensajes publicados en los foros, de tal forma que sea posible detectar momentos más conflictivos a lo largo del curso (Moreno-Marcos, Alario-Hoyos, Muñoz-Merino, Estévez-Ayres, & Delgado Kloos, 2018a). También se ha desarrollado una metodología, 3S (social, sentiments, skills – social, sentimientos, habilidades), y una herramienta que implementa dicha metodología, para facilitar a los docentes la interpretación, de forma automática, de la actividad que se produce en los foros del curso, y poder realizar intervenciones apropiadas (Moreno-Marcos, Alario-Hoyos, Muñoz-Merino, Estévez-Ayres, & Delgado Kloos, 2018b).

Finalmente, es importante destacar el desarrollo de algunas otras herramientas innovadoras que contribuyen a la mejora de la interacción social en los MOOCs desde el punto de vista de la investigación. Por ejemplo, MyMOOCspace es una herramienta móvil “gamificada” que trata de dar soporte a actividades de aprendizaje colaborativo dentro de un MOOC (Ramírez-Donoso, Rojas-Riethmuller, Pérez-Sanagustín, Neyem, & Alario-Hoyos, 2017). Por otro lado, Java PAL, es un agente conversacional desarrollado sobre Google Assistant, y diseñado para dar soporte a los estudiantes de un MOOC a través de un sistema de preguntas y

respuestas extraídas del MOOC correspondiente, y con el que es posible mantener una conversación preguntándole por conceptos, cuyas definiciones y ejemplos también son extraídos de los contenidos publicados en el MOOC correspondiente (Catalán-Aguirre, Delgado Kloos, Alario-Hoyos, & Muñoz-Merino, 2018) (Delgado Kloos, Catalán-Aguirre, Muñoz-Merino, Alario-Hoyos, 2018a).

Autorregulación del aprendizaje en MOOCs

La cuarta categoría se refiere a la identificación y caracterización de las habilidades de autorregulación del aprendizaje (self-regulated learning skills) (Zimmerman, 2013) de los estudiantes de los MOOCs y a la realización de intervenciones para un mejor desarrollo y utilización de dichas habilidades. Las habilidades de autorregulación del aprendizaje son fundamentales para superar un MOOC, dado que los estudiantes deben ser mucho más autónomos (y regular mejor su aprendizaje) que en otros cursos, al no contar con el soporte directo del profesor (Littlejohn, Hood, Milligan, & Mustain, 2016).

Una reciente revisión sistemática de la literatura sobre autorregulación del aprendizaje en MOOCs puso de manifiesto que todavía la mayoría de los estudios sobre este tema son exploratorios, con escasas intervenciones (Alonso-Mencía, Alario-Hoyos, Maldonado-Mahauad, Estévez-Ayres, Pérez-Sanagustín, et al., 2019a). Además, la mayoría de los estudios relacionados con la autorregulación del aprendizaje en MOOCs recogen datos de un único MOOC, dificultando la generalización de las conclusiones obtenidas. Esta revisión de la literatura destacó como conclusión importante que los estudiantes con mayores habilidades de autorregulación tienden a realizar una navegación no lineal por el MOOC, tomándose la realización del MOOC como una oportunidad de aprendizaje informal. Otros estudios en el ámbito de la autorregulación del aprendizaje en MOOCs han destacado también que dentro de las estrategias que se pueden utilizar para autorregular el aprendizaje, las cuales se dividen normalmente en tres fases (antes del aprendizaje, durante el aprendizaje y después del aprendizaje), la que más problemas supone para los estudiantes del MOOC es la gestión eficaz del tiempo en la fase que tiene lugar durante su aprendizaje (Alario-Hoyos, Estévez-Ayres, Pérez-Sanagustín, Delgado Kloos, & Fernández-Panadero, 2017b).

Finalmente, dentro de las herramientas especialmente diseñadas para dar apoyo al desarrollo de las habilidades de autorregulación del aprendizaje de los estudiantes registrados en MOOCs destacan: la aplicación móvil MyLearningMentor (Alario-Hoyos, Estévez-Ayres, Pérez-Sanagustín, Leony, Delgado Kloos, 2015), cuyo objetivo es proporcionar un plan de acción personalizado para los estudiantes del MOOC; el plug-in para el navegador NoteMyProgress (Pérez-Álvarez, Maldonado-Mahauad, Sapunar-Opazo, & Pérez-Sanagustín, 2017), el cual contribuye a una mejor gestión del tiempo mostrando al estudiante el tiempo invertido trabajando en MOOCs de Coursera y procrastinando fuera de la plataforma; y el también plug-in para el navegador MOOCnager (Alonso-Mencía, Alario-Hoyos, & Delgado Kloos, 2019b), el cual contribuye en las tres fases de la autorregulación del aprendizaje, dando soporte a la fijación de objetivos (antes), a la gestión del tiempo (durante), y a la autoevaluación del cumplimiento de los objetivos (después).

Predicción del comportamiento de los estudiantes en MOOCs

La quinta categoría evoluciona a partir de las ideas de caracterización de los estudiantes y realización de intervenciones destinadas a facilitar su aprendizaje y superación de un MOOC, centrándose en predecir el comportamiento que van a desarrollar los estudiantes a partir de datos recogidos en el pasado, procesando dichos datos, típicamente mediante algoritmos de aprendizaje máquina (machine learning), y proponiendo acciones concretas perso-

nalizadas para aquellos estudiantes que más las necesitan (Brinton, & Chiang, 2015), típicamente porque no van a conseguir una calificación suficiente para superar el MOOC (Gardner, & Brooks, 2018) o porque van a abandonarlo (Xing, Du, 2019).

Precisamente un análisis reciente de la literatura sobre modelos de predicción en MOOCs identificó el importante interés que existe hoy en día en predecir el abandono de los estudiantes registrados en estos cursos (Moreno-Marcos, Alario-Hoyos, Muñoz-Merino, & Delgado Kloos, 2018c). Además, esta revisión sistemática de la literatura identificó también que los modelos de predicción que aparecen en la literatura utilizan sobre todo regresiones y SVM (Support Vector Machines - Máquinas de Vectores de Soporte), y que muchos algoritmos utilizan como valores de entrada los datos de interacciones de los estudiantes con la plataforma donde se despliega el MOOC (clickstreams) (Moreno-Marcos, Alario-Hoyos, Muñoz-Merino, & Delgado Kloos, 2018c).

Dentro de los muchos trabajos específicamente relacionados con la predicción en MOOCs destaca el análisis realizado en un MOOC desplegado en edX en el que se determinó el fuerte poder de predicción que tienen las calificaciones previas del estudiante, por encima de otro tipo de datos (como las variables relacionadas con los foros), y que importan más los indicadores utilizados que los algoritmos (Moreno-Marcos, Muñoz-Merino, Alario-Hoyos, Estévez-Ayres, & Delgado Kloos, 2018d). Otro análisis, realizado esta vez con MOOCs de Coursera, destacó la importancia de tener en cuenta variables relacionadas con la autorregulación del aprendizaje (uniendo esto con la cuarta categoría presentada en este análisis), a la hora de obtener una mayor precisión en los modelos de predicción de las notas de los estudiantes (Maldonado-Mahauad, Pérez-Sanagustín, Moreno-Marcos, Alario-Hoyos, Muñoz-Merino, et al., 2018).

Reutilización de MOOCs como soporte a la docencia en el campus

La sexta y última categoría se centra en ver cómo los avances que se han producido en la investigación relacionada con los MOOCs pueden llevarse de vuelta al campus a través de los SPOCs (Fox, 2013) y el desarrollo de experiencias de aprendizaje híbrido (blended/hybrid learning) (Bralić, & Divjak, 2018). Esta vuelta al campus, regresando nuevamente al punto del que partieron los MOOCs, incluye trasladar avances en las otras cinco categorías anteriores a la enseñanza presencial tradicional y a la enseñanza online no masiva (Sandeem, 2013).

La reutilización de MOOCs puede llevarse a cabo de numerosas formas. Un primer esfuerzo importante a la hora de caracterizar esta reutilización de MOOCs es el marco H-MOOC (Pérez-Sanagustín, Hilliger, Alario-Hoyos, Delgado Kloos, & Rayyan, 2017), el cual describe dicha reutilización a través de un continuo de dos ejes: alineamiento curricular y apoyo institucional. En torno a estos dos ejes del marco H-MOOC se definen cuatro casos extremos: MOOC como servicio (bajo alineamiento curricular y bajo apoyo institucional), MOOC como sustituto (alto alineamiento curricular y bajo apoyo institucional), MOOC como valor añadido (bajo alineamiento curricular y alto apoyo institucional), y MOOC como hilo conductor (alto alineamiento curricular y alto apoyo institucional).

Existen numerosos ejemplos de reutilización de MOOCs en clases tradicionales, típicamente en clases de pregrado (Israel, 2015), y en muchas ocasiones para implementar, en mayor o menor medida, una estrategia de clase invertida (Alario-Hoyos, Estévez-Ayres, Delgado Kloos, & Villena-Román, 2017c). Las estrategias de clase invertida implementadas a través de la reutilización de MOOCs suelen combinar actividades interactivas en el aula, y canalizar la interacción en el aula a través de algún tipo de herramienta de respuesta automática “gamificada” (Socrative, Mentimeter, Kahoot!, etc.) (Alario-Hoyos, Estévez-Ayres, Delgado Kloos, Villena-Román, Muñoz-Merino, et al., 2019a) (Baepler, Walker, & Driessen, 2014). En ocasiones se han desarrollado incluso herramientas específicas para dar apoyo a la

clase invertida, como es el caso de Flip App (Cruz-Argudo, 2017), y paneles que muestran al profesor información recogida a través de las interacciones de los estudiantes con los contenidos del MOOC para que éste pueda decidir, de manera informada, cómo diseñar su clase invertida en función del trabajo previo realizado en casa por los estudiantes (Collado-Gómez, Alario-Hoyos, Santín-Cristóbal, Cruz-Argudo, & Delgado Kloos, 2018),

Finalmente, merece la pena destacar que la reutilización de MOOCs va más allá de la propia institución que los produce y, en ocasiones, son estudiantes de otras instituciones los que se benefician de MOOCs producidos por terceros. Por ejemplo, el intercambio virtual europeo (EVE – European Virtual Exchange) es un proyecto con participación de siete universidades europeas de cinco países en el que los estudiantes de estas universidades pueden realizar MOOCs del resto de universidades (a partir de un catálogo propuesto y renovado cada año) y recibir créditos en su institución de origen si superan estos MOOCs realizando exámenes presenciales supervisados por su institución de origen (aunque propuestos desde la institución que ofrece el MOOC) (Alario-Hoyos, Delgado Kloos, 2019b).

OPORTUNIDADES DE INVESTIGACIÓN

Existen numerosas oportunidades para la investigación en el ámbito de los MOOCs, clasificadas en tres trayectorias en el popular artículo de Science “Rebooting MOOC Research” (Reich, 2015). La primera trayectoria consiste en pasar de estudios sobre el nivel de compromiso de los estudiantes a investigaciones sobre el aprendizaje de los estudiantes, dado que actualmente se analizan muchos datos de bajo nivel sobre las interacciones de los estudiantes con los contenidos de los MOOCs, pero pocos trabajos estudian si se está produciendo el aprendizaje esperado en las cabezas de los estudiantes que se registran en un MOOC; que un estudiante vea vídeos educativos no significa necesariamente que esté aprendiendo. La segunda trayectoria consiste en pasar de investigaciones sobre cursos individuales a comparaciones entre múltiples MOOCs, dado que actualmente los estudios se centran en examinar diferencias entre estudiantes de un mismo curso, pero no se establecen conclusiones generales a partir de estudios que abarquen múltiples MOOCs; la falta de más datos abiertos y los problemas asociados a la privacidad en la recogida de datos de los estudiantes son condicionantes que impiden avanzar más en esta trayectoria. La tercera trayectoria consiste en pasar de análisis a posteriori a diseños de experimentos multidisciplinares, más allá de los experimentos “A/B” típicos en MOOCs, para entender mejor el aprendizaje de los estudiantes en áreas de conocimiento y campos específicos; los estudios no deben basarse en ver qué conclusiones pueden obtenerse con los datos disponibles sino en diseñar mejores experimentos sobre los que se pretende investigar, para una mejor recogida de datos relevantes (Reich, 2015).

En cuanto a las seis categorías presentadas en este artículo, se indican algunas ideas como oportunidades de investigación sobre cada una de ellas, aunque, por supuesto, hay muchas otras oportunidades más. Sobre el diseño instruccional de los MOOCs, aunque ya existen marcos de diseño y buenas prácticas, es importante tener en cuenta que actualmente la mayor parte del contenido que se ofrece en los MOOCs se desarrolla sin tener en cuenta principios básicos de adecuación, reusabilidad, mantenimiento, composición, etc. Del mismo modo que existe, por ejemplo, la ingeniería del software, deberían definirse los principios, métodos y herramientas para una ingeniería del courseware (contenido educativo) (Delgado Kloos, Ibáñez, Alario-Hoyos, Muñoz-Merino, Estévez-Ayres, et al., 2016) que permita desarrollar contenido reutilizable y mantenible de una forma eficiente, así como proponer estrategias a nivel institucional para replantear el ciclo de vida completo de cada MOOC producido.

Sobre la integración de herramientas externas en MOOCs, es importante tener en cuenta que la educación, además de multimedia (múltiples formas de presentar la información), multicanal (múltiples formas a través de las cuales acceder a la información desde

smartphones, tablets, laptops, etc.), o multiescala (múltiples órdenes de magnitud en el número de estudiantes participando en un curso), debe ser también multimodal, no teniendo lugar en una única plataforma centralizada, y debiendo ser necesariamente distribuida (Delgado Kloos, Muñoz-Merino, Alario-Hoyos, Estévez-Ayres, Ibáñez, et al., 2018b). Por tanto, es necesario conectar diferentes plataformas, herramientas y servicios, de una forma coordinada y ofrecer soluciones de interoperabilidad tanto a nivel semántico como a nivel de intercambio de datos entre plataformas, herramientas y servicios, para llegar a soluciones de propósito específico que permitan enriquecer los MOOCs y fomentar el aprendizaje activo de los estudiantes registrados.

Sobre la interacción social en MOOCs, es importante aprovechar el potencial de los algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje máquina que actualmente se están desarrollando para implementar chatbots y agentes conversacionales con un toque humano (Delgado Kloos, Alario-Hoyos, Muñoz-Merino, Ibáñez, Estévez-Ayres, et al. 2019). Estos chatbots y agentes conversacionales deben servir para resolver dudas generales y de contenido específico para cada MOOC, como sucede actualmente con el exitoso asistente virtual Jill Watson (basado en IBM Watson), el cual da soporte a los foros en MOOCs ofrecidos por Georgia Tech, recibiendo una excelente acogida por parte de los estudiantes a la hora de resolver sus preguntas (Goel, & Polepeddi, 2016).

Sobre la autorregulación del aprendizaje en MOOCs, es importante definir instrumentos específicamente diseñados para estudiar las habilidades de autorregulación del aprendizaje de los estudiantes registrados en MOOCs, o adaptar otros instrumentos validados ya existentes, realizando comparativas con datos recogidos a través de múltiples instrumentos y en múltiples plataformas y tipos de cursos (Alonso-Mencía, Alario-Hoyos, Maldonado-Mahauad, Estévez-Ayres, Pérez-Sanagustín, et al., 2019a). También es importante realizar intervenciones orientadas a reforzar las habilidades de autorregulación del aprendizaje de los estudiantes en sus tres fases (antes, durante y después del aprendizaje) y desarrollar nuevas herramientas que permitan llevar a cabo dichas intervenciones (Alonso-Mencía, Alario-Hoyos, Maldonado-Mahauad, Estévez-Ayres, Pérez-Sanagustín, et al., 2019a).

Sobre la predicción del comportamiento de los estudiantes en MOOCs, es importante desarrollar modelos predictivos que puedan reutilizarse en diferentes contextos (diferentes plataformas para el despliegue de MOOCs, diferentes áreas temáticas, diferentes duraciones de los cursos, diferentes modos de impartición de los cursos, etc.), predecir nuevos resultados esperados en los MOOCs (más allá de los resultados finales de los estudiantes o la posibilidad de que los estudiantes abandonen el MOOC o no), y mejorar el poder predictivo de los modelos actuales añadiéndoles nuevas características o proponiendo algoritmos nuevos (Moreno-Marcos, Alario-Hoyos, Muñoz-Merino, & Delgado Kloos, 2018c).

Sobre la reutilización de MOOCs como soporte a la docencia en el campus, es importante considerar el valor añadido que suponen las sesiones presenciales en un curso en el que se está reutilizando un MOOC, particularmente el valor añadido que suponen las interacciones que tienen lugar en el aula entre los estudiantes y el profesor, y que pueden ser de especial relevancia para que los estudiantes puedan desarrollar habilidades de pensamiento de orden superior. Además, es fundamental investigar acerca de cómo rediseñar las sesiones presenciales para que sean más efectivas, incluyendo actividades interactivas, tanto individuales como grupales, y haciendo uso de herramientas que faciliten la obtención de información “en vivo” por parte del profesor para poder realizar cambios en el diseño de cada sesión sobre la marcha que repercutan en el aprendizaje de los estudiantes (Delgado Kloos, Muñoz-Merino, Alario-Hoyos, Estévez-Ayres, & Fernández-Panadero, 2015b) (Delgado Kloos, Alario-Hoyos, Estévez-Ayres, Muñoz-Merino, Ibáñez, et al., 2017).

CONCLUSIÓN

Los MOOCs han supuesto un fenómeno global que, aunque surgido en Estados Unidos, y potenciado posteriormente desde Europa, ha generado una importante revolución en la educación superior en la mayor parte del mundo. Esta revolución se ha producido en ocasiones gracias a iniciativas individuales, tanto públicas (desde ciertas instituciones educativas u organismos gubernamentales), como privadas (desde ciertas empresas o corporaciones), y en ocasiones gracias a proyectos internacionales especialmente dirigidos a la creación de capacidades para la creación de MOOCs. Es el caso de los proyectos MOOC-Maker, centrado en Latinoamérica (Alario-Hoyos, Pérez-Sanagustín, Morales, Delgado Kloos, Hernández-Rizzardini, et al., 2018b), y COMPETEN-SEA, centrado en el sudeste asiático (Weinberger, Alario-Hoyos, Bala, Batangan, Delgado Kloos, et al., 2018).

Este fenómeno educativo global ha servido para el desarrollo de múltiples líneas de investigación apoyadas por datos recogidos de los MOOCs, sirviendo para explotar un área con gran potencial como es la analítica del aprendizaje (o learning analytics). Sin embargo, la analítica del aprendizaje conlleva también nuevos desafíos en relación con un uso apropiado de los datos, entre ellos, el almacenamiento seguro de los datos, la privacidad y protección de los datos, la falta de transparencia de los algoritmos y aplicaciones que se utilizan, o los sesgos que se producen a partir de los datos recogidos (Khalil, Taraghi, & Ebner, 2016). Solamente abordando dichos retos desde una perspectiva ética responsable será posible dar respuesta a las oportunidades de investigación actualmente abiertas en el ámbito de los MOOCs (Slade, & Tait, 2019).

AGRADECIMIENTOS

Este artículo ha recibido financiación parcial de FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades – Agencia Estatal de Investigación, a través del proyecto Smartlet (TIN2017-85179-C3-1-R). Este proyecto ha recibido además apoyo de la red eMadrid, financiada por la Comunidad de Madrid (P2018/TCS-4307). Además, se ha recibido apoyo parcial también de los proyectos europeos Erasmus+ COMPETEN-SEA (574212-EPP-1-2016-1-NL-EPPKA2-CBHE-JP), LALA (586120-EPP-1-2017-1-ES-EPPKA2-CBHE-JP), e InnovaT (598758-EPP-1-2018-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP).

REFERENCIAS

- Alario-Hoyos, C., Pérez-Sanagustín, M., Delgado Kloos, C., Muñoz-Organero, M., & Rodríguez-de-las-Heras, A. (2013). Analysing the impact of built-in and external social tools in a MOOC on educational technologies. In European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL) (pp. 5-18). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Alario Hoyos, C., Pérez Sanagustín, M., Cormier, D., & Delgado Kloos, C. (2014a). Proposal for a conceptual framework for educators to describe and design MOOCs, *Journal of Universal Computer Science*, 20(1), 6-23.
- Alario-Hoyos, C., Pérez-Sanagustín, M., Delgado Kloos, C., Parada G., H. A., & Muñoz-Organero, M. (2014b). Delving into participants' profiles and use of social tools in MOOCs. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(3), 260-266.
- Alario-Hoyos, C., Estévez-Ayres, I., Pérez-Sanagustín, M., Leony, D., Delgado Kloos, C. (2015). MyLearning-Mentor: A Mobile App to Support Learners Participating in MOOCs, *Journal of Universal Computer Science*, 21(5), 735-753.
- Alario-Hoyos, C., Muñoz-Merino, P. J., Pérez-Sanagustín, M., Delgado Kloos, C., & Parada G., H. A. (2016). Who are the top contributors in a MOOC? Relating participants' performance and contributions. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(3), 232-243.
- Alario-Hoyos, C., Estévez-Ayres, I., Delgado Kloos, C., Crespo-García, R. M., Villena-Román, J., & Ruiz-Magaña, J. (2017a). Integration of External Tools to Foster Learner Interaction in MOOCs: The Example of Codeboard. In *International Conference MOOC-Maker 2017* (pp. 1-10). CEUR-WS.

- Alario-Hoyos, C., Estévez-Ayres, I., Pérez-Sanagustín, M., Delgado Kloos, C., & Fernández-Panadero, C. (2017b). Understanding learners' motivation and learning strategies in MOOCs. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 18(3), 119-137.
- Alario-Hoyos, C., Estévez-Ayres, I., Delgado Kloos, C., & Villena-Román, J. (2017c). From MOOCs to SPOCs... and from SPOCs to flipped classroom. In *European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL)* (pp. 347-354). Springer, Cham.
- Alario-Hoyos, C., Ruiz-Magaña, J., Gallego-Romero, J. M., Delgado Kloos, C., Fernández-Panadero, C., Crespo-García, R. M., Almenares, F., Ibáñez, M. B., Villena-Román, J., Ruiz-Magaña, J., Blasco, J. (2018a). A Study of Learning-by-Doing in MOOCs through the Integration of Third-Party External Tools: Comparison of Synchronous and Asynchronous Running Modes. *Journal of Universal Computer Science*, 24(8), 1015-1033.
- Alario-Hoyos, C., Pérez-Sanagustín, M., Morales, M., Delgado Kloos, C., Hernández-Rizzardini, R., Román, M., Ramírez-González, G., Luna, T., Jerez, Ó., Gütl, C., Moreira Teixeira, A., Maldonado-Mahauad, J., Amado-Salvatierra, H. R., Meléndez, A., Solarte, M. (2018b). MOOC-Maker: Tres Años Construyendo Capacidades de Gestión de MOOCs en Latinoamérica. In *International Conference MOOC-Maker 2018* (pp. 5-14). CEUR-WS.
- Alario-Hoyos, C., Estévez-Ayres, I., Delgado Kloos, C., Villena-Román, J., Muñoz-Merino, P. J., & Llorente-Pérez, E. (2019a). Redesigning a freshman engineering course to promote active learning by flipping the classroom through the reuse of MOOCs. *International Journal of Engineering Education*, 35(1), 385-396.
- Alario-Hoyos, C., Delgado Kloos, C. (2019b). European Virtual Exchange (EVE): Student Mobility without Moving. In *European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL)* (accepted).
- Alonso-Mencía, M. E., Alario-Hoyos, C., Maldonado-Mahauad, J., Estévez-Ayres, I., Pérez-Sanagustín, M., & Delgado Kloos, C. (2019a). Self-regulated learning in MOOCs: lessons learned from a literature review. *Educational Review* (published online), 1-27.
- Alonso-Mencía, M. E., Alario-Hoyos, C., & Delgado Kloos, C. (2019b). Chrome Plug-in to Support SRL in MOOCs. In *European MOOCs Stakeholders Summit (EMOOCs)* (pp. 3-12). Springer, Cham.
- Baepler, P., Walker, J. D., & Driessen, M. (2014). It's not about seat time: Blending, flipping, and efficiency in active learning classrooms. *Computers & Education*, 78, 227-236.
- Bali, M. (2014). MOOC pedagogy: glean good practice from existing MOOCs. *Journal of Online Learning and Teaching*, 10(1), 44.
- Brahimi, T., & Sarirete, A. (2015). Learning outside the classroom through MOOCs. *Computers in Human Behavior*, 51, 604-609.
- Bralić, A., & Divjak, B. (2018). Integrating MOOCs in traditionally taught courses: achieving learning outcomes with blended learning. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 15(1), 1-16.
- Brinton, C. G., & Chiang, M. (2015). MOOC performance prediction via clickstream data and social learning networks. In *2015 IEEE conference on computer communications (INFOCOM)* (pp. 2299-2307). IEEE.
- Catalán-Aguirre, C., Delgado Kloos, C., Alario-Hoyos, C., & Muñoz-Merino, P. J. (2018). Supporting a MOOC through a Conversational Agent. Design of a First Prototype. In *2018 International Symposium on Computers in Education (SIIE)* (pp. 1-6). IEEE.
- Clow, D. (2013). MOOCs and the funnel of participation. In *Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK)* (pp. 185-189). ACM.
- Collado-Gómez, C., Alario-Hoyos, C., Santín-Cristóbal, D., Cruz-Argudo, F., & Delgado Kloos, C. (2018). Tablero Learning Analytics para trabajar la metodología Flipped Classroom mediante la reutilización de MOOCs. In *International Conference MOOC-Maker 2018* (pp. 15-24). CEUR-WS.
- Cruz-Argudo, F. (2017). Flip-App o cómo incorporar Gamificación a Asignaturas" Flipped Classroom" basado en la Plataforma Open edX. In *EMOOCs-ES* (pp. 25-34).
- Cruz-Benito, J., Borrás-Gené, O., García-Peñalvo, F. J., Blanco, Á. F., & Therón, R. (2015). Extending MOOC ecosystems using web services and software architectures. In *XVI International Conference on Human Computer Interaction* (pp. 1-7). ACM.
- Delgado Kloos, C., Alario-Hoyos, C., & Pérez-Sanagustín, M. (2015a). Tips and Techniques for MOOC Production. In *2015 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education* (pp. 329-329). ACM.
- Delgado Kloos, C., Muñoz-Merino, P. J., Alario-Hoyos, C., Estévez-Ayres, I., & Fernández-Panadero, C. (2015b). Mixing and blending MOOC Technologies with face-to-face pedagogies. In *2015 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 967-971). IEEE.
- Delgado Kloos, C., Ibáñez, M. B., Alario-Hoyos, C., Muñoz-Merino, P. J., Estévez-Ayres, I., Fernández-Panadero, C., & Villena, J. (2016). From software engineering to courseware engineering. In *2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1122-1128). IEEE.

- Delgado Kloos, C., Alario-Hoyos, C., Estévez-Ayres, I., Muñoz-Merino, P. J., Ibáñez, M. B., & Crespo-García, R. M. (2017). Boosting interaction with educational technology. In 2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1763-1767). IEEE.
- Delgado Kloos, C., Catalán-Aguirre, C., Muñoz-Merino, P. J., Alario-Hoyos, C. (2018a). Design of a Conversational Agent as an Educational Tool, In 2018 Learning with MOOCs (LWMOOCS) (pp. 27-30). IEEE.
- Delgado Kloos, C., Muñoz-Merino, P. J., Alario-Hoyos, C., Estévez-Ayres, I., Ibáñez, M. B., & Crespo-García, R. M. (2018b). The hybridization factor of technology in education. In 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1883-1889). IEEE.
- Delgado Kloos, C., Alario-Hoyos, C., Muñoz-Merino, P. J., Ibáñez, M. B., Estévez-Ayres, I., & Crespo-García, R. M. (2019). What Can You Do with Educational Technology that is Getting More Human?. In 2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1480-1487). IEEE.
- Fox, A. (2013). From MOOCs to SPOCs. *Communications of the ACM*, 56(12), 38-40.
- Gardner, J., & Brooks, C. (2018). Student success prediction in MOOCs. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 28(2), 127-203.
- Goel, A. K., & Polepeddi, L. (2016). Jill Watson: A virtual teaching assistant for online education. *Georgia Institute of Technology*, 1-21.
- Grünewald, F., Meinel, C., Totschnig, M., & Willems, C. (2013). Designing MOOCs for the support of multiple learning styles. In *European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL)* (pp. 371-382). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Hew, K. F., & Cheung, W. S. (2014). Students' and instructors' use of massive open online courses (MOOCs): Motivations and challenges. *Educational research review*, 12, 45-58.
- Israel, M. J. (2015). Effectiveness of integrating MOOCs in traditional classrooms for undergraduate students. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 16(5), 102-118.
- Khalil, M., Taraghi, B., & Ebner, M. (2016). Engaging Learning Analytics in MOOCs: the good, the bad, and the ugly. In *Proceedings of the International Conference on Education and New Developments (END)* (pp. 3-7).
- Krugel, J., & Hubwieser, P. (2017). Computational thinking as springboard for learning object-oriented programming in an interactive MOOC. In 2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1709-1712). IEEE.
- Littlejohn, A., Hood, N., Milligan, C., & Mustain, P. (2016). Learning in MOOCs: Motivations and self-regulated learning in MOOCs. *The Internet and Higher Education*, 29, 40-48.
- Maldonado-Mahauad, J., Pérez-Sanagustín, M., Moreno-Marcos, P. M., Alario-Hoyos, C., Muñoz-Merino, P. J., & Delgado Kloos, C. (2018). Predicting learners' success in a self-paced MOOC through sequence patterns of self-regulated learning. In *European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL)* (pp. 355-369). Springer, Cham.
- Meyer, B. (2017). Fourteen years of software engineering at ETH Zurich. *arXiv preprint arXiv:1712.05078* (pp. 1-118).
- Morales-Chan, M., de la Roca, M., Alario-Hoyos, C., Barchino Plata, R., Medina, J. A., & Hernández Rizzardini, R. (2017). Perceived usefulness and motivation students towards the use of a cloud-based tool to support the learning process in a Java MOOC. In *International Conference MOOC-Maker* (pp. 73-82).
- Moreno-Marcos, P. M., Alario-Hoyos, C., Muñoz-Merino, P. J., Estévez-Ayres, I., & Delgado Kloos, C. (2018a). Sentiment Analysis in MOOCs: A case study. In 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1489-1496). IEEE.
- Moreno-Marcos, P. M., Alario-Hoyos, C., Muñoz-Merino, P. J., Estévez-Ayres, I., & Delgado Kloos, C. (2018b). A learning analytics methodology for understanding social interactions in MOOCs. *IEEE Transactions on Learning Technologies* (published online), 1-14.
- Moreno-Marcos, P. M., Alario-Hoyos, C., Muñoz-Merino, P. J., & Delgado Kloos, C. (2018c). Prediction in MOOCs: A review and future research directions. *IEEE Transactions on Learning Technologies* (published online), 1-19.
- Moreno-Marcos, P. M., Muñoz-Merino, P. J., Alario-Hoyos, C., Estévez-Ayres, I., & Delgado Kloos, C. (2018d). Analysing the predictive power for anticipating assignment grades in a massive open online course. *Behaviour & Information Technology*, 37(10-11), 1021-1036.
- Onah, D. F., Sinclair, J. E., & Boyatt, R. (2014). Exploring the use of MOOC discussion forums. In *London International Conference on Education* (pp. 1-4).
- Pappano, L. (2012). The Year of the MOOC. *The New York Times*, 2(12), 1-7.
- Pérez-Álvarez, R., Maldonado-Mahauad, J. J., Sapunar-Opazo, D., & Pérez-Sanagustín, M. (2017). NoteMyProgress: A tool to support learners' self-regulated learning strategies in MOOC environments. In *European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 460-466). Springer, Cham.
- Pérez-Sanagustín, M., Hilliger, I., Alario-Hoyos, C., Delgado Kloos, C., & Rayyan, S. (2017). H-MOOC framework: reusing MOOCs for hybrid education. *Journal of Computing in Higher Education*, 29(1), 47-64.

- Ramírez-Donoso, L., Rojas-Riethmuller, J. S., Pérez-Sanagustín, M., Neyem, A., & Alario-Hoyos, C. (2017). MyMOOCSpace: A cloud-based mobile system to support effective collaboration in higher education online courses. *Computer Applications in Engineering Education*, 25(6), 910-926.
- Reich, J. (2015). Rebooting MOOC research. *Science*, 347(6217), 34-35.
- Reich, J., & Ruipérez-Valiente, J. A. (2019). The MOOC pivot. *Science*, 363(6423), 130-131.
- Sandeen, C. (2013). Integrating MOOCs into traditional higher education: The emerging “MOOC 3.0” era. *Change: The magazine of higher learning*, 45(6), 34-39.
- Shah, D. (2018). By the Numbers: MOOCs in 2018. Class Central. Retrieved from: <https://www.classcentral.com/report/mooc-stats-2018/>
- Shah, D. (2019). Year of MOOC-based Degrees: A Review of MOOC Stats and Trends in 2018. Class Central. Retrieved from: <https://www.classcentral.com/report/moocs-stats-and-trends-2018/>
- Slade, S., & Tait, A. (2019). *Global guidelines: Ethics in learning analytics*. Oslo: International Council for Open and Distance Education (ICDE).
- Tang, T., Rixner, S., & Warren, J. (2014). An environment for learning interactive programming. In 45th ACM technical symposium on Computer science education (pp. 671-676). ACM.
- Tucker, B. (2012). The flipped classroom. *Education next*, 12(1), 82-83.
- Warburton, S., & Mor, Y. (2015). A set of patterns for the structured design of MOOCs. *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 30(3), 206-220.
- Weinberger, A., Alario-Hoyos, C., Bala, P., Batangan, D., Delgado Kloos, C., Kulathuramaiyer, N., Navera, J. C., Sambul, A., Sy, P., Wan, T. C., (2018). Addressing Societal Issues Through MOOCs in Southeast Asia. In 2018 Learning with MOOCs (LWMOOCS) (pp. 78-80). IEEE.
- Yuan, L., & Powell, S. (2013). MOOCs and disruptive innovation: Implications for higher education. *eLearning Papers, In-depth*, 33(2), 1-7.
- Xing, W., & Du, D. (2019). Dropout prediction in MOOCs: Using deep learning for personalized intervention. *Journal of Educational Computing Research*, 57(3), 547-570.
- Zimmerman, B. J. (2013). Theories of self-regulated learning and academic achievement: An overview and analysis. In *Self-regulated learning and academic achievement* (pp. 10-45). Routledge.