Trabajo final de maestría

Teaching Analytics: Una revisión sistemática de literatura

Abel Antonio Castro Hoyos - IQ

Director

Juan David Velásquez Henao, Msc, PdD

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas
Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión
Programa de Maestría en Ingeniería – Ingeniería de Sistemas
Medellín, Colombia

2018

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que han puesto retos en mi vida, especialmente a aquellas que no me han ayudado a resolverlos. A una tal Dey por enseñarme que las personas no tienen dueño y que la verdadera libertad se logra solo con la liberación propia. A mis dos mejores amigos Juan Esteban y José Manuel por sus aportes intelectuales y por su lealtad.

RESUMEN

Teaching Analytics es un campo de investigación emergente y desafiante que puede tener un gran impacto en las metodologías de diseño educativo así como también en las entregas de los docentes a los estudiantes. En este trabajo se analiza la literatura más relevante sobre el tema. Se identificaron cuatro objetivos de trabajo: primero, integración de learning y teaching analytics; segundo, análisis multimodal o análisis de datos recopilados por dispositivos en tiempo real en el aula; tercero, alfabetización digital en analítica para docentes; cuarto, planificación y evaluación de actividades de enseñanza. Se hallaron varias limitaciones y desafíos para el avance del área de teaching analytics, pero la limitación más relevante es la separación temporal entre la entrega y el análisis de sus resultados, además de no haber una medida estándar de rendimiento de los estudiantes. El desafío más importante es el registro y análisis multimodal en tiempo real para la toma de acción del docente en forma inmediata.

Palabras clave: Teaching Analytics, Análisis Multimodal, Learning Analytics, Teaching.

ABSTRACT

Teaching Analytics is an emerging and challenging field of research that can have a great impact on educational design methodologies as well as on deliveries by teachers to students. In this work, we analyze the most relevant literature on the subject. Four working objectives were identified: first, integration of learning and teaching analytics; second, multimodal analysis of data collected by devices in real time in the classroom; third, digital literacy in analytics for teachers; and four, planning and evaluation of teaching activities. Several limitations and challenges were found for the advancement of the teaching analytics area. The most relevant limitation is the temporary separation between the delivery and the analysis of their results, in addition to not having a standard measure of student´s performance. The most important challenge is the registration and multimodal analysis in real time for the taking of action of the teacher in immediate form.

Keywords: Teaching Analytics, Multimodal Analysis, Learning Analytics, Teaching practice.

Contenido

LISTA DE TABLAS.....viii
LISTA DE FIGURAS.....x
1. INTRODUCCIÓN..... 1
2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS Y CONCEPTOS..... 5
3. PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN..... 9
4. RESULTADOS OBTENIDOS..... 12
5. DISCUSIÓN..... 20
5.1 Integración de Learning Analytics & Teaching Analytics..... 20
5.2 Análisis multimodal..... 23
5.3 Alfabetización en analítica para maestros..... 24
5.4 Planeación y evaluación de actividades de enseñanza..... 25
5.5 Trabajos específicos..... 27
5.6 Líneas de Investigación..... 27
5.7 Limitaciones en Teaching Analytics..... 31
5.8 Retos actuales de Teaching Analytics..... 31
6. REFERENCIAS..... 33

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Total de autores vs. Artículos publicados

Tabla 2. Publicaciones: Autor, titulo año y citaciones

Tabla 3. Estudios encontrados clasificados por propuestas de investigación

Tabla 4. Estudios encontrados clasificados por línea de investigación

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Número de publicaciones por año

Fig. 2 Términos clave en los documentos seleccionados

Fig. 3 Publicación de artículos por país de origen de instituciones

Fig. 4 Publicaciones seleccionadas por institución de filiación

Fig. 5 Autores con la mayor participación en artículos publicados

Fig. 6 Ciclo de vida de recursos de aprendizaje: actores, agentes y eventos

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta un análisis de los principales avances, investigaciones actuales, limitaciones y retos emergentes en el campo de la analítica de la docencia (Teaching Analytics, TA). Este nuevo campo de trabajo e investigación se centra en el uso de las herramientas de la analítica aplicadas al proceso de enseñanza-aprendizaje desde el punto de vista del docente, con el fin de mejorar su desempeño. Esta área puede considerarse la contraparte y complemento de la analítica del aprendizaje (Learning Analytics, LA). En este trabajo se identificaron como objetivos de la TA, los aspectos relacionados con su integración con la LA, el uso de nuevas fuentes de datos para el análisis, más allá de los relacionados con el desempeño del estudiante; y el planeamiento y la evaluación de las actividades docentes desde el contexto del aprendizaje del estudiante.

Con la popularización de los entornos virtuales de aprendizaje (VLE) y los sistemas de gestión del aprendizaje vía web (MLE), y el uso de otras tendencias emergentes como el Internet de las Cosas (Internet of Things, IoT), ha surgido el reto de usar los grandes volúmenes de información generados para la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje. El uso de los VLE y MLE ha pasado de valores inferiores al 10% a finales del siglo XX, a valores superiores al 80% en menos de 10 años en algunas partes del mundo. Estos altos volúmenes de información han requerido de las nuevas tecnologías de almacenamiento y procesamiento de la información, así como de apoyo de otras áreas del conocimiento como la analítica y la minería de datos que, para el caso de los datos en educación, se suele llamar minería de datos educativos (Education Data Mining, EDM).

Adicionalmente, los datos no son solo recolectados de los sistemas VLE y MLE, sino que, se han reportado experiencias y trabajos de investigación en los que se han implementado sensores de movimiento ocular, video, voz, e incluso sensores de movimiento, que permiten su adquisición en tiempo real, con el fin de hacer seguimiento no solo a las acciones de los alumnos sino también a los docentes. Aunque se encuentran bastantes trabajos respecto al tema de la LA, y en los últimos años algunos trabajos que plantean o exploran su integración con la TA, se acepta comúnmente que el desarrollo de la TA ha sido mucho

más lento, y que, más aún, las investigaciones se han limitado a la observación de unas pocas variables y de datos cualitativos [1].

Más aún, los trabajos sobre TA se encuentran relativamente dispersos y los autores no han encontrado evidencias de trabajos que permitan sintetizar completamente los avances que se han dado y los nuevos retos en esta área. En este sentido la presente investigación busca:

- Presentar una documentación de los trabajos de investigación identificados hasta la fecha.
- Discutir la evolución y coherencia de las líneas de investigación del área de TA.
- Identificar los retos y o desafíos a los que se enfrenta hoy el campo de la investigación en el tema.
- Identificar trabajos futuros para motivar a la comunidad académica y científica.

Consecuentemente, el objetivo de esta investigación es resolver las siguientes preguntas:

- RQ1. ¿Cómo se enmarca TA dentro del concepto de LA? Esta pregunta de investigación verificará si encuentra alguna complementariedad entre los dos conceptos dentro de los trabajos desarrollados y como se está planteando este trabajo conjunto.

- RQ2. *¿Cuál es la tendencia actual en investigación dentro del campo de TA?* Con esta pregunta se pretende saber si hay coherencia en las líneas de investigación.

- RQ3. *¿Cuáles son los retos actuales en investigación en TA?* Con esta pregunta se pretende saber si se están explorando tecnologías emergentes para el desarrollo actual y futuro de TA.

Finalizando el siglo XX y a comienzos del siglo XXI el desarrollo de la internet permitió el desarrollo de entornos virtuales de aprendizaje (VLE) y de los sistemas de gestión del aprendizaje vía WEB (MLE) por sus siglas en inglés, permitiendo el registro de interacciones

por parte de los usuarios estudiantes y profesores. Su uso creció en forma muy acelerada pasando de valores inferiores al 10% a finales del siglo XX a valores superiores al 80% en menos de 10 años en algunas partes del mundo (Britain y Liber, 2004).

Desde lecturas en línea, presentación de pruebas, tiempo de permanencia, interacción con compañeros de curso o con profesores y muchas más acciones o interacciones adicionales, pueden ser almacenadas para su posterior análisis. Nos podemos imaginar la gran cantidad de datos que se pueden almacenar y se pueden analizar para obtener conocimiento del proceso de enseñanza y aprendizaje, pero para poderlo hacer se requirió del desarrollo de nuevas tecnologías de almacenamiento y procesamiento así como de apoyo de otras áreas del conocimiento como la analítica y minería de datos que para el caso de los datos en educación se suele llamar minería de datos educativos (EDM).

Ahora la fuente de los datos en entornos virtuales de aprendizaje ya no es la única, se han reportado experiencias y trabajos de investigación en los que se han implementado sensores de movimiento ocular, video, voz, incluso sensores de movimiento, que permiten adquirir datos en tiempo real para hacer seguimiento a las acciones no solo a los alumnos sino también a los docentes. Estamos entrando en un nuevo paradigma de captura de datos en educación aprovechando además la nueva tecnología de la Internet de las cosas (IoT).

Motivación y razón de este estudio

La motivación para este estudio surge a raíz de la observación que en las búsquedas realizadas en la literatura científica no se evidencia ningún trabajo de revisión sistemática de literatura sobre analíticas de la enseñanza o Teaching Analytics.

Aunque se encuentran bastantes trabajos en cuanto el tema de Learning Analytics y en los últimos años algunos trabajos que plantean o exploran la integración de Learning Analytics y Teaching Analytics como un todo. Se considera que el desarrollo de Teaching Analytics ha sido mucho más lento que Learning Analytics o más aún se ha limitado a la observación de pocas variables y/o a observaciones cualitativas. Si se pretende lograr por parte de la comunidad científica y académica dicha integración se requiere saber hasta dónde ha

avanzado una y otra corriente y cuáles pueden ser los puntos convergentes actuales, retos o problemas a resolver en forma independiente como también cuando se plantean como un todo.

Teaching Analytics es un problema que se ha enfrentado en forma reciente desde la perspectiva de la analítica y con este trabajo se pretende proporcionar a las comunidades interesadas en el tema una visión general y acreditada sobre el tema.

Reunir los trabajos de investigación realizados, clasificarlos en forma imparcial y hacer un análisis para encontrar aportes, coherencia en líneas de investigación, retos y desafíos así como complementos para disciplinas relacionadas genera una visión general sobre el tema y acerca a un conocimiento global del dominio. En nuestro estudio se considera la totalidad de publicaciones sobre el tema "Teaching Analytics" y su contenido se presenta teniendo en cuenta la aplicabilidad real desde el uso de la analítica.

El resto de este documento está organizado de la siguiente manera: En el capítulo 2 se presenta una definición de términos y conceptos sobre TA y LA y otros conceptos en los cuales se basan. En el capítulo 3 se describe el protocolo de investigación, en el capítulo 4 se describen y se discuten los resultados obtenidos. Y, finalmente, en el capítulo 5 se responden a las preguntas de investigación planteadas.

2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS Y CONCEPTOS

En el desarrollo de las técnicas para hacer frente al reto de obtener información relevante y conocimiento de los datos almacenados en los VLEs y aplicarlos a las investigaciones y nuevos diseños en métodos en educación, surgió la aplicación de las técnicas de Inteligencia de Negocios (*Business Intelligence*, BI) en dicho contexto. La BI se define como el conjunto de estrategias y metodologías para extraer información de los datos con el fin de mejorar los procesos de decisión [2] [3]. Con la adopción de las técnicas de BI para obtener información sobre los estudiantes y sus actividades en línea, surgen dos áreas llamadas minería de datos educativos (EDM) y analítica del aprendizaje o *Learning Analytics* (LA) [4]. En general, la minería de datos es un campo de la computación que aplica una variedad de técnicas a los datos con el fin de descubrir patrones descocidos y potencialmente útiles. La EDM es una aplicación especial de la minería de datos, en la que sus técnicas se utilizan para detectar patrones en grandes colecciones de datos educativos que de otro modo serían difíciles o imposibles de analizar [5].

En la primera conferencia internacional sobre *Learning and Knowledge Analytics (LAK)*, se definió el término LA como la medición, recopilación, análisis y reporte de datos sobre los estudiantes y sus contextos, con el propósito comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en los que este ocurre. La LA tiene como fin apoyar los procesos de enseñanza – aprendizaje con el fin de que los docentes y las instituciones puedan tomar acciones y definir políticas en pro de mejorar el desempeño de los estudiantes o evitar sucesos como la deserción. En contraste, en la TA se busca apoyar a los docentes en las tareas de mejora de la enseñanza y de la evaluación, enfatizando el proceso de enseñanza – aprendizaje desde el punto de vista del docente como el mecanismo fundamental para lograr mayores aprendizajes por parte del estudiante.

La TA es un campo de investigación emergente y desafiante que puede generar un gran impacto en las metodologías de diseño educativo e instruccional como en las entregas por parte de los docentes a los alumnos. La TA se define como la aplicación de técnicas de análisis de datos para comprender los procesos de enseñanza – aprendizaje y hacer uso de sus resultados para que los docentes puedan mejorar en su labor [6]. Esto está en

concordancia con la visión de diferentes organizaciones a nivel mundial, que estudian y generan políticas educativas, las cuales han planteado dentro de sus prioridades el análisis del estado actual del uso de datos en educación para tratar de mejorar los métodos de enseñanza y la evaluación de los docentes.

mediante analíticas e identificación de patrones en combinación con planificación estratégica y tecnologías de la información (Eckerson, 2006; Jourdan, Rainer & Marshall, 2008). El crecimiento acelerado de la tecnología en hardware y software y en especial con los cada vez más bajos costos para su adquisición, esta técnica se desarrolló inicialmente aplicada al ámbito empresarial como respuesta a los retos planteados por la globalización y la competencia.

Con la adopción de las técnicas BI por parte de los investigadores y desarrolladores de la comunidad educativa aplicada a los datos educativos para obtener información sobre los estudiantes y sus actividades en línea, surgen dos áreas llamadas: minería de datos educativos (Education Data Mining EDM) y analíticas del aprendizaje (*Learning Analytics LA*). (Papamitsiou Z. ;Economides, A.A., 2014)

En general minería de datos es un campo de la computación que aplica una variedad de técnicas analíticas a los datos con el fin de descubrir patrones desconocidos y potencialmente útiles en grandes colecciones de datos. ***EDM*** es una aplicación especial de minería de datos, es el desarrollo e investigación de métodos computarizados y aplicados para detectar patrones en grandes colecciones de datos educativos que de otro modo serían difíciles o imposibles de analizar debido al enorme volumen de datos en el que existen" (Romero y Ventura, 2007), estos mismos autores citan solamente dos artículos sobre el tema publicados antes del año 2000.

Como ya se mencionó, la adopción de los métodos y analíticas de BI aplicado a los datos educativos se ha convertido en el término ***Learning Analitycs***. Una definición formal de LA fue introducida durante la primera Conferencia Internacional sobre Learning and Knowledge Anlytics (LAK), LA es "la medición, recopilación, análisis y reporte de datos sobre los estudiantes y sus contextos, con el propósito de comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en los que ocurre" "(https://tekri.athabascau.ca/analytics/), (SOLAR, 2011).

Una de las preocupaciones iniciales de LA es apoyar a los alumnos en el proceso de aprendizaje y a los docentes a tomar acciones en pro de mejora de o personalización de los métodos que usa en el proceso de enseñanza y a las instituciones para crear políticas educativas como respuesta a los resultados de esos análisis que pueden ser por ejemplo acciones para minimizar la deserción, uso intensivo de ayudas tecnológicas, asesorías en métodos de estudio. El otro aspecto en las analíticas educativas y que tiene que ver con el apoyo a los docentes en las tareas de mejora de la enseñanza y evaluación son las analíticas de la enseñanza o Teaching Analytics.

Teaching Analytics es un campo de investigación emergente y desafiante que puede generar un gran impacto tanto en las metodologías de diseño educativo como en las entregas por parte de los docentes a los alumnos. Varias organizaciones a nivel mundial que estudian y generan políticas educativas, han planteado dentro de sus prioridades el análisis del estado actual del uso de datos en educación para tratar de mejorar los métodos de enseñanza y la evaluación de docentes (OCDE, 2013), (NEXT-TELL EU).

Teaching Analytics es la aplicación de técnicas de análisis de datos para comprender los procesos de enseñanza y aprendizaje y hacer uso de sus resultados en intervenciones de apoyo a los docentes en su labor (Prieto, L.P., Sharma, K., Dillenbourg, P., Jesús, M., 2016).

Mientras que LA se centra en la captura de los datos, hechos y evaluaciones de los alumnos con miras a pronosticar su desempeño y realizar intervenciones para evitar resultados negativos como la deserción, la TA se ha desarrollado más con el enfoque de capturar las acciones de los docentes en el diseño instruccional y despliegue en el aula o en medios virtuales con el fin de encontrar elementos que permitan mejorar su desempeño. La TA y la LA se han desarrollado en forma separada abordando caras opuestas del mismo problema,

por lo que en muchas ocasiones su diferencia no es tan clara para los docentes e investigadores; sin embargo, hay trabajos reportados en donde se plantea la unión de estos dos enfoques para crear una metodología integradora que recoja las fortalezas de ambas aproximaciones; dicha unión se le ha denominado recientemente como analítica de la docencia y la enseñanza (Teaching and Learning Analytics, TLA) y se define como el uso de los datos y métodos ya desarrollados en la LA en términos de los objetivos declarados de la TA [7][8]. Con esta integración se tendría una visión y un análisis más global y completo del problema de evaluación de los diseños educativos, los métodos de enseñanza, y el desempeño de los alumnos y de los docentes, con claros beneficios para todos los actores del proceso, e inclusive, sus resultados se podrían usar para la mejora de políticas globales en la educación.

~~Se encuentran reportados pocos trabajos en donde se plantea la unión de estos dos enfoques de las analíticas para la enseñanza y su complementariedad para crear una metodología integradora, un indicador de esto son las publicaciones existentes que en su mayoría se reportan desde el año 2013 a la fecha. Dos trabajos que mencionan la posibilidad de hacer una sinergia entre estas dos corrientes se encuentran en (McKenney y Morr, 2015) y (Locker et al., 2013), en estos se menciona un nuevo termino TLA – Teaching and Learning Analytics. La idea general de Teaching and Learning Analytics es poder usar los datos y métodos ya desarrollados de LA al servicio de TA. Con esta integración se tendría una visión y un análisis más global del problema de evaluación de los diseños educativos, evaluación de métodos de enseñanza, evaluación de alumnos y docentes con beneficios para ambos así como para las instituciones y en general para mejora de políticas globales en la educación.~~

3. PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

Esta revisión sistemática de literatura se basa en el método expuesto en [9], que consta de las siguientes etapas:

- Definición del protocolo de investigación.
- Recolección de datos.
- Revisión y evaluación de los resultados de la búsqueda.
- Análisis, codificación y síntesis de resultados.
- Respuesta a las preguntas de investigación.
- Informe del trabajo de revisión.

En el desarrollo de la etapa de recolección de datos, el objetivo era hacernos con una cantidad apreciable de publicaciones relevantes sobre el tema de investigación. Es así como llegamos al total de artículos. A continuación se describe el protocolo de investigación utilizado. Las fuentes de datos seleccionadas fueron: Scopus, IEEEXplore, Google Scolar, ACM Digital Library además de actas de conferencias y talleres internaciones sobre el tema tales como LAK, MMLA y LASI. El único término de búsqueda incluido fue:

TITLE-ABS-KEY ("Teaching Analytics*")

El término de búsqueda fue así como aparece es decir se usaron las dos palabras como una unidad, se buscó la expresión completa "Teaching Analytics" por lo tanto no fue necesario incluir ningún operador booleano en la ecuación de búsqueda. La selección es esta expresión se hizo en concordancia con los objetivos de la revisión y para no perder el foco de la revisión.

Se buscaron documentos desde enero de 2011 hasta mayo de 2018 y no hubo ninguna restricción o filtro para limitar las áreas de conocimiento consideradas. Cuando en la búsqueda se encontraron artículos provenientes de conferencias internacionales que tratan sobre el tema, se procedió a buscar el respectivo evento para incluir sus documentos en esta investigación. Adicionalmente, se revisaron los artículos recuperados en busca de citas a

documentos publicados en memorias de eventos, también con el fin de considerarlos en este trabajo.

La selección final se realizó aplicando los siguientes criterios de inclusión:

- El artículo es proveniente de una revista científica.
- El artículo fue publicado en memorias de conferencias internacionales o talleres.
- El artículo aborda el tema de TA directamente o su tema principal es de interés en TA.

Y los siguientes criterios de exclusión:

- Publicaciones escritas en idiomas diferentes al inglés o al español
- Artículos cortos de conferencias o talleres con poco valor agregado o que tocan tangencialmente el área de interés.
- La temática e ideas principales del artículo ya fueron discutidas con mayor profundidad o amplitud en otra publicación ya considerada.
- Para versiones de un mismo artículo solo se tuvo en cuenta la versión más reciente.

Para los artículos finalmente seleccionados se recopiló y tabuló toda la información pertinente para esta investigación, entre los que se incluye información bibliográfica y bibliométrica y partes del documento relacionadas con cada pregunta de investigación.

De los artículos seleccionados una vez aplicados los criterios de inclusión y exclusión se recuperó la siguiente información:

- Título del artículo.
- Autores.
- Nombre de la revista o conferencia.
- Año de publicación.
- Citaciones del artículo.
- Línea de investigación
- Propuesta

- Ambiente de enseñanza
- Métodos analíticos usados (cuando se reportan).
- Retos planteados.

Para llevar a cabo el proceso de selección se dividió el trabajo de la siguiente manera:

Se hizo una revisión más avanzada del texto completo de cada uno de los artículos recuperados en la cual es posible que un filtrado más depurado haga descartar algunos más.

Se definieron algunos criterios de calidad para poder ordenar de alguna manera el estudio y determinar la importancia o relevancia de la publicación en esta línea de investigación. Los criterios de calidad son:

- Número de citaciones que tiene la publicación suministrada por PlumX Metrics, nótese que el número de citaciones no es un criterio para la aceptación o no de la publicación para ser incluida en esta revisión.
- Sustentación de los trabajos presentados usando para ellos diversos elementos como gráficos o tablas explicativos, se observa la interpretación de los hallazgos y el soporte teórico para los mismos.
- Presentación clara y suficientemente detallada de metodologías seguidas en el desarrollo de la investigación.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

Presentamos los resultados encontrados en esta revisión sistemática de literatura sobre el tema TA.

En la búsqueda inicial se recuperaron un total de 41 artículos y como resultado de la etapa inicial de análisis con depuración manual y aplicando los criterios de inclusión y exclusión, se obtuvieron finalmente 38 documentos seleccionados para realizar esta investigación, estos conforman inicialmente el corpus de todo lo que hay publicado hasta la fecha abordando el tema de TA principalmente. Estos corresponden a las referencias [1], [6], [7], [8], [10], [11] a [39] y [41] a [44].

Del total de los documentos seleccionados 28 (74%) publicaciones procedentes de conferencias internacionales, 6 (16%) artículos procedentes de revistas indexadas y 4 (10%) como capítulo de libros. Las 38 publicaciones finalmente seleccionadas aparecen publicadas en 20 fuentes diferentes, aunque parezca una gran diversidad de fuentes de publicación, en realidad no lo son debido a que CEUR Workshop Proceeding (11), ACM Conference Proceeding Series (4) mas (5) conferencias patrocinadas por la IEEE hacen el 50% de las publicaciones consultadas, el restante 50% están distribuidas en 15 fuentes diferentes.

El análisis de la clasificación por áreas muestra que más del 55% de las publicaciones seleccionadas está clasificada en el área *Computer Science* Si se suma la participación de las áreas Ciencia de la computación, ingeniería, matemáticas y ciencia de las decisiones da un poco más del 77%, lo cual puede dar un indicio del esfuerzo que se está haciendo en el abordaje del tema de TA desde el punto de vista de la captura, almacenamiento y tratamiento de los datos en esta área del conocimiento.

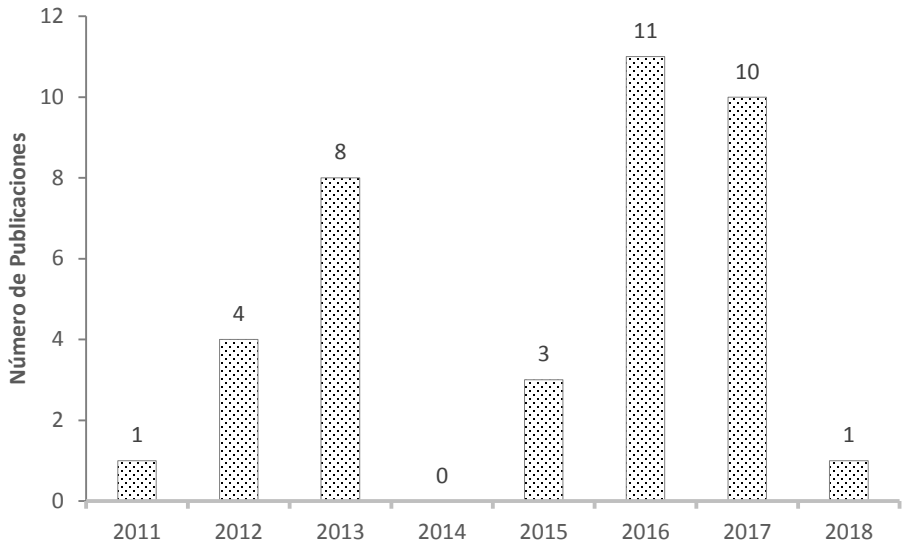

Fig. 1 Numero de publicaciones por año

El crecimiento de publicaciones en los tres primeros años fue bastante elevado pasando de 1 artículo publicado en el 2011 a 8 en el año 2013. Sin embargo, al año siguiente (2014) no aparece ninguna publicación. Sólo en los últimos dos años 2016 y 2017 se ha publicado más del 57% del total de los trabajos hallados en esta búsqueda, lo que demuestra el creciente auge de la TA. En términos de impacto, la referencia [11] tiene 33 citaciones, la [6] tiene 19 citaciones, la [26] tiene 6 citaciones, y las restantes tienen 5 citaciones o menos (21 de ellas no han sido citadas).

En los artículos seleccionados se utilizan como palabras clave 320 términos diferentes, lo que genera una dificultad para el investigador en términos del descubrimiento y recuperación de nuevos artículos relevantes. De los 38 artículos seleccionados, 29 de tienen la palabra clave TA. En la figura 2 se presenta el histograma de frecuencia de las palabras clave.

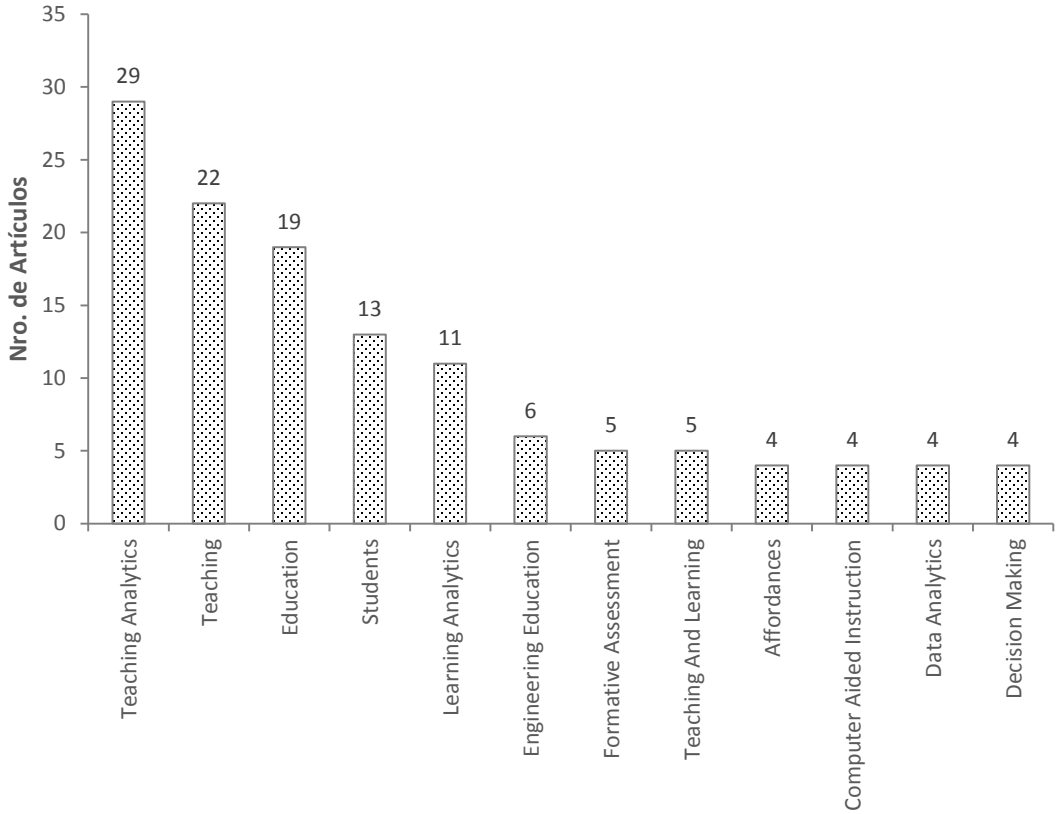

Fig. 2 Términos clave en los documentos seleccionados

En la figura 3 se observa que aproximadamente el 74% de las instituciones donde se generaron los documentos seleccionados son europeas, y que Estados Unidos es el país que más instituciones tiene relacionadas en los artículos. Es Europa entonces la zona en donde se puede decir se concentra la investigación en TA. Es de resaltar además que de la cuota europea de instituciones los países nórdicos Dinamarca y Noruega constituyen el 37% aproximadamente.

En la Fig. 4 se presentan las instituciones con dos o más artículos seleccionados. En dicha figura se evidencia que *Copenhagen Business School* es la institución que más aparece afiliada a las publicaciones. En el análisis realizado se encontró que un total de 33 instituciones solo aparecen una sola vez, lo que indica que, en general, hay poca continuidad en la investigación sobre esta área.

Los artículos seleccionados fueron elaborados por un total de 70 autores, de los cuales 44 cuentan con una sola publicación., 14 con 2 publicaciones, 10 con tres publicaciones, uno

con cuatro y uno con diez. Estos datos indican que posiblemente TA no ha despertado suficiente interés en la comunidad científica o que hace falta más trabajo de base para abrir más líneas de investigación en las cuales muchos más investigadores puedan participar.

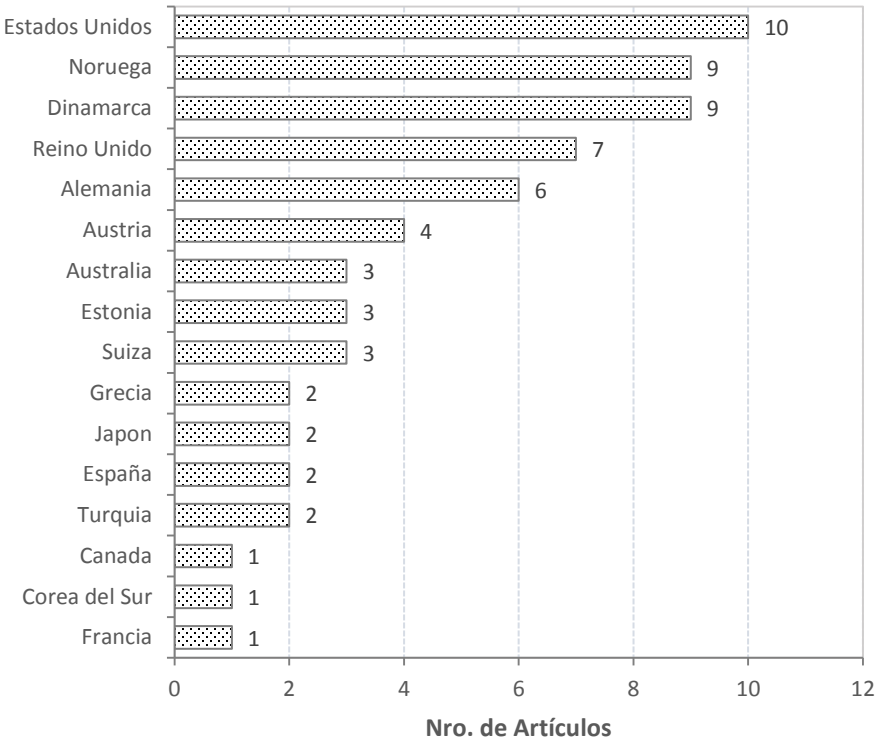

Fig. 3 Publicación de artículos por país de origen de instituciones

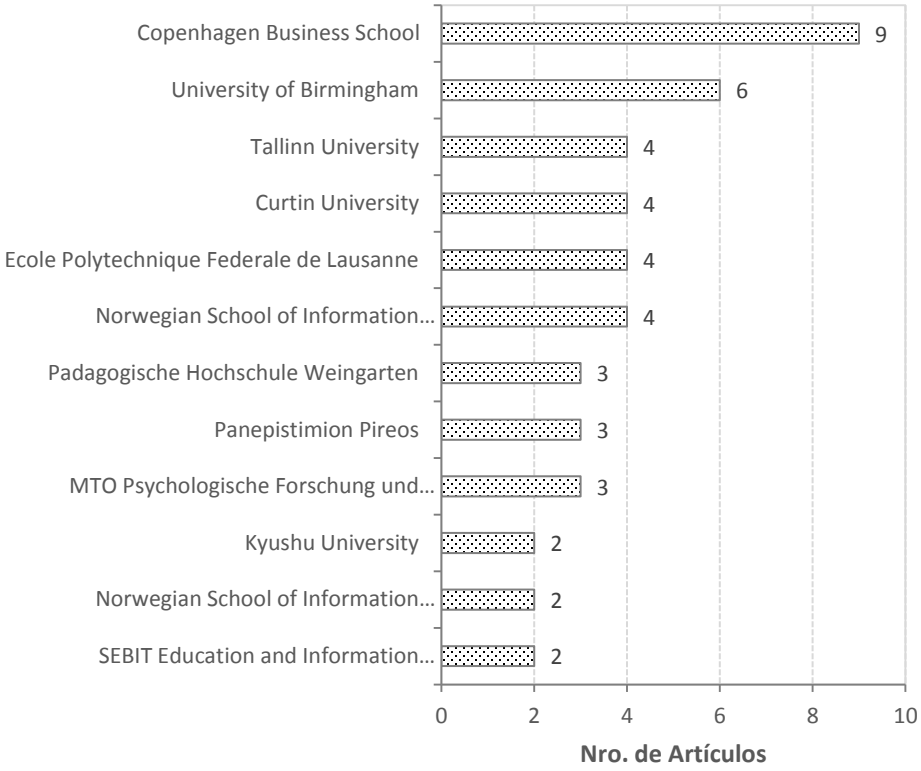

Fig. 4 Publicaciones seleccionadas por institución de filiación

Tabla 1. Total de autores vs. Artículos publicados

Artículos publicados	Número de Autores
10	1
4	1
3	10
2	14
1	44

La figura 5 muestra los 15 autores con mayor participación en los trabajos publicados y están ordenados de mayor a menor por número de participaciones.

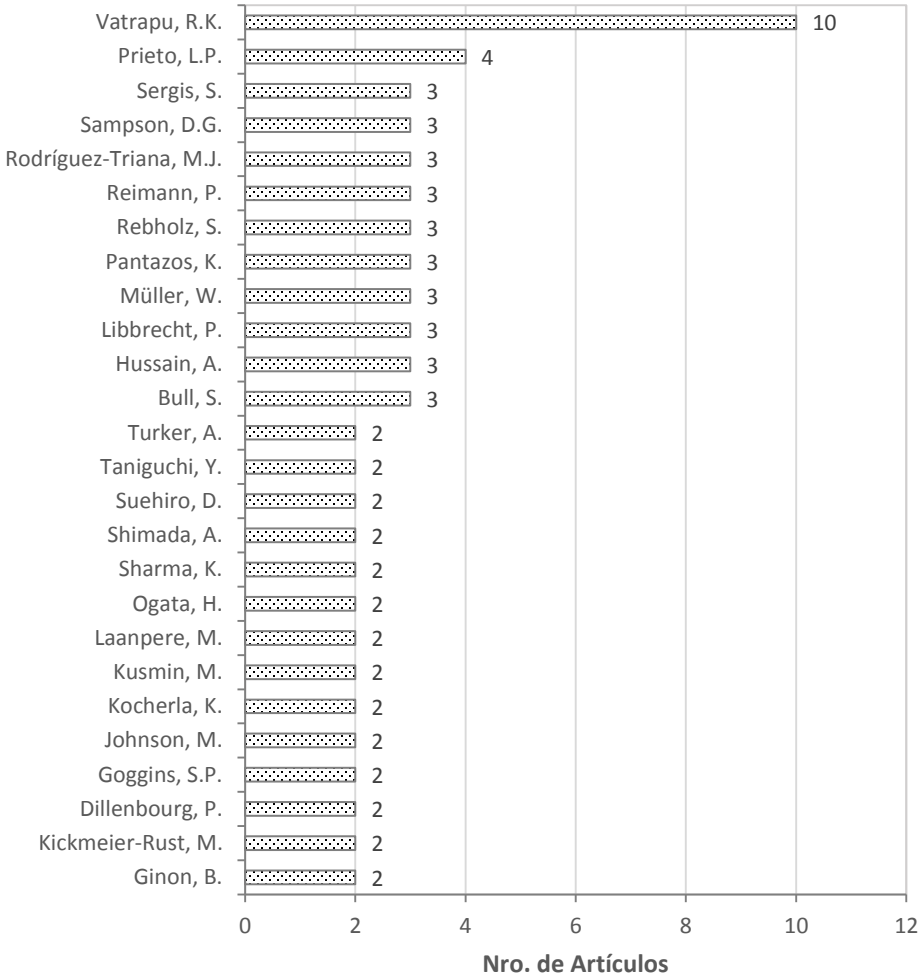

Fig. 5 Autores con la mayor participación en artículos publicados

Tabla 2. Publicaciones: Autor, titulo año y citaciones

Autor	Título	Año	Citaciones
Vatrapu R..	Towards visual analytics for teachers' dynamic diagnostic pedagogical decision-making	2011	33
Prieto L.P..	Teaching analytics: Towards automatic extraction of orchestration graphs using wearable sensors	2016	19
Xu B..	Teaching analytics: A clustering and triangulation study of digital library user data	2012	16
Barmaki R..	Providing real-time feedback for student teachers in a virtual rehearsal environment	2015	15
Sergis S..	Teaching and learning analytics to support teacher inquiry: A systematic literature review	2017	5
Goggins S.P..	Connecting performance to social structure and pedagogy as a pathway to scaling learning analytics in MOOCs: An exploratory study	2016	5
Dix A..	Learning analytics for the academic: An action perspective	2015	5
Sergis S..	Towards a teaching analytics tool for supporting reflective educational (re)design in Inquiry-based STEM Education	2016	4
Vatrapu R..	An eye-tracking study of notational, informational, and emotional aspects of learning analytics representations	2013	3
Vatrapu R..	Towards teaching analytics: Communication and negotiation tool (CoNeTo)	2012	3
Müller W.	Automatic inspection of E-portfolios for improving formative and summative assessment	2017	2
Pantazos K.	Enhancing the professional vision of teachers: A physiological study of teaching analytics dashboards of students' repertory grid exercises in business education	2016	2
Libbrecht P..	Smart learner support through semi-automatic feedback	2015	2
Vatrapu R..	Towards teaching analytics: Repertory grids for formative assessment (RGFA)	2013	2
Prieto L.P..	Smart school multimodal dataset and challenges	2017	1
Michos K..	Towards understanding the potential of teaching analytics within educational communities	2016	1
Vatrapu R..	Second International Workshop on Teaching Analytics	2013	1
Prieto L.P..	Multimodal teaching analytics: Automated extraction of orchestration graphs from wearable sensor data	2018	0
Taniguchi Y..	Revealing Hidden Impression Topics in Students' Journals Based on Nonnegative Matrix Factorization	2017	0

Autor	Título	Año	Citaciones
Suehiro D..	Face-to-Face Teaching Analytics: Extracting Teaching Activities from E-Book Logs via Time-Series Analysis	2017	0
Saar M..	Work in progress - Semantic annotations and teaching analytics on lecture videos in engineering education	2017	0
Sampson D.	Teaching and learning analytics to support teacher inquiry	2017	0
Phelps A.L..	The Current Landscape of Teaching Analytics to Business Students at Institutions of Higher Education: Who is Teaching What?	2017	0
Sergis S..	Using educational data from teaching and learning to inform teachers' reflective educational design in inquiry-based STEM education	2017	0
Martínez-MA..	What information do teachers demand from a computerized classroom? An exploratory analysis	2017	0
Chounta I.A..	Analysis of human-to-human tutorial dialogues: Insights for teaching analytics	2016	0
Ginon B..	An Open Learner Model used by teachers to monitor speed reading learners	2016	0
Ginon B..	Helping teachers to help students by using an open learner model	2016	0
Jang Y.J..	Promoting industrial engineering and teaching analytics and optimization with LEGO robotics	2016	0
Vatrapu R..	Fourth international workshop on teaching analytics	2016	0
Zadeh A.H..	Teaching analytics: A demonstration of association discovery with SAS enterprise miner	2016	0
Evansa M.A..	Strategies for leveraging learning game data for middle school mathematics instruction	2013	0
Libbrecht P..	Tales of a companion teacher analytics	2013	0
Vatrapu R.K..	IKlassroom: Real-time, real-place teaching analytics	2013	0
Gauthier G..	Using teaching analytics to inform assessment practices in technology mediated problem solving tasks	2013	0
Pantazos K..	Visualizing repertory grid data for formative assessment	2013	0
Vatrapu R.K.	Towards semiology of teaching analytics	2012	0
Goggins S.P.	Group informatics: A multi-domain perspective on the development of teaching analytics	2012	0

5. DISCUSIÓN

A continuación se responden las preguntas de investigación propuestas:

A. *RQ1) ¿Cómo se enmarca Teaching Analytics dentro del concepto de Learning Analytics?*

Tabla 3. Estudios encontrados clasificados por propuestas de investigación

Propuesta (Objetivos)	Autores y Año (Publicación)
Integración de Learning Analytics & Teaching Analytics	Vatrapu, R & et al., 2011; Sergis,s. et al., 2016; Dix, A. et al., 2015; Vatrapu, R., et al., 2013; Michos,K. et al., 2016; Taniguchi, Y. et al., 2017; Saar, M., et al.,2017; Sampson, D, 2017, Gauthier, G.,2013; Vatrapu, R.K. et al, 2013, Goggins S.P. et al, 2016
Análisis multimodal	Prieto, L.P. & et al., 2016; Barmaki, R & et al., 2015; Prieto, L.P. & et al., 2017; Vatrapu, R. K., 2012
Alfabetización en analítica para maestros	Xu,B, Recker, M. 2012; Sampson, D, 2017, Zadeh, H. et al., 2016; Libbrecht, o. et al., 2013; Vatrapu, R. K., 2012
Planeación y evaluación de actividades de enseñanza	Dix, A. et al., 2015; Sampson, D, 2017; Pantazos, K., et al.,2016; Taniguchi, Y. et al., 2017; Suehiro, D. el al., 2017; Saar, M., et al.,2017; Pantazos, K., et al., 2013; Evansa, m.a. et al., 2013; Vatrapu, R. K., 2012; Rodriguez, M.J. et al.; Ginon, B. et al.,2016; Gauthier, G.,2013;
Trabajos Específicos, Ing. Industrial, análisis de E-portafolios	Jang, Y.J. et al., 2016; Muller, W., et al., 2017;

5.1 Integración de LA y TA

Es evidente que una buena parte de las investigaciones consultadas en esta búsqueda están enfocadas en la integración de Learning y Teaching Analytics como se observa en la tabla 1. Algunos autores señalan la posibilidad de usar los métodos implementados en Learning Analytics al servicio de Teaching Analytics mediante propuestas de integración en modelos en donde se plantean el trabajo conjunto de expertos en enseñanza, en analítica visual y en diseño, por ejemplo (Vatrapu, R & et al., 2011) plantea un modelo tríadico de analíticas de aprendizaje TMTA por sus siglas en inglés, en donde se pretende analizar los datos generados por las actividades de los estudiantes en tiempo real, mediante herramientas visuales y permitir acciones correctivas por parte del profesor. (Sergis,s. et al., 2016) presenta el diseño

de una Herramienta para Teaching Analytics (TAT) que permite hacer un análisis visual como también permite evaluar los diseños educativos existentes y futuros en ambientes de aprendizaje STEM, al tiempo que plantean como trabajo futuro la extensión de los TAT de tal manera que aborden no solo la evaluación de los diseños educativos sino que estos se puedan relacionar con los datos educativos de los alumnos a partir de la entrega de esos diseños y de esa forma crear herramientas que usando esas dos fuentes de datos combinadas proporcionarían ideas de posibles correlaciones e interdependencias y mejorar por tanto la experiencia de los docentes como de los alumnos.

En el afán por encontrar puntos comunes de las diferentes disciplinas en el abordaje del problema de Teaching & Learning Analytics y cómo hacer uso adecuado de los datos académicos para el beneficio tanto de estudiantes como de docentes, se encuentran propuestas de toda naturaleza abordando o presentando el análisis y propuestas de solución a problemas particulares en el campo. Por ejemplo el trabajo presentado (Dix, A. et al., 2015) es un framework o marco de trabajo para el diseño de sistemas de información educativos en donde se sugiere la siguiente generación de diseños que integren herramientas de analítica conjuntas para aprendizaje y la enseñanza.

Hallazgos en investigaciones hechas sobre la representación de los resultados de Teaching & Learning Analytics reportan que no siempre son elementos que pueden respaldar la toma de decisiones o que tengan algún sentido para los actores, pero se asegura que "las representaciones analíticas requieren apoyo con discurso explícito", al tiempo que sugieren que los sistemas de análisis de aprendizaje y evaluación de diseños educativos se deben desarrollar de tal manera que faciliten la discusión (Vatrapu, R., et al., 2013).

Debido a lo poco explorado de este tema, hay interés por parte de los docentes para saber cómo y cuándo usar Teaching & Learning Analytics, de acuerdo a la experiencia de los otros. Es por esto que algunos autores han investigado la comunicación de la investigación docente en grupos pequeños (Michos,K. et al., 2016), ellos encuentraron que si existe un interés por saber los diseños y evaluación de métodos ejecutados por los pares, además de encontrar que los docentes que apenas se inician puedan saber los pro y contra de su implementación.

Siempre en busca de comprender como es que los alumnos están aprendiendo y con la preocupación de cómo mejorar los métodos de enseñanza, se han emprendido ciertas investigaciones que van desde el uso de los registros de interacción de los alumnos con sistemas de aprendizaje en línea o software educativo en general hasta el aprovechamiento de otros medios más específicos en los cuales los alumnos tienen actividades como el que aprovechan los investigadores Japoneses (Taniguchi, Y. et al., 2017), en el cual usan las publicaciones en modo texto que los estudiantes de un curso específico hacen en sus diarios de campo y en donde se expresan libremente sobre su opinión o reflexión sobre el aprendizaje de la semana. Los conocimientos adquiridos de este tipo de análisis se pueden usar para que los docentes mejoren sus diseños futuros según los investigadores. De igual manera este tipo de análisis podría extenderse a varios cursos del mismo grupo y tener la posibilidad de comparar estilos de enseñanza así como las dificultades de aprendizaje por área.

Un esfuerzo muy notable en la búsqueda de la integración entre Teaching & Learning Analytics es la propuesta hecha por el investigador australiano Sergis S. Sampson, el cual presenta un framework que a la vez puede ser considerado como un tutorial. En este trabajo la integración de las actividades del docente con las actividades de aprendizaje se hace evidente. Hay varias limitaciones para su aplicación, tales como el poco conocimiento de los docentes en el análisis de datos, la recolección de datos durante las entregas de sus diseños y el uso de los resultados de los análisis para reaccionar muy distanciados en el tiempo. En el framework o tutorial propuesto (Sampson, D, 2017) está compuesto de 6 pasos que se enumeran a continuación: "Identificar un problema para investigar (Paso # 1), definir preguntas de consulta específicas para abordar y delinear un protocolo de recopilación / análisis de datos (Paso # 2); diseñar entrega docente (Paso # 3) y entregar (Paso # 4) su práctica docente; analizar los datos recopilados de la entrega (Paso # 5); y reflexionando sobre estos datos para abordar las preguntas de indagación y mejorar su práctica (Paso # 6)."

Hay otros aspectos que han marcado el interés de la comunidad académica y de los investigadores que se enfocan en aspectos diversos pero siempre en busca de lograr que las actividades y los datos extraídos de parte de los alumnos sirvan no solo para el análisis de aprendizaje sino también como fuente de datos para planear y evaluar las actividades

académicas de los docentes. Anotaciones en videos en entregas académicas (Saar, M. et al. 2017), Métodos visuales para hacer entrega de resultados de análisis y como herramienta reflexiva para alumnos y docentes (Gauthier, G.,2013), aplicación de Teaching Analytic en tiempo real usando datos de ubicación real de los alumnos y de análisis de emociones (Vatrapu, R.K. et al, 2013) son algunos de las investigaciones mencionadas arriba.

5.2 Análisis multimodal

Los métodos de Teaching & Learning Analytics se han enfocado casi siempre a escenarios de aprendizaje en línea o a enseñanza semipresencial, y como fuentes de datos normalmente usan los datos de interacción tanto de alumnos como de docentes. Se sabe que hay una gran cantidad de información que resulta de las actividades reales o incluso estados emocionales que no se han tenido en cuenta en forma sistemática para lograr una compresión más profunda y real de la situación en clases reales cara a cara o incluso en los sistemas en línea. Sin embargo, algunos investigadores han abordado esta situación en un esfuerzo por proporcionar análisis sobre los cuales se puedan tomar decisiones más informadas.

Uno de los limitantes para tener información de análisis de enseñanza y aprendizaje en tiempo real es la costosa codificación manual por parte de los investigadores (Prieto, L.P. & et al., 2016). Estos autores presentan un trabajo en el cual exploran las técnicas de aprendizaje automático para extraer automáticamente las acciones de enseñanza durante la presentación en el aula a través de señales de sensores portátiles: Seguimiento ocular, acelerómetro, audio y video que en comparación con el tratamiento manual de esos datos obtienen buenos niveles de precisión, y aunque los resultados se basan en un número reducido de pruebas, se convierte en una opción muy de avanzada en el uso de datos multimodales para el análisis de enseñanza y aprendizaje. Se están haciendo esfuerzos por desarrollar aulas y escuelas que incorporen datos de múltiples sensores y no depender solo de los rastros digitales de las aplicaciones en línea (Prieto, L.P. & et al., 2017).

Un experimento muy interesante llevado a cabo a través del software de ensayo de enseñanza interactivo TeachLive, se muestra como la corrección en tiempo real de la comunicación no verbal expresada a través de señales abiertas y afirmativas en clase hace mejorar sustancialmente dicha comunicación en las siguientes sesiones de entrega para los docentes

que recibieron dicha información (Barmaki, R & et al., 2015). Para el experimento se tuvieron en cuenta diferentes tipos de datos multimodales tales como tiempo de intervención y comportamientos no verbales de los estudiantes virtuales, tiempos y seguimiento del cuerpo completo de los docentes y grabación en video de la clase, se disponía de una indicación visual para el docente cuando adoptaba una postura defensiva o cerrada.

Se ha propuesto además a través de un marco conceptual (Vatrapu, R. K., 2012) que para el desarrollo de herramientas que conduzcan la investigación y análisis de la enseñanza y el aprendizaje se consideren aspectos como dimensiones cognitivas, representaciones, visualizaciones interactivas, análisis visual y anotaciones emocionales, loa autores creen que esto es posible a través de la implementación de análisis multimodal.

5.3 Alfabetización en analítica para maestros

A pesar de que el analfabetismo de los docentes en analítica es tal vez una de las mayores debilidades en la cadena de integración de Teaching & Learning Anlaytics, existen hoy pocos trabajos orientados a estudiar y a aportar para la solución de esta situación.

El poco conocimiento de los docentes en el análisis de datos es reconocido por (Sampson, D, 2017**)** como una de las limitaciones para la integración de teaching & learning analytics, este autor presenta un tutorial de entrenamiento de introducción a las analíticas de enseñanza y aprendizaje para que los docentes en su ciclo de diseño, entreguen, evalúen y reflexionen sobre los materiales educativos. Hay estudios que demuestran que la experiencia acumulada de los docentes junto con el uso frecuente de medios tecnológicos aumenta la efectividad de los docentes en uso de herramientas como recursos en línea. **(**Xu,B, Recker, M. 2012**)**

Los pasos desarrollados por un profesor y su clase al utilizar un conjunto de herramientas de aprendizaje basadas en computadora es presentada a modo de tutorial en (Libbrecht, O. et al., 2013), estos autores han desarrollado ComIn-M y SMALA que son herramientas que incluyen puntos de vista analíticos de enseñanza, estas cubren solo algunas de las funciones analíticas deseables que un docente debería usar para mejorar su curso.

Una de las posibilidades de empezar a resolver el problema de alfabetización de los docentes en analítica es impartir cursos a los estudiantes de pregrado como parte formal de los pensum en las facultades de educación. Temas como análisis de redes sociales, sistemas de

recomendación, minería de datos educativos, análisis de asociaciones y visualización serian de mucha utilidad para prepararlos en el uso de las herramientas de análisis. Ya hay experiencias en este sentido con estudiantes de mercadeo (Zadeh, H. et al., 2016).

5.4 Planeación y evaluación de actividades de enseñanza

Se ha reconocido un conjunto de actividades y de actores que interactúan en el ciclo de vida académico, ver figura 6. Varios investigadores han tratado de mostrar cómo se organizan y cuál es la secuencia de acciones que se producen y se han hecho intentos para generar marcos de trabajo (Dix, A. et al., 2015, Sampson, D, 2017, Vatrapu, R., et al., 2013) que integren las diferentes actividades de la vida académica usando técnicas como HCI, análisis visual, ciencias del aprendizaje y la experiencia práctica para que sirva de base para el desarrollo de software de análisis del aprendizaje y de evaluación y control de actividades para los docentes.

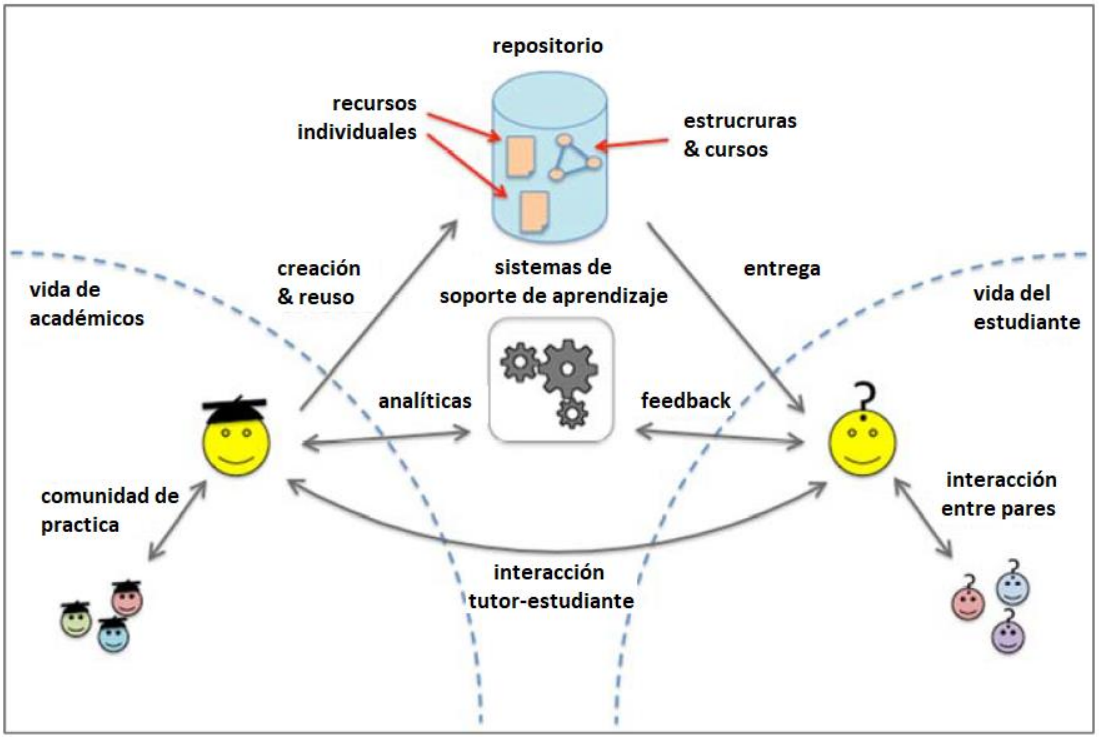

Fig. 6 Ciclo de vida de recursos de aprendizaje: actores, agentes y eventos. Adaptado de (Dix, A. et al., 2015)

Aunque el campo de investigación de la analítica de la enseñanza es emergente, hay una preocupación recurrente en la comunidad de investigadores en cuanto a dotar a los docentes de los instrumentos e instrucción para llevar a cabo la planeación, la entrega y la evaluación

de los materiales educativos. En este sentido se han desarrollado varios instrumentos de apoyo tales como tableros de control interactivos (Pantazos, K., et al.,2016, Gauthier, G.,2013, Pantazos, K., et al., 2013), en general el propósito de estas herramientas de visualización es ayudar a los alumnos a hacer lecturas rápidas de su progreso y comparación con sus pares y para los docentes facilitar la evaluación de la formación a los estudiantes como también disponer de elementos para refinar sus planes de instrucción en los cursos.

La evaluación de las entregas por parte de los docentes es fundamental para la autorreflexión y mejora de los planes y materiales académicos a usar en las siguientes sesiones, más allá de los resultados de los alumnos en sus evaluaciones formales está el hecho de saber si hubo un aprendizaje real y en qué medida. Es por eso que se encuentran en la literatura trabajos que usan diferentes estrategias e instrumentos para tratar de verificar dicha situación. Por ejemplo (Taniguchi, Y. et al., 2017) hace una evaluación a través de análisis de texto en los comentarios escritos por estudiantes en sus diarios de campo o en revistas de los estudiantes mediante técnicas analíticas que permiten descubrir impresiones comunes sobre las entregas de algún tema específico y que permiten saber por parte de los docentes cuales conceptos fueron entendidos y cuales no y esto permitirá mejorar continuamente los planes y las entregas en clase. En el trabajo de (Suehiro, D. el al., 2017) hay una evaluación y análisis de enseñanza y seguimiento de los alumnos hecho mediante el uso de seguimiento de páginas a través de E-Books, sin sensores si nada físico y con métodos de análisis como series de tiempo y aprendizaje de máquinas.

Se observa también la tendencia a estudiar y desarrollar herramientas y métodos de evaluación de las actividades cuando se imparten planes de entrega. La observación de actividades de enseñanza grabadas y anotadas en video (Saar, M. et al. 2017) hacen parte de ellas y permite a los docentes reflexionar y tomar acciones de cambio. Otra propuesta en este sentido es el uso de scripts en el análisis de guiones resultantes de la preparación de materiales académicos en los cuales se supone hay algunas intenciones pedagógicas por monitorear (Rodriguez, T. et al.)

En la enseñanza a través de juegos hay una gran oportunidad de recopilar muchos datos de interacción a través de los dispositivos utilizados por los mismos que pueden ayudar a los docentes a tomar decisiones de cambio en sus planes, entregar a los estudiantes comentarios

personalizados y evaluar tanto el aprendizaje de los alumnos como la entrega de los docentes. (Evansa, M.A. et al., 2013)

5.5 Trabajos específicos

Encontramos en esta revisión dos trabajos de aplicación específicos en donde promueve el análisis de aprendizaje y enseñanza para estudiantes de Ingeniería Industrial con la implementación de una clase a través de sistemas de fabricación usando robótica LEGO (Jang, Y.J. et al., 2016) y por otra parte (Muller, W., et al., 2017) presentan un prototipo para inspección automática de e-portafolios usando métodos analíticos y análisis semántico para apoyar a los docentes en la evaluación de sus entregas.

RQ2) ¿Cuál es la tendencia actual en investigación dentro del campo de Teaching Analytics?

5.6 Líneas de Investigación

Tabla 4. Estudios encontrados clasificados por línea de investigación

Línea de Investigación	Autores y Año (Publicación)
Analítica visual	Dix, A. et al., 2015; Libbrecht, o. et al., 2013; Michos,K. et al., 2016; Pantazos, K., et al.,2016, Gauthier, G.,2013; Vatrapu, R & et al., 2011; Vatrapu, R.K. et al, 2013
Análisis multimodal	Barmaki, R & et al., 2015; Prieto, L.P. & et al., 2016; Prieto, L.P. & et al., 2017; Vatrapu, R. K., 2012; Goggins S.P. et al, 2016; Prieto, L.P. & et al., 2018; Saar, M., et al.,2017; Vatrapu, R.K. et al, 2013
Diseño y evaluación de aplicaciones (Software, frameworks, herramientas)	Barmaki, R & et al., 2015; Chounta I.-A. & et al., 2015; Evansa, m.a. et al., 2013; Gauthier, G.,2013; Ginon, B. et al.,2016; Libbrecht, o. et al., 2015; Martínez-Monés A. & et al., 2017; Michos,K. et al., 2016; Pantazos, K., et al.,2016; Prieto, L.P. & et al., 2017; Sergis,s. et al., 2016; Vatrapu, R. K., 2012; Vatrapu, R.K. et al, 2013

En esta revisión sistemática sobre Teaching Analytics, se han detectado trabajos que complementan o continúan otros trabajos previos que abordan temáticas similares, los cuales se han categorizado como líneas de investigación por los investigadores. En la tabla 4 se relacionan las líneas encontradas y la referencia a los trabajos de investigación que les hacen algún aporte.

Diseño y evaluación de aplicaciones (Software, frameworks, herramientas)

En evidente por la cantidad de aplicaciones o frameworks reportados, que hay un trabajo importante desarrollado en procura de generar herramientas que apoyen la mejora y la automatización de actividades que tienen que ver con Teaching Analytics y su integración con Learning Analytics. Aunque en su mayoría estas publicaciones reportan las pruebas iniciales o usos muy específicos, los intentos por generar estos instrumentos son reales y están apoyados por instituciones educativas o acuerdos de comunidades económicas, como ocurre por ejemplo con el proyecto NEXT-TELL de la Comunidad Económica Europea cuyo objetivo principal es proporcionar, mediante investigación y desarrollo, soporte computacional y metodológico para docentes y estudiantes (Vatrapu, R. K., 2012; Vatrapu, R.K. et al, 2013, Pantazos, K., et al.,2016)

Algunas herramientas haciendo uso de la analítica y de la captura de señales en ambientes multimodales son utilizadas para entrenamiento de docentes sin experiencia o incluso para evaluación o mejora de su desempeño en sus entregas de planes académicos. Por ejemplo TeachLive (Barmaki, R & et al., 2015), (Chounta I.-A. & et al., 2015) presentan una guía explicita para generar diálogos tutoriales personalizados, esta guía puede ser usada cuando se diseñe aplicaciones en las cuales los docentes estén retroalimentando a los estudiantes con observaciones o guías. CandyFactory es una aplicación para enseñanza de matemáticas basado en juegos (Evansa, m.a. et al.). BioWorld, CaseBuilder aplicaciones para estudiantes de medicina o para entrenamiento de médicos principiantes, presenta casos de pacientes a resolver (muestra hipótesis del problema, pruebas, signos vitales) los alumnos siguen cualquier secuencia que desee para resolver el caso, además cuanta con representaciones visuales para mejorar el proceso de toma de decisiones (Gauthier, G.,2013). (Libbrecht, o. et al., 2015) realiza una encuesta de lo que lo docentes requieren para llevar a cabo tareas de planeación y análisis dentro y fuera de la clase, encuentra que CromeBook y Google Classroom integrados con HARAPA herramienta de monitoreo ayudan a docentes K-12 a realizar varios pasos del ciclo de Teaching Analytics.

(Sergis,s. et al., 2016), presentan el diseño y evaluación preliminar de una herramienta para Teaching Analytics (TAt) basada en el método de enseñanza basado en STEM, compuesta por Laboratorios Virtuales y en Línea, talleres Hand ON y guías para tareas, Estas herramientas pueden ser aprovechadas para acercarse a la solución de un reto de investigación muy emergente: La conexión entre Teaching Analytics y Learning Analytics que permita a docentes analizar y reflexionar sobre sus prácticas en términos de proveer guía y efectiva usando datos educativos de estudiantes.

Otros hallazgos son: LATUX Framework para diseñar, implementar y validar herramientas de aprendizaje en ambientes de tecnología. (Michos,K. et al., 2016). eLAT: Kit de herramientas para

análisis exploratorio y LOCO-Analytics: Learning Object Context Ontology (Prieto, L.P. & et al., 2017)

Analítica visual

Debido a que la mayoría de los docentes no tienen formación en analítica y/o estadística, la analítica visual entra a suplir en parte esa falencia, y es por eso que se ha convertido en algo esencial en los sistemas que soportan Teaching Analytics, como se puede observar en varias de las publicaciones relacionadas. La visualización se entiende como la presentación de información para permitir la comprensión humana. El análisis visual es el razonamiento que ocurre debido a la visualización. Una definición más formal de analítica visual es: "La ciencia del razonamiento analítico facilitado por interfaces visuales interactivas" (Dix, A. et al., 2015).

Varias de las aplicaciones desarrolladas o en pruebas incluyen herramientas de análisis visual, esto es debido a que los no analistas de datos podrían notar un problema destacado en presentaciones entonces eventualmente podría dar aviso, por ejemplo a los docentes para argumentar cambios en planes o entregas académicas.

Aplicaciones como BioWorld (Gauthier, G.,2013), Comin-M y SMALA (Libbrecht, o. et al., 2013) presenta visualmente la información a parte de servir para diseñar pruebas para estudio de casos, también sirven para entrenamiento y autoanálisis.

Incluso (Vatrapu, R.K. et al, 2011) propuso Teaching Analytics como el diseño y evaluación de métodos y herramientas de análisis visual para que los docentes comprendan los procesos de aprendizaje y enseñanza. Sin embargo sabemos hoy que Teaching Analytics no contempla solo el análisis visual sino que es un campo mucho m/as amplio y que la analítica visual es solo una manera de reportar resultados de análisis y estas representaciones visuales de datos mejoran el proceso de toma de decisiones por parte de los docentes.

Muchas de las representaciones visuales se implementan como tableros de control debido a que este artefacto da la posibilidad de tener mucha información en un solo lugar en la cual se podría ver desde el diseño educativo hasta el desarrollo y evaluación del mismo y esto combinado con la experiencia en enseñanza y bases de diseño adecuadas genera lo que (Pantazos, K., et al.,2016) ha llamado un modelo tríadico de la analítica de la enseñanza. Una de las ventajas de usar tableros de control es que con un buen diseño se pueden actualizar en tiempo real dando la posibilidad de que el docente tenga un panorama completo de la situación por ejemplo de un grupo en cualquier momento, una experiencia de este tipo es mostrada en (Vatrapu, R.K. et al, 2013).

Uno de los propósitos del desarrollo de la analítica visual en Teaching y Learning Analytics es para emplear sus técnicas ya desarrolladas en otros dominios para apoyar a los docentes en la toma de decisiones pedagógicas, diagnósticas y dinámicas en clases reales y en tiempo real (Vatrapu, R.K. et al, 2013) como también en el ámbito de la educación en línea. Este último autor señala que la formación en analítica visual se debería convertir en parte integral de la formación docente para que ellos puedan dar evaluaciones formativas y oportunas.

Análisis multimodal

Los datos de rastros digitales producidos por los alumnos al interactuar con los sistemas de formación en línea o VLEs, han sido la principal fuente de datos para el desarrollo de Teaching & Leaning Analytics. Conscientes de esta limitación varios investigadores han desarrollado trabajos para involucrar más variables dentro de este proceso, conformado una fuente de datos más amplia y rica, aprovechando diferentes elementos tecnológicos como: sensores de movimiento, seguimiento ocular, posicionamiento, lectura de emociones por reconocimiento facial, video, audio hasta incluso medidores de temperatura ambiental, presión atmosférica y concentraciones de CO2, como se reporta en (Prieto, L.P. & et al., 2017). A esta tendencia también se le conoce como Analíticas del aprendizaje Multimodal - MMLA por sus siglas en inglés.

Otros trabajos consultados en esta revisión y que se pueden clasificar como investigaciones en análisis multimodal son: (Prieto, L.P. & et al., 2016) en este trabo se reporta el uso de sensores wareables, seguimiento ocular, electro encefalograma, acelerómetro, audio y video. El autor señala que para lograr dar un buen sentido a los datos se requiere la intervención de la pedagogía, psicología, estadística y procesamiento de señales; en un trabajo del mismo investigador anterior pero con otro equipo en 2018, afirmaron que el análisis multimodal ha progresado en los últimos años, pero todavía está lejos del rendimiento que los usuarios finales requieren de las aplicaciones comerciales. Para este último trabajo usaron los siguientes métodos de análisis dependiendo de las variables a analizar: machine learning, redes neuronales recurrentes, random forest y máquinas de soporte vectorial.

En una investigación específica sobre seguimiento ocular (Vatrapu, R.K. et al, 2013) evalúan nueve sistemas de notación visual (medidores de habilidades, emoticones, semáforos, cuadros de temas, histogramas colectivos, nube de palabras, descriptores textuales, tablas y matrices) todas ellas medidos en tres estados: débil, promedio y fuerte, estas medidas corresponden con una representación estática de las variables.

RQ3) ¿Cuáles son los retos actuales en investigación en Teaching Analytics?

5.7 Limitaciones en Teaching Analytics

Se han detectado varias limitaciones en las investigaciones reportadas en Teaching & Learning Analytics. En primer lugar los tiempos en que ocurren las actividades y resultados de evaluación de entregas académicas y sus análisis están muy separados, esto puede conducir a ejecutar correctivos en la planificación y entregas académicas que ya no aplican a las condiciones en que ocurrieron debido a que las condiciones de estructura e identidad grupal cambian con el tiempo (Gersick, 1988) Una herramienta para sincronizar escalas de tiempo académicas es presentada por (Dix, A. et al., 2015) mediante un marco de trabajo que permite el análisis de escalas de tiempo y la sincronización de acciones. Segundo, no hay una semántica general y estándar para el área de Teaching Analytics, conceptos como "En línea", "Aprendizaje colaborativo", "OLM", así como tampoco hay claridad de si los métodos utilizados en los análisis de aprendizaje son aplicables tanto a grandes como a pequeños grupos. Tercero, el rendimiento de los estudiantes se mide en forma muy irregular o simplemente no se mide. Cuarto, las calificaciones son generalmente usadas como una medida de rendimiento pero su efectividad está en duda como parámetro de dicha medida.

5.8 Retos actuales de Teaching Analytics

Se considera a Teaching analytics como un medio para mejorar la enseñanza y el aprendizaje, por lo tanto establecer una medición para el rendimiento y definir la forma estándar de hacerlo es un punto crucial en el avance de este disciplina. Teaching analytics está enfocado principalmente en el análisis de aprendizaje en pequeños grupos (Michos,K. et al., 2016), sin embargo no hay una medida de eficacia desarrollada en grupos pequeños de aprendizaje por lo que aún se considera un área importante de investigación.

Existen algunos otros desafíos que se deben superar para el avance en el desarrollo de Teaching Analytics, por ejemplo, capturar otros datos diferentes a los del registro de seguimiento. Datos de seguimiento electrónico por si solos no suelen ser un registro completo de las interacciones de los participantes (Goggin, et.al. 2012). Se han reportado varios trabajos (Prieto, L.P. & et al., 2016, Barmaki, R & et al., 2015; Vatrapu, R. K., 2012) que complementan los datos de registros a través de análisis multimodal, sin embargo estos son

solo intentos presentados en estudios de caso o pruebas empíricas, se requiere más trabajo en este sentido.

Encontrar la manera de relacionar los datos de seguimiento electrónico con los datos capturados a través de sensores u otros medios como video y el rendimiento, además de los datos suministrados por los planes de entrega de los docentes, requiere de un esfuerzo de la comunidad de investigadores en el área para que la medida de rendimiento de los alumnos y la efectividad de las entregas docentes estén mejor soportadas.

En lo que se refiere al docente, los trabajos actuales concuerdan en que a este se le abre el desafío de nuevos roles en el proceso de enseñanza. No solo dar información sino facilitar el aprendizaje de estrategias de estudio eficaces, cambiar el modelo del discurso magistral, asumir funciones de orientación (Martínez y Ortiz, 2005).

6. REFERENCIAS

1. Barmaki R., Hughes C.E. (2015). Providing real-time feedback for student teachers in a virtual rehearsal environment. ICMI 2015 - Proceedings of the 2015 ACM International Conference on Multimodal Interaction. Pp. 531 – 537. Association for Computing Machinery, Inc.

2. Chounta I.-A., McLaren B.M., Albacete P., Jordan P., Katz S. (2016). Analysis of human-to-human tutorial dialogues: Insights for teaching analytics. CEUR Workshop Proceedings. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 1738. Pp. 09 – 17. CEUR-WS.

3. Dix A., Leavesley J. (2015). Learning analytics for the academic: An action perspective. Journal of Universal Computer Science. Vol. 21. Pp. 48 – 65. IICM.

4. Evansa M.A., Pruett J. (2013). Strategies for leveraging learning game data for middle school mathematics instruction. Workshop Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education, ICCE 2013. Pp. 278 – 285. UHAMKA PRESS.

5. Gauthier G. (2013). Using teaching analytics to inform assessment practices in technology mediated problem solving tasks. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 985. CEUR-WS.

6. Ginon B., Johnson M., Turker A., Kickmeier-Rust M. (2016). An Open Learner Model used by teachers to monitor speed reading learners. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 1738. Pp. 23 – 29. CEUR-WS.

7. Ginon B., Johnson M.D., Turker A., Kickmeier-Rust M. (2016). Helping teachers to help students by using an open learner model. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). 9891 LNCS. Pp. 587 – 590. Springer Verlag.

8. Goggins S.P. (2012). Group informatics: A multi-domain perspective on the development of teaching analytics. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 894.

9. Goggins S.P., Galyen K.D., Petakovic E., Laffey J.M. (2016). Connecting performance to social structure and pedagogy as a pathway to scaling learning analytics in MOOCs: An exploratory study. Journal of Computer Assisted Learning. Vol. 32. Pp. 244 – 266. Blackwell Publishing Ltd.

10. Jang Y.J., Lee G. (2016). Promoting industrial engineering and teaching analytics and optimization with LEGO robotics. CIE 2016: 46th International Conferences on Computers and Industrial Engineering. Computers and Industrial Engineering.

11. Libbrecht P., Kortenkamp U., Rebholz S., Müller W. (2013). Tales of a companion teacher analytics. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 985. CEUR-WS.

12. Libbrecht P., Müller W., Rebholz S. (2015). Smart learner support through semi-automatic feedback. Lecture Notes in Educational Technology. Pp. 129 – 157. Springer International Publishing.

13. Martínez-Monés A., Reffay C., Lécuyer-Cabioch G., Luengo V. (2017). What information do teachers demand from a computerized classroom? An exploratory analysis. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 1925. Pp. 09 – 16. CEUR-WS.

14. Michos K., Hernández-Leo D. (2016). Towards understanding the potential of teaching analytics within educational communities. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 1738. Pp. 01 – 08. CEUR-WS.

15. Müller W., Rebholz S., Libbrecht P. (2017). Automatic inspection of E-portfolios for improving formative and summative assessment. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). Vol. 10108 LNCS. Pp. 480 – 489. Springer Verlag.

16. Pantazos K., Vatrapu R., Hussain A. (2013). Visualizing repertory grid data for formative assessment. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 985. CEUR-WS.

17. Pantazos K., Vatrapu R. (2016). Enhancing the professional vision of teachers: A physiological study of teaching analytics dashboards of students' repertory grid exercises

in business education. Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Vol. 2016-March. Pp. 41 – 50. IEEE Computer Society.

18. Phelps A.L., Szabat K.A. (2017). The Current Landscape of Teaching Analytics to Business Students at Institutions of Higher Education: Who is Teaching What?. American Statistician. Vol. 71. Pp. 155 – 161. American Statistical Association.

19. Prieto L.P., Rodríguez-Triana M.J., Kusmin M., Laanpere M. (2017). Smart school multimodal dataset and challenges. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 1828. Pp. 53 – 59. CEUR-WS.

20. Prieto L.P., Sharma K., Dillenbourg P., Jesús M. (2016). Teaching analytics: Towards automatic extraction of orchestration graphs using wearable sensors. ACM International Conference Proceeding Series. Vol. 25-29-April-2016. Pp. 148 – 157. Association for Computing Machinery.

21. Prieto L.P., Sharma K., Kidzinski Ł., Rodríguez-Triana M.J., Dillenbourg P. (2018). Multimodal teaching analytics: Automated extraction of orchestration graphs from wearable sensor data. Journal of Computer Assisted Learning. Vol. 34. Pp. 193 – 203. Blackwell Publishing Ltd.

22. Saar M., Kusmin M., Laanpere M., Prieto L.P., Ruutmann T. (2017). Work in progress - Semantic annotations and teaching analytics on lecture videos in engineering education. IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON. Pp. 1548 – 1551. IEEE Computer Society.

23. Sampson D. (2017). Teaching and learning analytics to support teacher inquiry. IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON. Pp. 1881 – 1882. IEEE Computer Society

24. Sergis S., Sampson D.G. (2016). Towards a teaching analytics tool for supporting reflective educational (re)design in Inquiry-based STEM Education. Proceedings - IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2016. Pp. 314 – 318. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

25. Sergis S., Sampson D.G. (2017). Teaching and learning analytics to support teacher inquiry: A systematic literature review. Studies in Systems, Decision and Control. Vol. 94. Pp. 25 – 63. Springer International Publishing.

26. Sergis S., Sampson D.G., Rodríguez-Triana M.J., Gillet D., Pelliccione L., de Jong T. (2017). Using educational data from teaching and learning to inform teachers' reflective educational design in inquiry-based STEM education. Computers in Human Behavior. Elsevier Ltd.

27. Suehiro D., Taniguchi Y., Shimada A., Ogata H. (2017). Face-to-Face Teaching Analytics: Extracting Teaching Activities from E-Book Logs via Time-Series Analysis. Proceedings - IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2017. Pp. 267 – 268. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

28. Taniguchi Y., Suehiro D., Shimada A., Ogata H. (2017). Revealing Hidden Impression Topics in Students' Journals Based on Nonnegative Matrix Factorization. Proceedings - IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2017. Pp. 298 – 300. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc..

29. Vatrapu R.K. (2012). Towards semiology of teaching analytics. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 984.

30. Vatrapu R.K., Kocherla K., Pantazos K. (2013). IKlassroom: Real-time, real-place teaching analytics. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 985. CEUR-WS.

31. Vatrapu R., Reimann P., Bull S., Johnson M. (2013). An eye-tracking study of notational, informational, and emotional aspects of learning analytics representations. ACM International Conference Proceeding Series. Pp. 125 – 134.

32. Vatrapu R., Reimann P., Hussain A., Kocherla K. (2013). Towards teaching analytics: Repertory grids for formative assessment (RGFA). Computer-Supported Collaborative Learning Conference, CSCL. Vol. 02. Pp. 422 – 426.

33. Vatrapu R., Tanveer U., Hussain A. (2012). Towards teaching analytics: Communication and negotiation tool (CoNeTo). NordiCHI 2012: Making Sense Through Design -

Proceedings of the 7th Nordic Conference on Human-Computer Interaction. Pp. 775 – 776.

34. Vatrapu R., Teplovs C., Fujita N., Bull S. (2011). Towards visual analytics for teachers' dynamic diagnostic pedagogical decision-making. ACM International Conference Proceeding Series. Pp. 93 – 98.

35. Xu B., Recker M. (2012). Teaching analytics: A clustering and triangulation study of digital library user data. Educational Technology and Society. Vol. 15. Pp. 103 – 115.

36. Zadeh A.H., Schiller S., Duffy K. (2016). Teaching analytics: A demonstration of association discovery with SAS enterprise miner. AMCIS 2016: Surfing the IT Innovation Wave - 22nd Americas Conference on Information Systems. Association for Information Systems.

37. Eckerson, W. W. (2006). Performance dashboards: Measuring, monitoring, and managing your business. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

38. Jourdan, Z., Rainer, R. K., & Marshall, T. E. (2008). Business intelligence: An analysis of the literature. Information Systems Management, 25(2), 121–131.

39. Papamitsiou Z. Economides, A.A. (2014). Learning analytics and educational data mining in practice: A systemic literature review of empirical evidence

40. Okoli, C., & Schabram, K. (2010). A guide to conducting a systematic literature review of information systems research. Sprouts: Working Papers on Information Systems, 10(26). Retrieved from