

Teaching Analytics: Desafíos Actuales y Desarrollo Futuro

Abel A. Castro Hoyos y Juan D. Velásquez, *Senior Member, IEEE*

Title—Teaching Analytics: Current Challenges and Future Development.

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 axes for work were identified: first, integration of learning and teaching analytics; second, multimodal analysis or analysis of data collected by devices in real time in the classroom; third, digital literacy in analytics for teachers; and fourth, planning and evaluation of teaching activities. Several limitations and challenges were found for the advancement of the teaching analytics area, but 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 performance. The most important challenge is the registration and multimodal analysis in real time for the taking of action of the teacher in an immediate form.

Index Terms— Teaching Analytics, Multimodal Analysis, Learning Analytics, Teaching practice.

I. INTRODUCCIÓN

EN este artículo 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 como 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. Esta identificación es el resultado de una clasificación previa de todos los artículos seleccionados para el análisis. La clasificación se hizo con base en el recuento de artículos por cada tema de trabajo, siendo estos los rupos más relevantes en esa clasificación

Con la popularización de los entornos virtuales de aprendizaje (*Virtual Learning Environment*, VLE), los sistemas de gestión del aprendizaje vía web (*Management Learning Environment*, 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 por estos sistemas para la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje. El uso de los VLE y MLE ha 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 [62]. Estos altos volúmenes de información han requerido de las nuevas tecnologías de almacenamiento y procesamiento de información, así como del 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 (*Education Data Mining*, EDM) [4]. Adicionalmente, los datos no son sólo recolectados por los VLE y MLE y 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 a las acciones no solo a los alumnos sino también a los docentes [6][10][24][25]. Aunque se encuentran bastantes trabajos sobre LA, y en los últimos años algunos trabajos que plantean o exploran su integración con la TA, se acepta comunmente 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 datos cualitativos [1].

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

Manuscrito recibido el día de mes de año; revisado día de mes de año; aceptado día de mes de año.

English versión received Month, day-th, year. Revised Month, day-th, year. Accepted Month, day-th, year

A. Castro es estudiante de maestría, Maestría en Ingeniería-Sistemas, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia (e-mail: acastro@unal.edu.co).

J. D. Velásquez es profesor titular en la Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia (e-mail: jdvelasq@unal.edu.co).

(<https://orcid.org/0000-0003-3043-3037>)

--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 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 este trabajo es resolver las siguientes preguntas de investigación:

--RQ1) ¿Cómo se enmarca TA dentro del concepto de LA?

--RQ2) ¿Cuál es la tendencia actual en investigación dentro del campo de TA?

--RQ3) ¿Cuáles son los retos actuales en investigación en TA?

El resto de este documento está organizado de la siguiente manera: En la Sección II se presenta una definición de términos y conceptos sobre TA y LA. En la Sección III se describe el protocolo de investigación. Seguidamente en la Sección IV, se analizan y se discuten los resultados obtenidos. Y, finalmente, en la Sección V, se responden las preguntas de investigación planteadas.

II. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS Y CONCEPTOS

En el desarrollo de las técnicas para hacer frente al reto de obtener información relevante y conocimientos 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 BI para obtener información sobre los estudiantes y sus actividades en línea, surgen dos áreas llamadas minería de datos (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 desconocidos 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*, se definió el término LA como la medición, recopilación, análisis y reporte de datos sobre los estudiantes y sus contextos [54], con el propósito de 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 tanto 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.

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 su 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 ha denominando 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.

Mientras que LA ha sido un campo de investigación cuyo objetivo fundamental ha sido tratar de mejorar el aprendizaje capturando datos de las interacciones activas y pasivas de los estudiantes y analizando posteriormente mediante diversidad de métodos, en cuanto a las tareas del docente han surgido pocas soluciones. El diseño de aprendizaje es una de ellas. Los diseños de aprendizaje (*Learning Design - LD*) también llamados modelos pedagógicos o patrones pedagógicos, son representaciones de la práctica docente. Un diseño de aprendizaje puede actuar como un modelo o plantilla que los docentes pueden replicar en una variedad de contextos educativos. En esencia, los diseños de aprendizaje ayudan a enmarcar la intención y el proceso de la experiencia pedagógica. Los diseños de aprendizaje proporcionan una forma para que un docente documente su intención pedagógica. La conceptualización de la enseñanza como diseño a la enseñanza con capacidad de análisis como diseño, ha permitido ampliar el marco de referencia previamente

publicado para progresar en la investigación y aplicación de prácticas de análisis [46], [47], [48]. Diseñar las actividades de enseñanza previas a las entregas, genera la posibilidad de planear el registro de las variables necesarias según lo que se quiera investigar, tanto de las actividades del docente como del estudiante en el proceso de aprendizaje, lo que permitiría hacer la evaluación de la efectividad del docente y su práctica en forma más efectiva, lo que nos lleva nuevamente a la definición de TA.

La TA se diferencia de LA fundamentalmente en que TA se encarga de evaluar los diseños educativos y las entregas por parte del docente a los alumnos y LA se ocupa de analizar las interacciones y resultados de los alumnos frente a aquellos diseños y entregas, las dos usan datos y métodos analíticos para su tratamiento y estudio, al mismo tiempo y como resultado de una u otra metodología y debido a que los dos ámbitos ocurren al tiempo, tanto una como la otra puede resultar afectada cambiando dinámicamente el accionar de sus actores en pos de conseguir mejores resultados traducidos finalmente en un mejor y más eficiente aprendizaje.

III. PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

En esta investigación se sigue la metodología propuesta 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.

A continuación se describe el protocolo de investigación utilizado. Las fuentes de datos seleccionadas fueron Scopus, IEEEExplore, Google Scholar, ACM Digital Library, además de publicaciones de conferencias y talleres internacionales sobre el tema tales como: LAK, MMLA y LASI, en las cuales se usó la siguiente cadena de búsqueda:

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

Según esta expresión de búsqueda se incluye los títulos, los resúmenes y las palabras clave de los documentos de tal manera que es posible encontrar artículos en los cuales no mencione directamente el tema TA pero que estando en sus palabras clave o resumen se incluyen como candidatos para el presente análisis.

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 referencias a conferencias internacionales que tratan sobre el tema, esta muestra solo un resumen del evento y una enumeración de los trabajos presentados en la misma, en tal caso 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 en 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.
- Capítulos de libros.

Y los siguientes criterios de exclusión:

- Publicaciones escritas en idiomas diferentes al inglés.
- 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 los artículos finalmente seleccionados se recopiló y tabuló toda la información pertinente para esta investigación, entre la que se incluye información bibliográfica y bibliométrica y partes del documento relacionadas con cada pregunta de investigación.

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

En la búsqueda inicial se recuperaron 41 artículos y mediante la depuración manual se llegó finalmente a 38 documentos seleccionados para realizar esta investigación. Estos corresponden a las referencias [1], [6], [7], [8], [10], [11] a [39] y [41] a [44]. De este total, 28 (74%) publicaciones son procedentes de conferencias internacionales, 6 (16%) artículos son procedentes de revistas indexadas y 4 (10%) son capítulos de libro. Las 38 publicaciones seleccionadas aparecen publicadas en 20 fuentes diferentes.

El análisis de la clasificación por áreas muestra que el 55% de las publicaciones pertenecen al área de *Computer Science*. Si se suma la participación de las áreas ciencia de la computación, ingeniería, matemáticas y ciencia de la decisión 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 estas áreas del conocimiento. El resto de los documentos pertenecen a las áreas de economía, psicología, artes y humanidades.

En la Fig. 1 se muestra la cantidad de publicaciones por año. El crecimiento en los tres primeros años fue bastante elevado pasando de un artículo publicado en el 2011 a ocho 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 citas, la [6] tiene 19 citas, la [26] tiene 6 citas, y las restantes tienen 5 citas o menos (21 de ellas no han sido citadas).

En los artículos seleccionados se utilizan como palabras claves 320 términos diferentes, sin embargo, se pudieron descubrir y recuperar nuevos artículos relevantes a partir de una búsqueda en sitios y foros de comunidades relacionadas

con el tema. En la Fig. 2 se presenta el histograma de frecuencia de las palabras clave.

En la Fig. 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 que se concentra la investigación en TA.

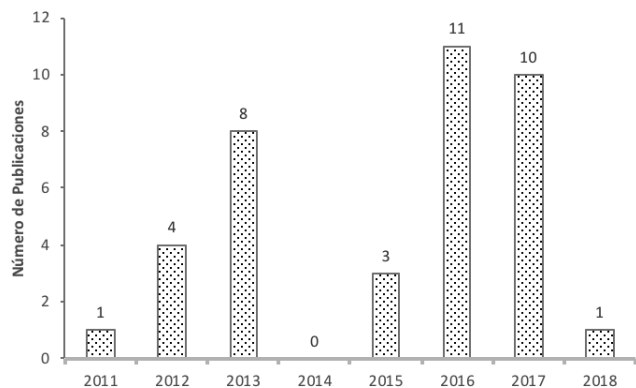


Figura 1. Número de publicaciones por año.

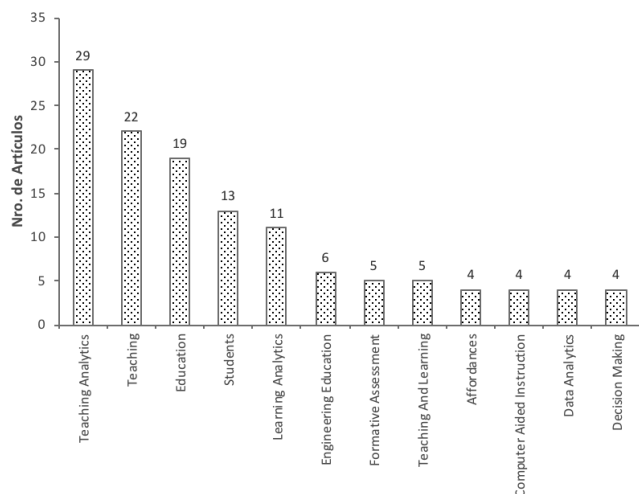


Figura 2. Términos clave en los documentos seleccionados.

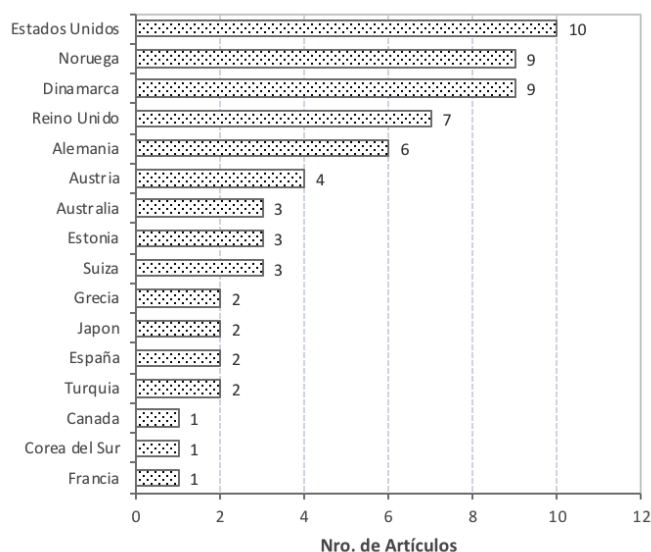


Figura 3. Número de publicaciones por país de origen.

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 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 dos 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.

V. DISCUSIÓN

A continuación se responden las preguntas de investigación propuestas.

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

Al analizar la documentación seleccionada para responder esta pregunta de investigación, se decidió abordar la respuesta desde cuatro ejes: (1) La integración de LA y TA [1],[11]-[23]; (2) El análisis multimodal [6], [10] [24] [25]; (3) La alfabetización en LA y TA para maestros [17], [25]-[28]; y (4) La planeación y evaluación de actividades de enseñanza [8], [13], [16]-[19], [25], [29]-[32], [34], [35].

Estos cuatro ejes de trabajo son el resultado de una clasificación previa de todos los artículos seleccionados para el análisis. La clasificación se hizo con base en el recuento de artículos por cada tema de trabajo, siendo estos los cuatro grupos más relevantes en esa clasificación.

1) Integración de TA y LA

Muchos de los trabajos encontrados están enfocados en este

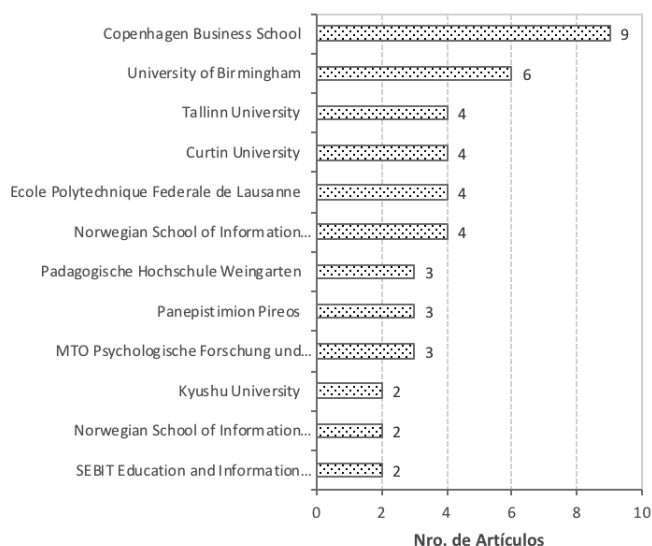


Figura 4. Número de publicaciones por institución de afiliación.

tópico [11]-[20], [22], [23]. Algunos autores señalan la posibilidad de poner los métodos implementados en LA al servicio de TA mediante propuestas de integración de modelos, en donde se plantea el trabajo conjunto de expertos en enseñanza, en analítica visual y en diseño; por ejemplo, en [11] se plantea un modelo triadico de TA en donde se analizan los datos generados por las actividades de los estudiantes en tiempo real, mediante herramientas visuales y se toman acciones correctivas por parte del profesor. En [12] y [23] se presenta el diseño de una herramienta para TA que permite hacer un análisis visual de los diseños educativos existentes en ambientes de aprendizaje; en dicho trabajo se plantea como trabajo futuro la extensión de la herramienta para combinar la evaluación del diseño educativo con los datos generados a partir de la interacción entre los alumnos y el sistema, con el fin de posibilitar mayores análisis y mejorar la experiencia de los docentes y de los alumnos.

También se encontraron diferentes propuestas para el uso de los datos académicos para el beneficio tanto de estudiantes como de docentes, donde particularmente se enfatiza que la siguiente generación de sistemas deben integrar simultáneamente herramientas de LA y TA [13]. De esta misma forma, se ha señalado que contar con herramientas computacionales no es suficiente, y es necesario un discurso explícito que fomente la discusión en pro de las mejoras de las prácticas educativas [14].

Debido a lo poco explorado de este tema, también hay interés por parte de los docentes en saber cómo y cuándo usar TA y LA, de acuerdo a las experiencias reportadas por otros investigadores. Es por esto, que algunos autores han investigado como es la comunicación de las prácticas y los hallazgos en grupos pequeños de docentes [15]; como resultado se ha corroborado que sí existe un interés por conocer los diseños y evaluación de métodos ejecutados por los pares, además de encontrar que los docentes que apenas se inician pueden beneficiarse claramente de saber los pro y contra de la implementación de estas prácticas por otros docentes.

Otra tendencia corresponde al análisis de las formas de aprendizaje de los alumnos, lo que finalmente implica evaluar si se logró el aprendizaje como tal. En este contexto, se desean usar las herramientas de analítica para adquirir conocimientos sobre el desempeño de los alumnos con el fin de poder mejorar los diseños instruccionales. Por ejemplo, en [16] se usan las publicaciones en modo texto que los estudiantes de un curso específico hacen en sus diarios de campo, y en las cuales se expresan libremente su opinión o reflexión sobre el aprendizaje de la semana, el cual es utilizado para introducir mejoras en el curso.

Un esfuerzo muy notable en la búsqueda de la integración entre TA y LA es la propuesta presentada en [17] en la que se elabora un protocolo basado en los siguientes pasos: (1) Identificación del problema de investigación desde el punto de vista de TA; (2) Definición de un protocolo de recopilación y análisis de datos; (3) Diseño de la actividad docente; (4) Realización de la práctica; (5) Análisis de los datos

recopilados; y (6) Mejora de las actividades docentes a partir de los resultados obtenidos.

En este sentido, se pretende también que los datos provenientes de los alumnos no solo sirvan para análisis del aprendizaje sino también como fuente de información para planear y evaluar las actividades académicas de los docentes. Entre las investigaciones encontradas se resalta el uso de anotaciones en videos en entregas académicas [18]; el uso de métodos visuales para hacer entrega de resultados de análisis y como herramienta reflexiva para alumnos y docentes [19]; la aplicación de TA en tiempo real usando datos sobre la ubicación de los alumnos; y el análisis de emociones [20].

Encontramos trabajos en los cuales se plantea explorar la relación entre LD y LA para diseñar experiencias de aprendizaje de calidad, por ejemplo [46] propone aprovechar los diseños de enseñanza para evaluar como aprenden los alumnos dentro de un contexto previsto. Si hay éxito esos diseños se convierten en modelos o plantillas que se pueden usar incluso en otros contextos, si estos modelos son documentados en un formato común como propone [48], servirían como fuente de inspiración para diseñadores y educadores al momento de crear contenidos de cursos. [48] propone también crear un repositorio de patrones con funciones de búsqueda y que puedan ser usados por la comunidad.

El uso de los ambientes MOOC para impartir cursos a posibilitado recolectar grandes volúmenes de datos y a permitido a muchos investigadores aplicar métodos de analítica para tratar de comprender el comportamiento de los alumnos en estos ambientes, sin embargo a pesar de mucha analítica no hay evidencia de efectividad [55][58], es por esto que como apoyo para la comunidad de investigadores o para quienes quieran aplicar analíticas para mejorar las metodologías de diseño de enseñanza y aprendizaje, se ha creado el "Centro de evidencia" por (*Learning Analytics Community Exchange*, LACE). Este centro ofrece un sitio en donde se puede investigar y filtrar la evidencia disponible. La clasificación previa de evidencia ayudaría a seleccionar y aplicar analíticas que han aportado alguna evidencia de éxito. Hay cuatro ejes de clasificación de la evidencia. El uso del sitio está documentado en [57].

A principios del siglo XXI no se tenían previstos desarrollos tan rápidos en dispositivos como celulares, sensores, uso masivo de la analítica ni redes sociales. La entrada de todos estos elementos en escena ha cambiado o deshecho las predicciones de la época en muchos ámbitos incluidos los métodos de enseñanza y aprendizaje. Una de las predicciones que hace LACE por ejemplo para el año 2025 es que no se requerirán profesores como tal y en vez de eso se generarán grupos de estudio con interés comunes y en vez de maestros se tendrán mentores que con los datos recolectados de cada individuo, a través de sensores presentes en todo, seguimiento a las actividades personales y algunas características psicológicas recolectadas a través de esos mismos medios, podrán hacer recomendaciones personalizadas para mejorar el aprendizaje. [56]

Este panorama ofrece una visión optimista en donde se ofrecerán servicios a profesores, alumnos e instituciones sobre los diseños o métodos adecuados de aprendizaje y que sirven para tomar decisiones, cambio de métodos e inversiones. En todo caso el papel de los maestros se verá reducido.

Son notables los esfuerzos de la comunidad por tratar de alinear los hallazgos en investigación en LD con LA, muestras de esto lo encontramos por ejemplo en [58], [60]. En [58] se muestran los resultados de los un conjunto de datos grande (sesenta mil estudiantes en 157 cursos), uno de los objetivos de este trabajo es mostrar que la combinación de LD y LA ayuda a mejorar el contexto para datos empíricos y permite a la comunidad investigar empíricamente las decisiones de LD. Por otro lado, en una revisión de diez años de trabajos en investigación e implementación en la Open Universidad (OU) (UK) [60], sobre las implicaciones que tiene LD en los procesos de aprendizaje y enseñanza, se ha estado descubriendo la complejidad de las prácticas de instrucción acompañada de evidencia conceptual y empírica de los efectos de LD en el aprendizaje.

Recientemente en OU, se ha revelado el impacto que tiene los análisis semana a semana, en donde se usan modelos estadísticos avanzados, análisis de redes sociales y visualizaciones. Se puede predecir según [60] entre un 40% y un 69% los resultados de cada alumno para la semana siguiente y con base en esto se pueden planificar las actividades respectivas. El objetivo final es poder vincular las actividades de diseño con lo que realmente están haciendo los estudiantes.

2) Análisis multimodal

Los métodos de TA y LA se han enfocado casi siempre a escenarios de aprendizaje en línea o en enseñanza semipresencial; como fuente de datos se usa la información proveniente de la interacción de alumnos y de docentes. También se sabe que hay una gran cantidad de información que resulta de las actividades presenciales o incluso estados emocionales que no se han tenido en cuenta en forma sistemática para lograr una comprensión más profunda y real de estos procesos. 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 obtener información útil para el análisis del proceso enseñanza-aprendizaje en tiempo real es el alto costo de la codificación manual por parte de los investigadores [6]. En [6] se exploran las técnicas de aprendizaje automático para extraer las acciones de enseñanza durante la presentación, las cuales son recolectadas en audio o video, o mediante dispositivos como sensores de seguimiento ocular o acelerómetros. Estas técnicas tienen un alto porcentaje de precisión, y aunque los resultados se basan en un número reducido de pruebas, se convierten en una opción muy atractiva para la captura de datos multimodales que pueden ser usados en el análisis de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Así mismo, 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 [24].

En [10] se reporta el uso del software experimental *TeachLive* que permite la retroalimentación del docente en tiempo real respecto a su comunicación no verbal, buscando una mayor transmisión de señales abiertas y afirmativas; los resultados experimentales muestran una mejora significativa en el desempeño de los docentes durante las sesiones posteriores. El software captura diferentes tipos de datos multimodales tales como tiempo de intervención y comportamientos no verbales; así mismo permite el seguimiento del cuerpo completo del docente y la grabación en video de la clase; durante el experimento, hay una indicación visual que advierte al docente cuando adoptaba una postura defensiva o cerrada.

Por otra parte, en [25] se ha propuesto un marco conceptual para el desarrollo de herramientas que permitan la investigación y análisis de la enseñanza y el aprendizaje considerando aspectos como dimensiones cognitivas, representaciones, visualizaciones interactivas, análisis visual y anotaciones emocionales.

3) Alfabetización en LA y TA para maestros

A pesar de que el analfabetismo de los docentes en analítica, situación que es reconocida por varios investigadores por ejemplo en [47], es tal vez una de las mayores debilidades en la cadena de integración de TLA, aún existen 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 una de las principales limitaciones para difusión y masificación de TLA, a tal punto que en [17] se presenta un tutorial de entrenamiento de introducción a LA y TA para que los docentes mejoren sus procesos de evaluación de los materiales educativos y reflexionen sobre la incorporación de nuevas herramientas y aproximaciones al proceso de enseñanza-aprendizaje. Las evidencias recopiladas demuestran que la experiencia acumulada junto con el uso frecuente de medios tecnológicos aumenta la efectividad de los docentes en uso de herramientas como los recursos en línea [26] [28].

Una de las posibilidades para 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, esta sugerencia se plantea también en [47] el cual autor asegura que para lograr la enseñanza como diseño se requieren de estas herramientas. Temas como análisis de redes sociales, sistemas de recomendación, minería de datos educativos, análisis de asociaciones y visualización serían de mucha utilidad para prepararlos en el uso de las herramientas propias de LA y TA. Ya hay experiencias en este sentido con estudiantes de mercadeo [27].

4) Planeación y evaluación de actividades de enseñanza

Aunque el campo de investigación de la LA 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. Es así como se han intentado desarrollar marcos de trabajo que permitan mejorar las actividades de diseño de cursos, mediante la integración de diferentes herramientas de LA y TA [13], [17], [20]. En este sentido se han desarrollado varios instrumentos de apoyo como por ejemplo, los tableros de control interactivos [29], [19], [31]; 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; mientras que para los docentes, dichas herramientas facilitan la evaluación de la formación a los estudiantes y sirven como retroalimentación para refinar sus planes de instrucción en los cursos.

La evaluación del desempeño del docente durante cada sesión es fundamental para la autorreflexión y mejora de los planes y materiales académicos a usar en las siguientes; más allá de los resultados de los alumnos en las evaluaciones formales, está el hecho de saber si hubo un aprendizaje real y realizar su medición. Es por eso que se han realizado diferentes investigaciones con el fin de medir el aprendizaje real del estudiante y modificar las sesiones siguientes. Por ejemplo, en [16] se evalúan los comentarios escritos por los estudiantes mediante minería de texto con el fin de descubrir impresiones comunes sobre las entregas de algún tema específico y que permiten saber a los docentes cuales conceptos fueron entendidos y cuales no y esto permite mejorar continuamente los planes y las entregas en clase. En [30] se realiza la evaluación y análisis del proceso de enseñanza, y el seguimiento del avance de los alumnos mediante el monitoreo de *E-books*, a través de técnicas de series de tiempo y aprendizaje de máquinas.

También se identificó como tendencia, la captura de anotaciones en tiempo real sobre videos grabados en el desarrollo de las clases, tal que el docente pueda revisar dichas anotaciones posteriormente y definir acciones de mejora [18]. Otra propuesta en este sentido es el uso de análisis de *scripts* resultantes de los guiones de la preparación de materiales académicos en los cuales se supone hay algunas intenciones pedagógicas por monitorear [36]. Por otra parte, en la enseñanza a través de juegos hay una gran oportunidad de recopilar datos de interacción a través de los dispositivos utilizados por los mismos; la información recolectada puede ayudar a los docentes a tomar decisiones de cambio en sus planes, entregar a los estudiantes comentarios personalizados y evaluar el aprendizaje real de los alumnos [32]. En [33] y [37] se ejemplifica el análisis del proceso de enseñanza-aprendizaje; en [33] se usa robótica LEGO para ejemplificar sistemas de fabricación, mientras que en [37] se presenta un prototipo para inspección automática de e-portafolios usando métodos analíticos y análisis semántico, para apoyar a los docentes en la evaluación de las entregas de los estudiantes.

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

Se encontraron tres líneas de investigación: analítica visual [11], [13], [14], [15], [19], [28], [31], análisis multimodal [10]

[18] [20] [21] [22] [24] [25] [38], y diseño y evaluación de aplicaciones (software, frameworks, herramientas) [10] [14] [15] [19] [24] [28] [29] [32] [34] [35] [39] [41], las cuales son analizadas a continuación.

a) *Diseño y evaluación de aplicaciones (software, frameworks, herramientas)*

Los trabajos analizados buscan desarrollar herramientas que apoyen la mejora y la automatización de actividades que tienen que ver con TA y su integración con LA. Aunque en su mayoría, estas publicaciones reportan los resultados 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 Unión Europea cuyo objetivo principal es proporcionar, mediante investigación y desarrollo, el soporte computacional y metodológico para docentes y estudiantes [20], [25], [29].

Algunas herramientas, haciendo uso del análisis de datos y de la captura de señales en ambientes multimodales, son utilizadas para entrenamiento de docentes sin experiencia o incluso para la evaluación orientada a la mejora de su desempeño en sus entregas de planes académicos. Por ejemplo, *TeachLive* [10] [39] se presenta una guía explícita para generar diálogos tutoriales personalizados; esta guía puede ser usada cuando se diseñan aplicaciones en las cuales los docentes están retroalimentando a sus estudiantes. *CandyFactory* es una aplicación para enseñanza de matemáticas basado en juegos [32]. *BioWorld CaseBuilder* es una aplicación para el entrenamiento de estudiantes de medicina y médicos principiantes; en ella, se presentan los casos de pacientes (hipótesis del problema, pruebas, signos vitales) con representaciones visuales para mejorar el proceso de toma de decisiones y los alumnos siguen cualquier secuencia que desee para resolver el caso [19]. En [42] se realiza una encuesta sobre los elementos que los docentes requieren para llevar a cabo tareas de planeación y análisis dentro y fuera de la clase. En [12] y [23] se presenta el diseño y evaluación preliminar de una herramienta para TA que está basada en el método de enseñanza (*science, technology, engineering y mathematics, STEM*), este método está compuesta por laboratorios virtuales y en línea, talleres y guías para tareas. Todas las herramientas descritas apoyan la conexión entre TA y LA y permiten que los docentes puedan analizar y reflexionar sobre sus prácticas en términos de proveer una guía efectiva usando datos educativos de estudiantes.

b) *Analítica Visual*

Debido a que la mayoría de los docentes no tienen formación en analítica o estadística, la interpretación visual de gráficos puede ayudar a suplir en parte esa falencia, y es por eso que la analítica visual se ha convertido en algo esencial en los sistemas que soportan TA. La visualización se entiende como la presentación de información mediante gráficos y representaciones visuales que permiten la comprensión humana de forma intuitiva, mientras que el análisis visual es el

razonamiento que ocurre debido a la visualización [13]. De esta forma, el uso de gráficos y visualizaciones interactivas permitirían tanto la comprensión, como el diseño y la evaluación, por parte de los docentes, de procesos de enseñanza-aprendizaje, con las consiguientes ganancias en todo el proceso [11]; de esta forma, los docentes podrían tomar decisiones pedagógicas, diagnósticas y dinámicas en clases presenciales [20] como también en educación en línea. Más aún, la visualización posibilita la facilitación del descubrimiento de hechos y aspectos que pueden, inclusive, justificar cambios en planes o entregas académicas.

En la literatura analizada se encontró que muchas de las representaciones visuales se implementan como tableros de control debido a que este artefacto da la posibilidad de visualizar mucha información de forma compacta, facilitando la interpretación del docente, como es el caso de *BioWorld* [19], *Comin-M* y *SMALA* [28]. Los tableros de control podrían contener desde el diseño educativo hasta el desarrollo y evaluación del mismo, y esto, combinado con la experiencia en enseñanza y bases de datos adecuadas genera lo que en [29] se ha llamado un modelo triadico de la analítica de la enseñanza. Una de las ventajas de usar tableros de control es la posibilidad de actualización en tiempo real dando la posibilidad de que el docente tenga un panorama completo de la situación en cualquier momento [20].

c) *Tendencia actual en 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 usada en TA y LA. Conscientes de esta limitación varios investigadores han desarrollado trabajos para involucrar más variables dentro de este proceso, conformando una fuente de datos más amplia y rica. Esto se ha realizado mediante el aprovechamiento de diferentes elementos tecnológicos como sensores de movimiento, seguimiento ocular, posicionamiento, lectura de emociones por reconocimiento facial, video, audio y hasta incluso medidores de temperatura ambiental, presión atmosférica y concentraciones de CO₂ [24]. A esta tendencia también se le conoce como analíticas de aprendizaje multimodal (MMLA). En [6] se reporta el uso de sensores *incrustados en las prendas de vestir*, seguimiento ocular, electroencefalogramas, acelerómetros, grabadoras de audio y video, con el fin de recolectar información significativa que pueda ser usada para el análisis de las clases; para analizar la información generada se requiere la intervención de expertos en pedagogía, psicología, estadística y procesamiento de señales. En [21] se evalúan nueve sistemas de notación visual entre los que se cuentan medidores de habilidades, emoticones, semáforos, cuadros de temas, histogramas colectivos, nube de palabras, descriptores textuales, tablas y matrices.

El análisis automático de interacciones entre docentes y alumnos es un problema de computación social y puede ocurrir en línea o presencial [53]. Con el auge de la formación en línea y a través de video existe una posibilidad de poder medir y evaluar múltiples variables de seguimiento mediante

el uso de videos interactivos [49], estos se pueden implementar incluso con herramientas de uso libre. Mediante el análisis multimodal se puede saber por ejemplo el estado emocional de estudiantes el cual ha demostrado ser un factor clave para el aprendizaje exitoso, [51] propone por ejemplo un panel de control EMODA que monitorea las emociones del estudiante mediante un análisis contextual y afectivo permitiendo comprender mejor su evolución en actividades de aprendizaje. Estas visualizaciones pueden facilitar la retroalimentación y la toma de decisiones para tutorías en línea y mejorar las relaciones entre docentes y alumnos.

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

1) *Limitaciones en Teaching Analytics*

Se han detectado varias limitaciones en las investigaciones reportadas en TA y TLA. En primer lugar, los tiempos en que ocurren las actividades y los 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 [43]. Una herramienta para sincronizar escalas de tiempo académicas es presentada por [13] mediante un marco de trabajo que permite el análisis de escalas de tiempo y la sincronización de acciones.

En segundo lugar, no hay una semántica general y estándar para el área de TA; existe confusión en la definición de términos tan comunes como "En línea", "Aprendizaje colaborativo", "OLM", que aunque no son problemas específicos de TA deberían definirse en forma específica para esta área del conocimiento. En tercer lugar, el rendimiento de los estudiantes se mide en forma muy irregular o simplemente no se mide. Y en cuarto lugar, las calificaciones son generalmente usadas como una medida de rendimiento pero su efectividad está en duda como parámetro de dicha medida. Todos estos problemas no son propios de TA como tal pero si afectan su estudio o investigación.

2) *Retos Actuales en Teaching Analytics*

Se considera a TA como un medio para mejorar la enseñanza y el aprendizaje, por lo tanto establecer una medición para el rendimiento que aunque no sea un problema propio de TA y definir la forma estándar de hacerlo es un punto crucial en el avance de esta disciplina. TA parece estar enfocado principalmente en el análisis de aprendizaje en pequeños grupos [15]; 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 TA; por ejemplo, capturar otros datos diferentes a los del registro de seguimiento; por ejemplo, los datos de seguimiento electrónico por si solos no suelen ser un registro completo de las interacciones de los participantes [44]. Se han reportado varios trabajos [6], [10] [25] que complementan los datos de registros a través de análisis multimodal, pero estos son solo intentos presentados en

estudios de caso o pruebas empíricas, y claramente se requiere más trabajo en este sentido.

Tampoco es claro como 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, se 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, en los cuales no solo se limita a dar información sino también a facilitar el aprendizaje mediante nuevas estrategias, a cambiar el modelo del discurso magistral, a asumir funciones de orientación, etc. [45].

REFERENCIAS

- [1] S. Sergis, and D. G. Sampson, "Teaching and learning analytics to support teacher inquiry: A systematic literature review," *Studies in Systems, Decision and Control*, vol. 94, pp. 25–63, 2017.
- [2] W. W. Eckerson, *Performance dashboards: Measuring, monitoring, and managing your business*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2006.
- [3] Z. Jourdan, R. K. Rainer and T. E. Marshall, "Business intelligence: An analysis of the literature," *Information Systems Management*, vol. 25, no. 2, pp. 121–131, 2008.
- [4] Z. Papamitsiou and A. A. Economides, "Learning analytics and educational data mining in practice: A systemic literature review of empirical evidence," *Educational Technology and Society*, vol. 17, no. 4, pp. 49–64, 2014.
- [5] C. Romero, S. Ventura, and E. García, "Data mining in course management systems: Moodle case study and tutorial," *Computers and Education*, vol. 51, no. 1, pp. 368–384, 2007.
- [6] L. P. Prieto, K. Sharma, P. Dillenbourg, and M. J. Rodriguez, "Teaching analytics: Towards automatic extraction of orchestration graphs using wearable sensors," in *ACM International Conference Proceeding Series*. Aprl. 2016, pp. 148–157.
- [7] S. McKenney, and Y. Mor, "Supporting teachers in data-informed educational design," *British Journal of Educational Technology*, vol. 46, no. 2, pp. 265–279, 2015.
- [8] L. Lockyer, E. Heathcote, and S. Dawson, "Informing pedagogical action: Aligning learning analytics with learning design," *American Behavioral Scientist*, vol. 57, no. 10, pp. 1439–1459, 2013.
- [9] C. Okoli, and K. Schabram, "A guide to conducting a systematic literature review of information systems research," *SSRN Electronic Journal*, vol. 10, 2010.
- [10] R. Barmaki and C.E. Hughes, "Providing real-time feedback for student teachers in a virtual rehearsal environment," in *ICMI 2015 - Proceedings of the 2015 ACM International Conference on Multimodal Interaction*, 2015, pp. 531–537.
- [11] R. Vatrappu, C. Teplovs, N. Fujita, and S. Bull, "Towards visual analytics for teachers' dynamic diagnostic pedagogical decision-making," in *ACM International Conference Proceeding Series*, 2011, pp. 93–98.
- [12] S. Sergis, and D. G. Sampson. "Towards a teaching analytics tool for supporting reflective educational (re)design in Inquiry-based STEM Education," in *Proceedings - IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT, 2016*, pp. 314–318.
- [13] A. Dix, and Jeavesley, "Learning analytics for the academic: An action perspective," *Journal of Universal Computer Science*, vol. 21, no. 1, pp. 48–65, 2015.
- [14] R. K. Vatrappu, K. Kocherla, and K. Pantazos, "IKlassroom: Real-time, real-place teaching analytics," in *CEUR Workshop Proceedings*, 2013, vol. 985.
- [15] K. Michos, and D. Hernández-Leo, "Towards understanding the potential of teaching analytics within educational communities," in *CEUR Workshop Proceedings*, 2016, vol. 1738, pp. 01–08.
- [16] Y. Taniguchi, D. Suehiro, A. Shimada, and H. Ogata, "Revealing Hidden Impression Topics in Students' Journals Based on Nonnegative Matrix Factorization," in *Proceedings - IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2017*, 2017, pp. 298–300.
- [17] D. Sampson, "Teaching and learning analytics to support teacher inquiry," in *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, 2017, pp. 1881–1882.
- [18] M. Saar, M. Kusmin, M. Laanpere, L. P. Prieto, and T. Ruutmann, "Work in progress - Semantic annotations and teaching analytics on lecture videos in engineering education," in *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, 2017, pp. 1548–1551.
- [19] G. Gauthier, "Using teaching analytics to inform assessment practices in technology mediated problem solving tasks," in *CEUR Workshop Proceedings*, 2013, vol. 985.
- [20] R. Vatrappu, P. Reimann, S. Bull, and M. Johnson, "An eye-tracking study of notational, informational, and emotional aspects of learning analytics representations," in *ACM International Conference Proceeding Series*, 2013, pp. 125–134.
- [21] R. Vatrappu, P. Reimann, A. Hussain, K. Kocherla, "Towards teaching analytics: Repertory grids for formative assessment (RGFA)," in *Computer-Supported Collaborative Learning Conference, CSCL*, 2013, vol. 02, pp. 422–426.
- [22] S. P. Goggins, K. D. Galyen, E. Petakovic, and J. M. Laffey, "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, 2016.
- [23] S. Sergis, D. G. Sampson, M. J. Rodríguez-Triana, D. Gillet, L. Pelliccione, T. de Jong, "Using educational data from teaching and learning to inform teachers' reflective educational design in inquiry-based STEM education," *Computers in Human Behavior*, article in press, 2017.
- [24] L. P. Prieto, M. J. Rodríguez-Triana, M. Kusmin, and M. Laanpere, "Smart school multimodal dataset and challenges," in *CEUR Workshop Proceedings*, 2017, vol. 1828, pp. 53–59.
- [25] R. K. Vatrappu, "Towards semiology of teaching analytics," in *CEUR Workshop Proceedings*, 2012, vol. 984.
- [26] B. Xu, and M. Recker. "Teaching analytics: A clustering and triangulation study of digital library user data," *Educational Technology and Society*, vol. 15, no. 3, pp. 103–115, 2012.
- [27] A. H. Zadeh, S. Schiller, and K. Duffy, "Teaching analytics: A demonstration of association discovery with SAS enterprise miner," in *AMCIS 2016: Surfing the IT Innovation Wave - 22nd Americas Conference on Information Systems*, 2016.
- [28] P. Libbrecht, U. Kortenkamp, S. Rebholz, and W. Muller, "Tales of a companion teacher analytics," in *CEUR Workshop Proceedings*, 2013, vol. 985.
- [29] K. Pantazos, and R. Vatrappu, "Enhancing the professional vision of teachers: A physiological study of teaching analytics dashboards of students' repertory grid exercises in business education," in *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2016, pp. 41–50.
- [30] D. Suehiro, Y. Taniguchi, A. Shimada, and H. Ogata, "Face-to-Face Teaching Analytics: Extracting Teaching Activities from E-Book Logs via Time-Series Analysis," in *Proceedings - IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2017*, 2017 pp. 267–268.
- [31] K. Pantazos, R. Vatrappu, and A. Hussain, "Visualizing repertory grid data for formative assessment," in *CEUR Workshop Proceedings*, 2013, vol. 985.
- [32] M. A. Evansa, and J. Pruet, "Strategies for leveraging learning game data for middle school mathematics instruction," in *Workshop Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education, ICCE 2013*, 2013, pp. 278–285.
- [33] Y. J. Jang, and G. Lee, "Promoting industrial engineering and teaching analytics and optimization with LEGO robotics," in *CIE 2016: 46th International Conferences on Computers and Industrial Engineering*, 2016.
- [34] B. Ginon, M. Johnson, A. Turker, and M. Kickmeier-Rust, "An Open Learner Model used by teachers to monitor speed reading learners," in *CEUR Workshop Proceedings*, 2016, vol. 1738, pp. 23–29.
- [35] B. Ginon, M. D. Johnson, A. Turker, and M. Kickmeier-Rust, "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)*, vol. 9891 LNCS, pp. 587–590, 2016.

- [37] M. J. Rodríguez-Triana, A. Martínez-Monés, J. I. Asensio-Pérez, Y. Dimitriadis "Scripting and monitoring meet each other: Aligning learning analytics and learning design to support teachers in orchestrating CSDL situations," *British Journal of Educational Technology*, vol. 46, no. 2, pp. 330–343, 2015.
- [38] W. Muller, S. Rebholz, and P. Libbrecht, "Automatic inspection of E-portfolios for improving formative and summative assessment," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 10108 LNCS, pp. 480–489, 2017.
- [39] L. P. Prieto, K. Sharma, L. Kidzinski, M. J. Rodríguez-Triana, and P. Dillenbourg, "Multimodal teaching analytics: Automated extraction of orchestration graphs from wearable sensor data," *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 34, no. 2, pp. 193–203, 2018.
- [40] I.-A. Chounta, B. M. McLaren, P. Albacete, P. Jordan, and S. Katz, "Analysis of human-to-human tutorial dialogues: Insights for teaching analytics," in *CEUR Workshop Proceedings*, 2016, vol. 1738. pp. 09–17.
- [41] A. Martínez-Monés, C. Reffay, G. Lecuyer-Cabioch, and V. Luengo, "What information do teachers demand from a computerized classroom? An exploratory analysis," in *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 1925, 2017, pp. 09–16.
- [42] R. Vatrappu, T. Tanveer, and A. Hussain, "Towards teaching analytics: Communication and negotiation tool (CoNeTo)," in *NordiCHI 2012: Making Sense Through Design - Proceedings of the 7th Nordic Conference on Human-Computer Interaction*, 2012, pp. 775–776.
- [43] P. Libbrecht, W. Muller, and S. Rebholz, "Smart learner support through semi-automatic feedback," *Lecture Notes in Educational Technology*, pp. 129–157, 2015.
- [44] C. J. G. Gersick, "Time and transition in work teams: Toward a new model of group development," *The Academy of Management Journal*, vol. 31, no. 1, pp. 9–41, 1988.
- [45] S. P. Goggins, "Group informatics: A multi-domain perspective on the development of teaching analytics," in *CEUR Workshop Proceedings*, 2012, vol. 894.
- [46] T. Martínez, and A. Ortiz, "La acción tutorial en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior," *Educación y Educadores*, vol. 8, pp. 123–143, 2005
- [47] L. Lockyer, S. Dawson, "Learning Design and Learning Analytics" in *ACM International Conference Proceeding Series, LAK-2011*. March.2011, pp. 153–156.
- [48] S.S.J. Alhadad, K. Thompson, S.Knight, M. Lewis and J.M. Lodge, "Analytics-Enabled Teaching as Design: Reconceptualisation and Call Research" in *ACM International Conference Proceeding Series, LAK-2018*. March.2018, pp. 427–435.
- [49] K. Kitto, M. Lupton, K. Davis and Z. Water, "Designing for student-facing learning analytics" in *Australasian Journal of Educational Technology*, pp. 152-168, 2017
- [50] A. Kleftodimos and G. Evangelidis, "An interactive video-based" learning environment that supports learning analytics for teaching 'Image Editing' " in *ACM International Conference Proceeding Series, LAK-2016*. April.2016, pp. 26-33.
- [51] Z. ZU and E. Woodruff, "Person-Centred Approach to Explore Learner's Emotionality in Learning within a 3D Narrative Game" in *ACM International Conference Proceeding Series, LAK-2017*. March 2017.
- [52] M. Ez-Zaouia and E. Lavoué, "EMODA: a Tutor Oriented Multimodal and Contextual Emotional Dashboard" in *ACM International Conference Proceeding Series, LAK-2017*. March 2017, pp. 26-33.
- [53] G. Kavitha and L. Raj, "Educational Data Mining and Learning Analytics – Educational Assistance for Teaching and Learning" in *International Journal of Computer & Organization Trends (IJCOT)*. March.2017, pp. 21-25.
- [54] C. Thomas, "Multimodal Teaching and Learning Analytics for Classroom and Online Educational Settings" in *ACM International Conference Proceeding Series, LAK-2018*. October 2018, pp. 542-545.
- [55] 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge 2011 <https://solaresearch.org>
- [56] Ferguson, Rebecca (2016). Learning at Scale: Using an Evidence Hub To Make Sense of What We Know. In: *L@S '16 Proceedings of the Third (2016) ACM Conference on Learning @ Scale*, ACM, New York.
- [57] Ferguson, Rebecca; Brasher, Andrew; Clow, Doug; Griffiths, Dai and Drachsler, Hendrik (2016). Learning Analytics: Visions of the Future. In: *6th International Learning Analytics and Knowledge (LAK) Conference*, 25-29 Apr 2016, Edinburgh, Scotland.
- [58] Ferguson, Rebecca and Clow, Doug (2016). Learning Analytics Community Exchange: Evidence Hub. In: *6th International Learning Analytics and Knowledge (LAK) Conference*, 25-29 Apr 2016, Edinburgh, Scotland.
- [59] Toeteneel, Lisette and Rienties, Bart (2016). Analysing 157 learning designs using learning analytic approaches as a means to evaluate the impact of pedagogical decision-making. *British Journal of Educational Technology*, 47(5) pp. 981–992.
- [60] Nguyen, Quan; Tempelaar, Dirk; Rienties, Bart and Giesbers, Bas (2016). What learning analytics-based prediction models tell us about feedback preferences of students. *Quarterly Review of Distance Education*, 17(3) pp.13–33.
- [61] Rienties, Bart; Nguyen, Quan; Holmes, Wayne and Reedy, Katharine (2017). A review of ten years of implementation and research in aligning learning design with learning analytics at the Open University UK. *Interaction Design and Architecture(s)*, 33 pp. 134–154.
- [62] Britain, Sandy and Liber, Oleg. "A framework for the pedagogical evaluation of eLearning Environments." (2004). *Educational Cybernetics: Reports*. Paper 2.



Juan D. Velásquez (M'14–SM'14). He received the Bs. degree in civil engineering in 1994, the MS degree in Systems Engineering in 1997, and the PhD degree in Energy Systems in 2009, all of them from the Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. During 1994–1999, he worked for electricity utilities and consulting companies within the power sector. He joined the Universidad Nacional

de Colombia, Medellín, Colombia, in 2000 and became a Full Professor of Computer Science in 2012. During 2004–2006, he was an Associate Dean (Research) and he is currently the head of the Computing and Decision Science Department and director of the Publishing Center of Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. His current research interests and publications are in the areas of simulation, modeling, optimization, and forecasting in energy markets; nonlinear time-series analysis and forecasting using statistical and computational intelligence techniques; numerical optimization using metaheuristics; analytics and data science. He is head of the Big Data & Data Analytics research, category A in Colciencias, at the Universidad Nacional de Colombia. Dr. Velásquez is member of the International Institute of Forecasters, USA, and Senior Member of the IEEE, USA. Currently taught courses in computational modeling of electricity markets and corporate finance and energy derivatives in the postgraduate program of energy markets; and time series forecasting, data science, machine learning, big data, at the postgraduate program of Analytics; all of them with a strong emphasis in Python and R programming.



Abel A. Castro Hoyos. He received the Bs degree in Chemical Engineering in 1992 of the Universidad de Antioquia, he is a Master's student in Systems Engineering from the Universidad Nacional de Colombia, both universities in Medellín Colombia. During 1993-2000, he worked for renowned companies in the chemical and fertilizer production sectors in Medellín Colombia. He joined the National

University of Colombia as a professor of extension courses in programming languages such as: Visual Basic, Visual FoxPro and introduction to databases, during the period from October 2001 to June 2003. Since 2000, Since 2000 he has worked as an independent software developer using different platforms and programming languages, his main focus are the applications made to measure in sectors such as the chemical, oil and textile industry. His main interests when doing his masters studies are the science of data, analytics, big data, time series applied to forecasts the same as machine learning and the learning and practice of Python and R languages.