

Analíticas de aprendizaje para el seguimiento y la evaluación. La Ciencia de Datos aplicada a la educación

Autoría: Juan Pedro Cerro Martínez, Montse Guitert Catasús y Teresa Romeu Fontanillas

El encargo y la creación de este recurso de aprendizaje UOC han sido coordinados por la profesora: Teresa

Romeu Fontanillas

PID_00296795

Primera edición: septiembre 2023

Introducción

1. Las analíticas del aprendizaje

- 1.1. Introducción
- 1.2. Qué son y qué aportan
- 1.3. Tipología de analítica

2. Cómo evaluar utilizando las analíticas del aprendizaje

- 2.1. Introducción
- 2.2. Fases de aplicación de las analíticas del aprendizaje
- 2.3. El caso de la UOC: Herramienta DIANA para el seguimiento y evaluación de actividades colaborativas
- 2.4. El caso de la Open University: Herramienta EAI de análisis predictivo

3. Una mirada crítica sobre las analíticas de aprendizaje

Bibliografía

Introducción

«Los *datos* son una cosa preciosa y durarán más tiempo que los propios sistemas».

Tim Berners-Lee

La **Ciencia de Datos** es un término abierto aplicable a un gran número de disciplinas, y lo entendemos como el conjunto de técnicas y principios que regulan la recopilación y medición de datos sobre un determinado proceso. En el ámbito específico de la educación, nos referimos al proceso de enseñanza y de aprendizaje mediante el cálculo de indicadores y métricas que permitan interpretar los resultados del fenómeno objeto de estudio, el proceso a través del cual los estudiantes construyen conocimiento significativo de manera conjunta.

Un claro ejemplo de aplicación de la Ciencia de Datos en el ámbito educativo es la predicción del rendimiento académico de los estudiantes, gracias a la construcción de modelos predictivos en base a datos históricos con el objetivo de detectar el fracaso o el abandono de los estudiantes antes de que ocurra; y al emprendimiento de medidas correctoras que se basan en el conocimiento adquirido en el análisis de los modelos de datos. Otro ejemplo de aplicación es la personalización del aprendizaje, tanto en contenidos didácticos como en actividades de evaluación e itinerarios formativos. De este modo, se consigue mejorar la experiencia de los estudiantes al aumentar su rendimiento y al facilitar la adquisición de los objetivos curriculares.

En la Sociedad de la Información y el Conocimiento, recientemente bautizada con el nombre de **Sociedad de la Inteligencia Artificial**, los datos y el uso que se hace de ellos cobran una gran relevancia. La Inteligencia Artificial (IA) es la combinación de algoritmos planteados con el propósito de crear máquinas que presenten las mismas capacidades que el ser humano que, a su vez, han sido generados por las propias personas para generar productos de conocimiento (escritos, orales o en formato de video).

Es importante destacar que, si bien la mejora en los algoritmos y el manejo de grandes cantidades de datos puede ofrecer más oportunidades en el uso de la IA (Chat GPT), también es esencial tener en cuenta las limitaciones que esta tecnología presenta, dado que tomar decisiones informadas sobre el uso de la IA en la educación requiere una comprensión clara de su naturaleza y de sus limitaciones.

Sin embargo, es aún más importante la explotación o «minado» de estos datos con diversos fines como, por ejemplo, descubrir patrones en ellos que nos ayuden a comprender un fenómeno; o bien para comprobar teorías científicas y construir modelos que nos ayuden a predecir el comportamiento de un sistema; entre otros. Es por este motivo que la Ciencia de Datos se retroalimenta de un conjunto de disciplinas relacionadas (figura 1), que a continuación describiremos.

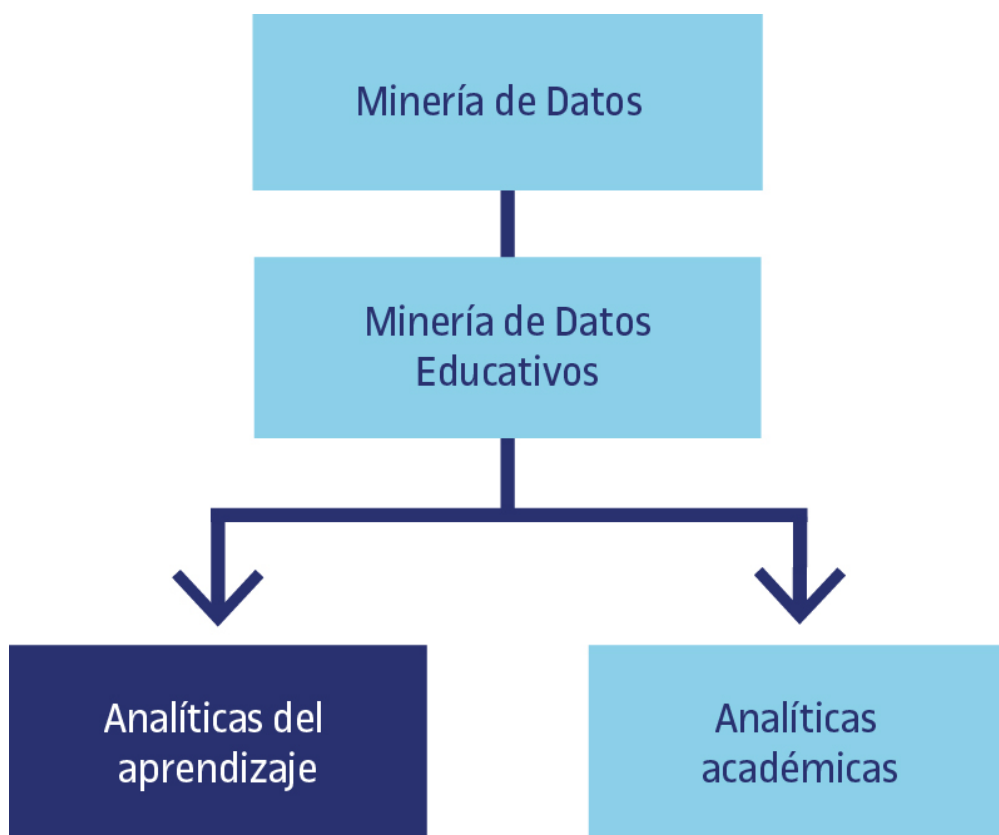


Figura 1. Disciplinas relacionadas con la Ciencia de Datos
Fuente: elaboración propia

La **Minería de Datos** (*Data Mining*) es una disciplina de la que algunos investigadores ya hablaban en la década de los ochenta. Desde sus inicios fue considerada como un campo de investigación de carácter técnico-matemático, puesto que se centraba en el uso de técnicas algorítmicas para la detección de patrones y la obtención de información, más allá de las de carácter estadístico-descriptivo para la extracción de información relevante y aparentemente opaca que se encuentra dentro de los datos. Dichos datos se recogen y se almacenan por medios telemáticos y digitales.

Entendemos la Minería de Datos como el campo relacionado con el empleo de grandes cantidades de datos para apoyar el descubrimiento de información novedosa y potencialmente útil. También puede ser definida como una disciplina que permite descubrir información de una potencial utilidad en un gran número de datos. Sin embargo, la aplicación de determinadas herramientas y metodologías propias de la Minería de Datos en el contexto educativo es lo que se conoce como **Minería de Datos Educativos** (*Educational Data Mining*). Esta extracción de información de los datos en entornos educativos permite poner a prueba las teorías del aprendizaje y permite obtener información sobre las prácticas educativas.

Con la Minería de Datos Educativos podemos alcanzar diversos objetivos: por un lado, la información obtenida se puede vincular con técnicas analíticas y modelos predictivos para mejorar la toma de decisiones en las instituciones educativas. Este uso recibe el nombre de **analíticas académicas** (*Academic Analytics*) y las podemos describir como la aplicación de la inteligencia de negocios para el área del aprendizaje. Pero lo que motiva el presente material es el enfoque pedagógico, en el que emerge la disciplina de las **analíticas del aprendizaje** (*Learning Analytics*) y sus aplicaciones (Minguillón *et al.*, 2014). Es decir, se pretende analizar toda la información que el estudiante en línea proporciona a través de sus acciones cuando interacciona con los agentes del proceso educativo, aplicando metodologías adecuadas y seleccionando la información necesaria para conocer su desarrollo cuando desempeña actividades de aprendizaje de tipo colaborativo. Esta idea radica en la necesidad de facilitar el seguimiento de los estudiantes por parte del profesorado y en la de evaluar este tipo de actividades de aprendizaje en entornos en línea (Cooper y Khosravi, 2018).

En el ámbito educativo superior, las técnicas de Minería de Datos han estimulado poderosos movimientos, entre los cuales destaca particularmente las analíticas del aprendizaje (Buckingham y Deakin, 2016; Ferguson *et al.*, 2016). Algunos investigadores consideran que las analíticas del aprendizaje son herramientas que ofrecen información sobre los procesos de interacción entre los estudiantes (Caballé y Clarisó, 2016), mientras que otros autores (Gañán *et al.*, 2017) las consideran más como un servicio que monitoriza el progreso de los procesos de enseñanza y aprendizaje en línea a través de sistemas y aplicaciones de aprendizaje virtual (*e-learning*). De hecho, uno de los retos a los que se enfrenta el profesorado es la interpretación de cuadros de mandos que monitorizan datos sobre el rendimiento de los estudiantes (Herodotou *et al.*, 2023).

Para concluir con la contextualización de las analíticas del aprendizaje y su vinculación con las disciplinas descritas anteriormente, se ha de remarcar la contribución de Long y Siemens (2011), que identifican los rasgos comunes entre las analíticas del aprendizaje, las analíticas académicas y la Minería de Datos Educativos a través de la figura 2.



Figura 2. Aspectos comunes de las disciplinas AA, LA y EDM
 Fuente: Adaptación a partir de Long y Siemens, 2011

Como aspectos comunes más relevantes de la anterior figura, los autores destacan que las tres disciplinas ofrecen un enfoque centrado en el uso de los datos, una búsqueda del éxito del estudiante, la ayuda a la toma de decisiones y a la planificación, y una contribución de base para la investigación de campo. El reto se encuentra en contrarrestar la idea que el profesorado tiene en torno a las analíticas del aprendizaje de que a menudo se le da prioridad a la producción de datos sobre la actividad del estudiante más que en apoyar el aprendizaje de estos.

Los entornos de aprendizaje en línea posibilitan el registro de todas las interacciones que se producen entre los estudiantes a través de grandes bases de datos. Dichos datos por sí mismos no tienen significado hasta que no se les otorga sentido, se analizan, se resumen y, finalmente, se utilizan para alcanzar unos objetivos o metas concretos. En este contexto emergen nuevas disciplinas que se encargan del estudio de los datos y de la forma en la que pueden ser relacionados entre sí para comprender mejor la realidad pasada, presente o, incluso, su predicción. Este es el caso de las analíticas del aprendizaje.

1. Las analíticas del aprendizaje

1.1. Introducción

Existen investigaciones que integran la dimensión pedagógica y la tecnológica, es decir, aquellas en las que las herramientas tecnológicas dan respuesta a necesidades pedagógicas reales. Pese a lo comentado, son menos las que diseñan, integran y validan la aportación favorable de una herramienta tecnológica concreta al servicio de necesidades educativas, más aún cuando algunas voces (Clow y Ferguson, 2017; Jo y Park, 2015) señalan una falta de evidencia en algunos usos de la tecnología, como las analíticas del aprendizaje, ya que favorecen el soporte que desde la universidad se da al profesorado y a los estudiantes para mejorar las condiciones del aprendizaje.

Es en este contexto donde detectamos una serie de necesidades pedagógicas relacionadas con el seguimiento y la evaluación de actividades colaborativas en línea con el propósito de desarrollar una herramienta tecnológica de analíticas del aprendizaje que aporte información al docente, que le permita tomar decisiones y reconducir la enseñanza para alcanzar los objetivos académicos propuestos en el itinerario curricular.

La diseminación de los datos que registran la interacción entre los estudiantes en los entornos tecnológicos en línea, junto con la complejidad de las interacciones que allí se producen, dificultan la evaluación de esas mismas necesidades. En este sentido, el hecho de disponer de una herramienta que proporcione datos automáticos, que hasta ahora el profesorado tenía que recopilar manualmente, puede facilitarles la tarea para que se dediquen a otras de carácter más cualitativo a la hora de efectuar el seguimiento y evaluación de esas interacciones.

En el contexto de la educación en línea mediada por las TIC, en el que se fomenta cada vez más el trabajo colaborativo y la interacción de los estudiantes de múltiples formas, el proceso de seguimiento y evaluación por parte del docente supone un auténtico reto. Al tratarse de entornos en línea, las analíticas de aprendizaje pueden aportar información al docente con la finalidad de facilitar su tarea académica.

1. Las analíticas del aprendizaje

1.2. Qué son y qué aportan

En este sentido, las analíticas del aprendizaje son una tendencia tecnológica emergente que ha sido ampliamente fundamentada a nivel conceptual, aunque no tanto en el contexto empírico, puesto que existen estudios de caso centrados en implementaciones de soluciones técnicas de analíticas del aprendizaje específicas de cada entorno. Sin embargo, las investigaciones que conceptualizan indicadores genéricos aplicables a la mayoría de los contextos educativos se dan en un menor grado, al igual que se echan en falta metodologías para el seguimiento de la interacción y la comunicación que guía el proceso de desarrollo del estudiante (Tió *et al.*, 2011).

Las **analíticas del aprendizaje** son un conjunto de técnicas y metodologías para la mejora del aprendizaje por medio de las TIC. Dichas técnicas facilitan la comprensión de las necesidades de los estudiantes y se nutren de otras disciplinas que también facilitan este cometido. La Sociedad para la Investigación en Analíticas del Aprendizaje (SoLAR), que se constituyó posteriormente al primer Congreso Internacional de Analíticas del Aprendizaje y el Conocimiento del 2011 (LAK 2011), adoptó la siguiente definición de las analíticas del aprendizaje:

«Las analíticas del aprendizaje son la medición, recopilación, análisis e informe de los datos sobre los estudiantes y sus contextos, con el fin de comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en los que se produce».

(Siemens, 2013, pág. 1382)

Los estudios que abordan el impacto que tiene en el contexto educativo el uso de las analíticas del aprendizaje se centran, sobre todo, en los modelos para desplegar y las metodologías que se deben seguir. En este sentido, Baker y Yacef (2009) caracterizan las analíticas mediante su aplicación en cinco áreas principales:

- Predicción
- Agrupación
- Explotación de relaciones
- Destilación de datos para el juicio humano
- Descubrimiento con modelos

Sin embargo, Bienkowski *et al.* (2012) identifican otras áreas de aplicación muy semejantes:

- Modelar el conocimiento, el comportamiento y la experiencia del usuario
- Crear perfiles de usuarios
- Modelar dominios de conocimiento
- Análisis de tendencias
- **Personalización** y adaptación

La última área identificada (personalización del aprendizaje) apoya la idea de que no todos los estudiantes tienen las mismas necesidades y aprenden del mismo modo, lo que conlleva el uso de las analíticas del aprendizaje como vehículo para ofrecer una retroalimentación personalizada y efectiva al estudiante. Este es el desafío que supone proporcionar una respuesta significativa sobre los logros de los estudiantes y el seguimiento de la progresión de los mismos a lo largo del tiempo (Cooper y Khosravi, 2018).

1. Las analíticas del aprendizaje

1.3. Tipología de analítica

Cuando se hace referencia al concepto de análisis de datos, debemos identificar a qué tipo de análisis hacemos referencia. Existen cuatro tipos principales: análisis descriptivo, análisis diagnóstico, análisis predictivo y análisis prescriptivo (figura 3):

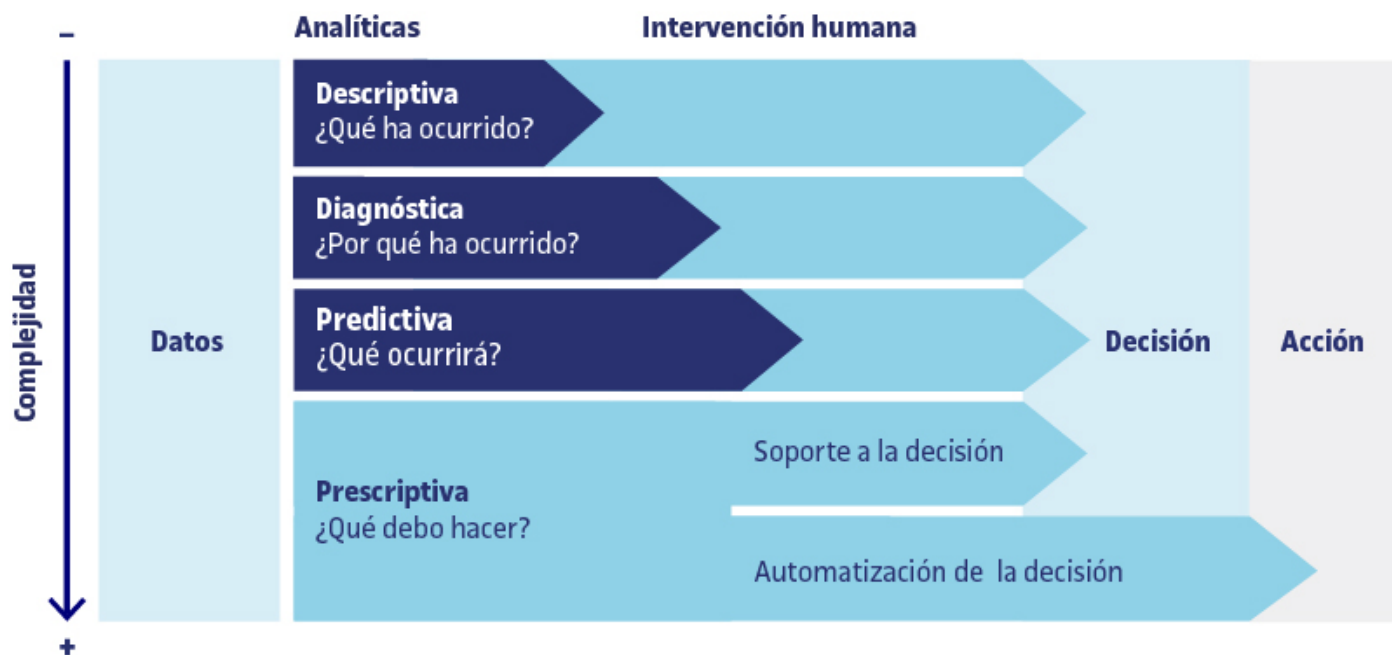


Figura 3. Diferentes tipos de análisis de datos

Fuente: elaboración propia

- La **analítica descriptiva** se encarga de revisar los datos que han sido registrados sobre un determinado fenómeno para, posteriormente, resumirlos empleando medidas estadísticas que nos ayuden a comprender qué ha ocurrido y cómo se ha producido el fenómeno.
- La **analítica diagnóstica** usa los elementos descriptivos para comprender por qué se ha producido un determinado resultado o se ha dado un comportamiento específico.
- La **analítica predictiva** se ocupa de predecir qué ocurrirá si se reproducen las condiciones en las cuales un fenómeno actúa.
- Finalmente, la **analítica prescriptiva** establece pautas de actuación para obtener un resultado específico que se persigue conseguir cuando se dan las condiciones oportunas.

Veamos un ejemplo de ellas aplicadas al análisis del índice de abandono de los estudiantes que cursan una asignatura en línea:

- La **analítica descriptiva** nos mostraría información sobre el número de veces que un estudiante se conecta al campus, cada cuánto tiempo lo hace, cuáles son sus calificaciones medias de las actividades de evaluación, el número de mensajes que ha enviado a sus compañeros, etc.
- La **analítica diagnóstica** nos permitiría conocer las causas del bajo rendimiento de determinados estudiantes, basándonos en la información que la analítica descriptiva nos hubiera proporcionado.
- La **analítica predictiva** nos ayudará a calcular la probabilidad de que un estudiante abandone la asignatura en función de su nivel de desempeño, mediante el uso de determinados patrones de comportamiento que, en el pasado, han evidenciado el mismo resultado.
- La **analítica prescriptiva** ayudará a definir marcos procedimentales para que el personal docente actúe frente a determinadas situaciones que le ayuden a facilitar el proceso de aprendizaje del estudiante y, de este modo, ayudarle a cumplir sus objetivos académicos.

Las principales oportunidades de las analíticas del aprendizaje como disciplina son el desvelar y contextualizar la información oculta hasta ahora en los datos educativos y prepararla para las diferentes partes interesadas. No obstante, existen dos objetivos fundamentales de las analíticas (figura 5): la **reflexión** sobre las evidencias del aprendizaje (vertiente descriptiva) y la **predicción**

futura en base a los datos y patrones detectados (vertiente predictiva). Podríamos plantearnos algunas preguntas derivadas de cada uno de los objetivos especificados, de esta forma, para el **objetivo descriptivo o reflexivo** las preguntas que las analíticas del aprendizaje resuelven son las siguientes:

- ¿Qué ha ocurrido?
- ¿Cuánto, cuándo y dónde?
- ¿Dónde está exactamente el problema?
- ¿Qué acciones son necesarias realizar?

En contrapartida, las preguntas derivadas del **objetivo predictivo** de las analíticas del aprendizaje se muestran a continuación:

- ¿Por qué está ocurriendo eso?
- ¿Qué sucederá si la tendencia continúa?
- ¿Qué ocurrirá después?
- ¿Qué es lo mejor que podría ocurrir?

Para enriquecer la contextualización de las analíticas del aprendizaje es interesante destacar que son una gran aportación en el marco de regulación de la Competencia Digital Docente. Esto ocurre porque en una de sus áreas (Área 4. Evaluación y retroacción) incide especialmente, puesto que las analíticas del aprendizaje son muy útiles para encontrar evidencias del aprendizaje. Una vez se han obtenido un conjunto de datos de los estudiantes mediante el uso de las tecnologías digitales, posibilita que el personal docente pueda analizar, organizar e interpretar estos datos, tanto individualmente como en forma grupal (figura 4).

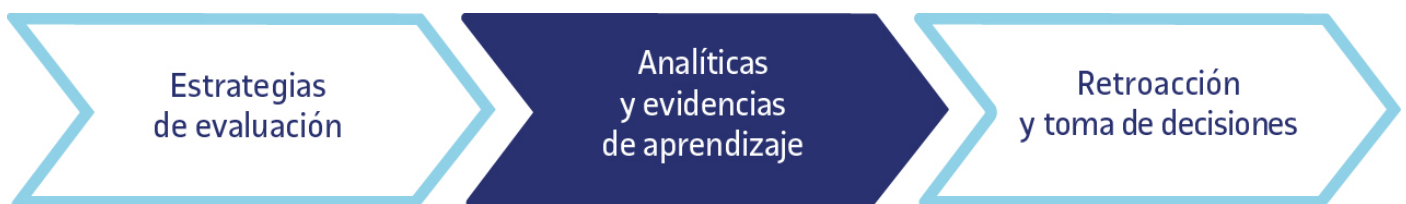


Figura 4. Contextualización de la competencia digital en el proceso de evaluación

Fuente: Adaptación a partir de la ponencia del GTTA para la actualización del MRCDD. Creative Commons BY-SA 4.0

2. Cómo evaluar utilizando las analíticas del aprendizaje

2.1. Introducción

Las analíticas del aprendizaje no pueden entenderse desde la perspectiva de la Ciencia de Datos sin considerar tanto la **teoría** como el **diseño**, de la misma manera que evidencia la figura 5, en la que se muestran las tres dimensiones que deben ser consideradas según Gašević, Joksimović y Kovanović (2017) en la aplicación de las analíticas del aprendizaje:

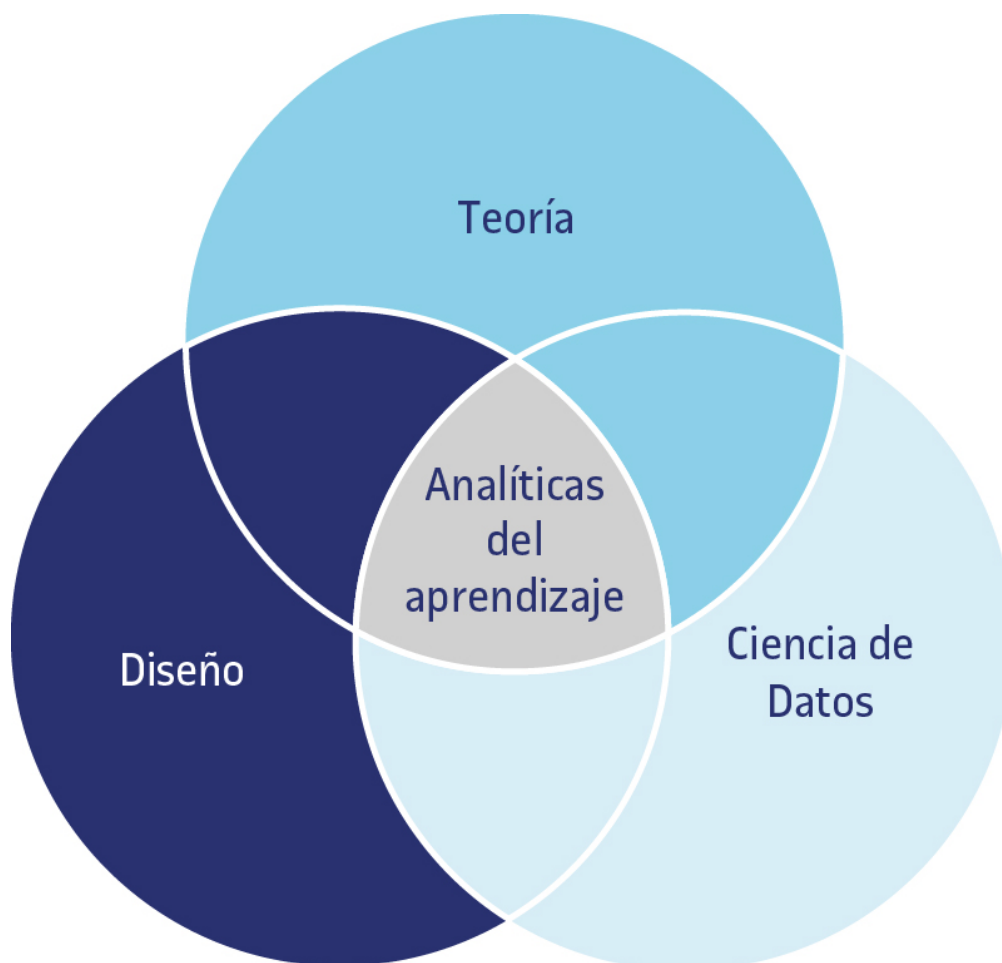


Figura 5. Modelo consolidado de las analíticas del aprendizaje
Fuente: Gašević, Kovanović y Joksimović, 2017

En este modelo consolidado de las analíticas del aprendizaje se establece que para obtener resultados efectivos en este campo se deben tener presente tres dimensiones: la teoría, el diseño y la Ciencia de Datos.

Al referirnos al concepto **teoría** se hace alusión a los elementos conceptuales esenciales a ser considerados en un proceso de análisis del aprendizaje, tales como los fundamentos de la enseñanza y el aprendizaje, y la educación en un sentido más amplio. Al respecto, cabe destacar que tener en consideración las condiciones internas y externas del aprendizaje (diseño de instrucción, motivación de los estudiantes, conocimientos previos, etc.) resulta fundamental para una correcta interpretación de los resultados obtenidos.

Esta dimensión teórica de las analíticas del aprendizaje se refiere a la elección de las metodologías adecuadas para el diseño de las investigaciones y los procedimientos para el análisis de los datos. La consideración de esta dimensión en el modelo consolidado propuesto permite comprobar si son válidas las relaciones o asociaciones entre los resultados del aprendizaje y las conclusiones extraídas de las trazas o rastros digitales que genera la actividad del estudiante.

Otra de las dimensiones que integran las analíticas del aprendizaje es la del **diseño**. Con esta hacemos referencia a tres aspectos que deben tenerse en cuenta para una correcta aplicación de las analíticas. En primer lugar, el **diseño de la visualización e interacción**, como un elemento que facilite la interpretación de los datos con el objetivo de causar un efecto potenciador del aprendizaje. En segundo lugar, destacamos el **diseño del aprendizaje**, para seleccionar aquella información que es relevante y los métodos adecuados para su análisis. De lo contrario, los posibles modelos predictivos del rendimiento de los estudiantes pueden no tener efectos significativos sobre la práctica docente (Gašević *et al.*, 2016). Finalmente, debe considerarse el **diseño de la investigación**, como un elemento definitorio para establecer el marco teórico, la recogida de información, la metodología utilizada, el análisis de los datos, etc.

2. Cómo evaluar utilizando las analíticas del aprendizaje

2.2. Fases de aplicación de las analíticas del aprendizaje

Elias (2011) propone un método, vigente hoy día y seguido por la mayoría de autores, para la aplicación de las analíticas del aprendizaje en siete fases que se pueden agrupar en función de cada caso. Las fases son las siguientes:

- **Seleccionar:** Identificar las necesidades de información y los datos para recopilar.
- **Capturar:** Consiste en la recolección de los datos que deben analizarse provenientes de cualquier sistema y en cualquier formato, lo que nos obliga a pensar que el verdadero reto es la normalización de esos datos para que puedan tratarse y combinarse transversalmente con las herramientas diseñadas a tal efecto.
- **Analizar y resumir:** Esta fase requiere el uso de técnicas de estadística descriptiva básica, síntesis de datos, detección de patrones o similares, para la presentación de los resultados obtenidos de un modo elaborado. Esto puede incluir representaciones visuales en modo gráfico, por ejemplo.
- **Predecir:** La posesión de conocimiento sobre un determinado fenómeno puede ser utilizada para el diseño de modelos para predecir determinados resultados cuando en un escenario concreto se observan unas tendencias u otras. Generalmente, serán los algoritmos los encargados de realizar estas predicciones, ya que este proceso puede ser extremadamente complejo. No obstante, ante las actuales limitaciones propias de las analíticas del aprendizaje para el análisis de determinados aspectos cualitativos sobre el desempeño de los estudiantes, es aconsejable que la predicción sea llevada a cabo por parte del profesorado implicado en el proceso educativo.
- **Usar:** Si las instituciones educativas o el equipo docente dispone de la información adecuada y también de las predicciones de futuro sobre un determinado contexto, es conveniente pasar a la acción emprendiendo acciones preventivas que ayuden al estudiante a alcanzar sus objetivos, eliminando los riesgos que la predicción muestra a corto plazo.
- **Refinar:** Esta fase es importante a la par que necesaria, puesto que todo proceso metodológico no está exento de cambios en el escenario en el que se aplica ni de la aparición de nuevas variables a en consideración. Por este motivo, la revisión y actualización de los procedimientos es imprescindible como iniciativa de mejora constante e iterativa.
- **Compartir:** Difundir los resultados a los interesados (estudiantes y/o profesorado) en el formato más adecuado posible (visual/textual).

Si seguimos el proceso de Elias (2011) y lo comparamos con el continuo de conocimiento de Baker (2007), los **datos** se **seleccionan** y se **capturan**, después, se transforman en **información** cuando le otorgamos significado al **agruparlos, clasificarlos** y **resumirlos**. La información se transforma en **conocimiento** si **se analiza** y **se resume**, por lo que podemos elaborar **predicciones** sobre el rendimiento del individuo. Finalmente, este conocimiento llega al estadio de **sabiduría** si la empleamos para **actuar** sobre los procesos de trabajo colaborativo, **refinamos** y perfeccionamos todo lo que no nos ha servido para facilitar la tarea de seguimiento y **compartimos** las experiencias con otros contextos similares.

Podríamos considerar que la disciplina de las analíticas del aprendizaje tiene un fuerte componente tecnológico, y así es para las primeras cuatro etapas del método de aplicación de las analíticas que acabamos de describir. No obstante, en el resto de etapas del método propuesto, el papel del docente es crucial en este proceso, ya que será él quien interprete los valores y les otorgue un significado, de tal modo que esté en condiciones de realizar un seguimiento y evaluación del estudiante basada en las evidencias del aprendizaje.

2. Cómo evaluar utilizando las analíticas del aprendizaje

2.3. El caso de la UOC: Herramienta DIANA para el seguimiento y evaluación de actividades colaborativas

Un caso de éxito relacionado con el uso de las analíticas del aprendizaje involucró a la Universitat Oberta de Catalunya, como institución educativa superior que adoptó una perspectiva desde la Ciencia de Datos de carácter educativo para el análisis de la información del entorno de aprendizaje en el cual se desarrollan los grados y másteres que imparte.

Esta experiencia se desarrolló entre los años 2021 y 2024, y su objetivo fue evidenciar el impacto que producen las analíticas del aprendizaje tanto para los estudiantes como para el profesorado cuando llevan a cabo actividades colaborativas en línea, concretamente, actividades de discusión en línea asíncronas (Debates Virtuales).

1. Selección de la información necesaria

El profesorado universitario necesita obtener información sobre sus estudiantes en la actividad de Debate Virtual de sus asignaturas pero, en muchos casos, esta es una tarea ardua que conlleva un tiempo considerable, todavía más cuando el número de estudiantes del aula es elevado. La información que requiere el profesorado es relativa al rendimiento y al proceso de aprendizaje del estudiante con objeto de tomar decisiones de un modo rápido y efectivo (Gkontzis *et al.*, 2019), pero no toda la información es igual de relevante ni se refiere al mismo aspecto observable del fenómeno estudiado.

Este fue el motivo por el cual fue necesaria la creación de un modelo jerárquico que clasificara los datos en diferentes niveles de conocimiento, como apuntaba Baker (2007), y que presentara los datos al profesorado, de tal modo, que les facilitara la comprensión de la naturaleza de las interacciones que los estudiantes llevan a cabo durante el proceso de aprendizaje, así como su rendimiento en la actividad de evaluación. Se identificaron cuatro tipos de factores clave: los datos, las métricas, los indicadores y las categorías (figura 6).

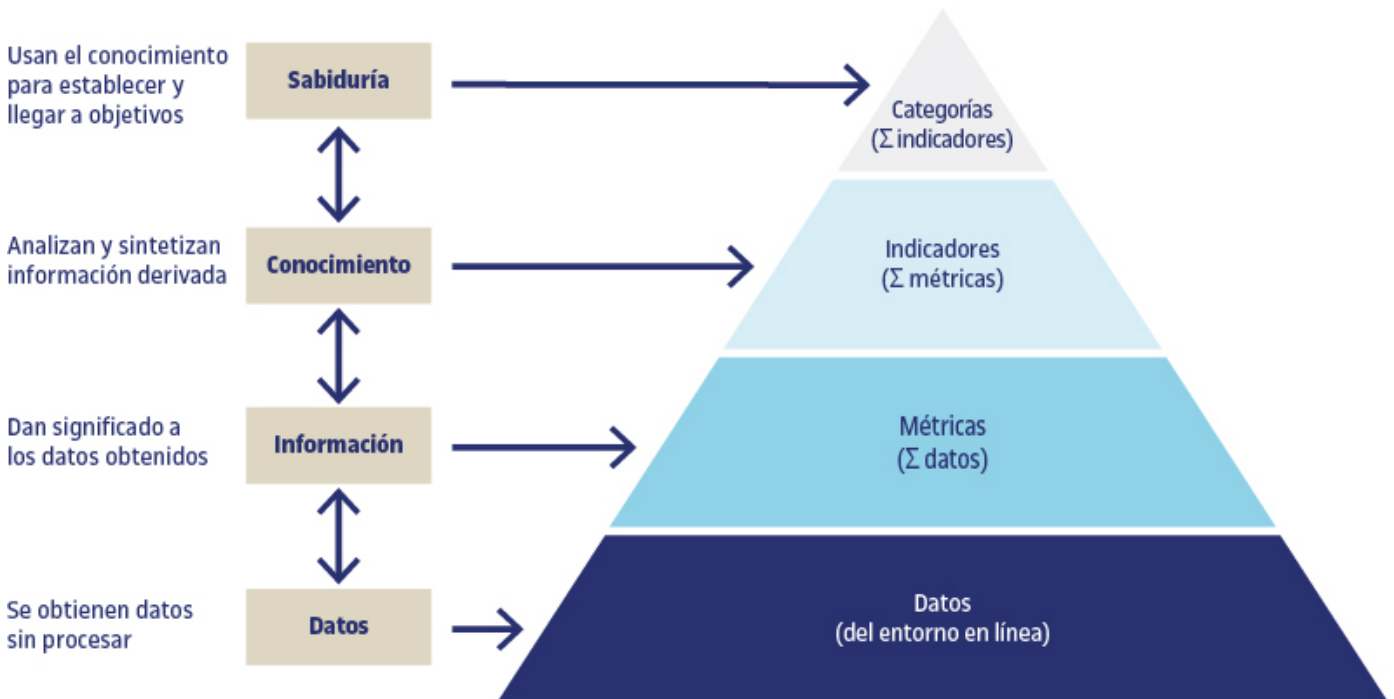


Figura 6. Identificación del modelo jerárquico de factores clave para la evaluación del aprendizaje colaborativo en línea en contraste con el continuo de conocimiento de Baker

Fuente: Adaptación a partir de Baker, 2007

Los **datos** son la fuente de información de partida. Consisten en las evidencias de la actividad del estudiante en el entorno en línea en forma de registros, trazas o *logs* del sistema que, por sí mismos, no aportan conocimiento.

Las **métricas** son la correspondencia de un dato empírico del mundo real a una variable cuantitativa o cualitativa del mundo formal, a la que se le puede asignar un valor, y requiere definir, no solo el método de cálculo, sino también la escala de los valores.

Los **indicadores** corresponden a un grupo de métricas (variables del mundo empírico) relacionadas entre sí que otorgan un nivel de comprensión superior de un fenómeno observado, de forma que nos permiten efectuar una estimación de un concepto que necesitamos evaluar.

Las **categorías** son un conjunto de indicadores que analizan y resumen información relacionada con una misma característica observable del fenómeno de estudio. Una categoría es la característica específica de un proceso en la que deseamos centrar nuestra atención con el fin de conocer un aspecto concreto de un fenómeno, aislándolo y observando su comportamiento frente a determinadas situaciones o actuaciones sobre él.

Una vez definidos los factores clave, se identificaron los relacionados con los Debates Virtuales y la interacción comunicativa entre los estudiantes, dado que este factor clave es indispensable para que los estudiantes puedan construir conocimiento de forma conjunta. Por este motivo, se seleccionaron los del modelo jerárquico que tenían que ver con la interacción comunicativa del alumnado y que serían de gran utilidad para realizar el seguimiento y evaluación de la actividad de Debate Virtual que se desarrollaría en las asignaturas de la universidad. La lista de métricas seleccionadas para usar en las analíticas del aprendizaje del estudio de caso fueron las siguientes (tabla 1):

Dimensión	Código de métrica	Métrica del modelo jerárquico de factores clave para el seguimiento y evaluación del aprendizaje en línea
Grupal	M1	Distribución temporal y grupal de los mensajes
	M2	Número total de los mensajes publicados
	M3	Número de usuarios participantes en la comunicación
	M4	Homogeneidad en la participación comunicativa grupal
	M5	Respuestas totales publicadas
	M6	Nivel de diálogo
	M7	Extensión media global en la comunicación
	M8	Nube de etiquetas de los espacios de conversación
	M9	Grado de adecuación del discurso al campo semántico
	M10	Dispersión/Concentración de la conversación
	M11	Representación visual de la interacción comunicativa asíncrona (grafo de nodos – SNA)
	M12	Número de archivos globales publicados/adjuntados
Individual	M13	Número de enlaces externos globales publicados
	M14	Distribución temporal de los mensajes individuales
	M15	Número de mensajes publicados
	M16	Nivel de participación en la interacción comunicativa
	M17	Respuestas publicadas
	M18	Popularidad
	M19	Extensión media de la comunicación
	M20	Número de archivos publicados/adjuntados
	M21	Número de enlaces externos publicados

Tabla 1. Métricas implementadas en la herramienta analítica DIANA

2. Captura, análisis y resumen de la información

A continuación, se procedió con el diseño y la programación de una aplicación informática basada en tecnologías web que permitiera capturar información del entorno virtual de enseñanza y aprendizaje de la universidad para, posteriormente, aplicar Minería de Datos en base a unos algoritmos. De este modo, se presentó la información resumida para que el docente la interpretara y pudiera tomar decisiones informadas.

La herramienta informática diseñada se denominó DIANA (Dialogue ANALysis). Esta herramienta analiza los mensajes de cada estudiante y realiza un contraste, tanto del contenido como de los metadatos de cada mensaje, para reportar las métricas que fueron conceptualizadas en la fase anterior. Esta herramienta se utilizó para realizar el seguimiento y evaluación de la actividad de Debate Virtual, tanto en las asignaturas transversales a la universidad como también en las asignaturas de máster.

DIANA no solo reporta métricas o indicadores de rendimiento, sino que también permite al profesorado personalizar las analíticas mediante un panel de configuración en el que es posible especificar los valores de referencia tanto para la generación de alertas como para la visualización de los resultados (figura 7).

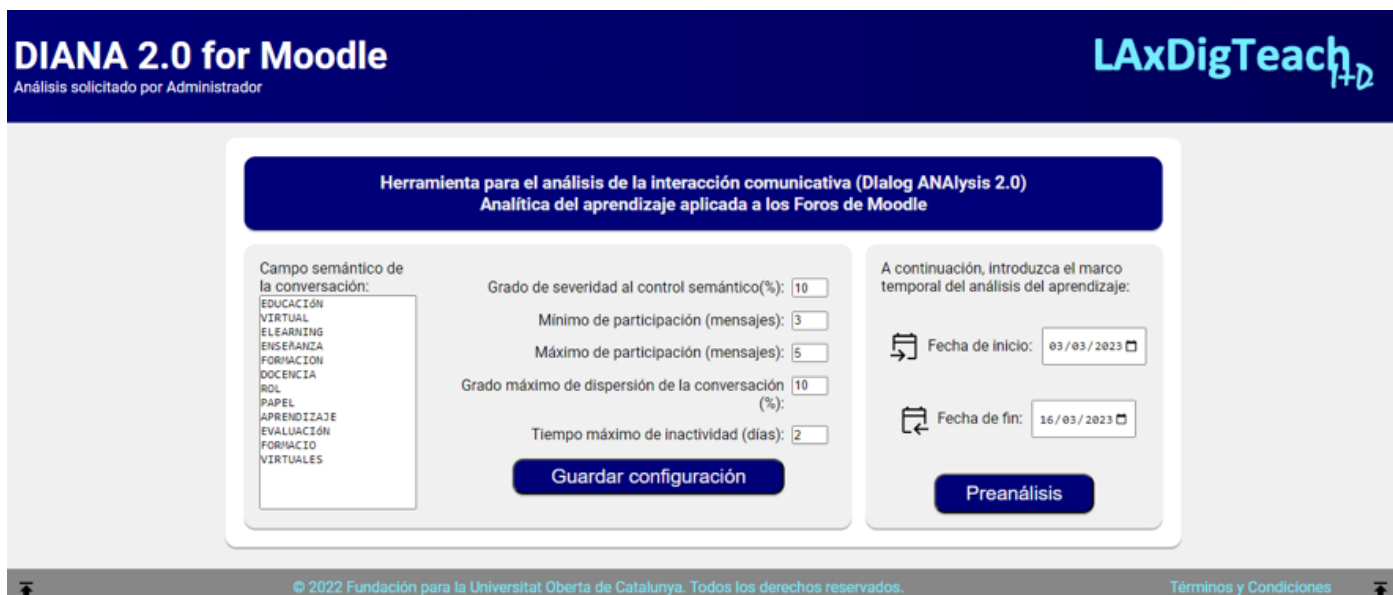


Figura 7. Panel de configuración de DIANA

Fuente: elaboración propia

Una vez el docente seleccionaba las fechas de inicio y fin de la actividad de Debate Virtual, DIANA reportaba las analíticas del aprendizaje organizándolas en diferentes pantallas y utilizando un conjunto de recursos gráficos heterogéneos para facilitar la interpretación de la información (figura 8).



Figura 8. Indicadores y métricas grupales reportadas por DIANA

Fuente: elaboración propia

Sin embargo, uno de los aspectos más interesantes de DIANA es la capacidad de obtener información sobre el nivel de desempeño de cada estudiante de forma individual en la actividad de Debate Virtual. La herramienta no solo muestra el número de mensajes enviados, sino también la posibilidad de evaluar cuáles de ellos son mensajes de respuesta, cómo se repartieron en el tiempo dichos mensajes, la popularidad del estudiante en base a las respuestas que recibieron sus mensajes, etc. (figura 9).

Indicadores y métricas individuales

INDICADORES:	Participación en la interacción comunicativa		Fomento del diálogo y de la negociación		Estilo comunicativo	Constancia y regularidad en la interacción grupal	Intercambio de información dentro del grupo		
	Estudiante	Mensajes totales	Nivel de participación	Respuestas	Popularidad	Palabras promedio	Distribución temporal de mensajes individuales	Adjuntos publicados	Enlaces externos
	Maria	4	Participativo	4	1.37%	362	5.9 días	0	0
	Alejandro	4	Participativo	4	1.37%	257	6.7 días	0	0
	David	4	Participativo	4	1.37%	429	5 días	0	0
	Alejandra	4	Participativo	4	1.37%	422	4 días	0	0
	Daniel	4	Participativo	4	1.37%	324	10.1 días	0	0
	Naira	4	Participativo	4	1.37%	307	3.3 días	0	0
	Maria	4	Participativo	4	1.37%	285	9.1 días	0	0
	Patricia	4	Participativo	4	1.37%	554	11.2 días	0	0
	Laura	5	Muy participativo	5	1.71%	319	9 días	0	0
	Victor	4	Participativo	4	1.37%	332	10.9 días	0	0
	Maria	4	Participativo	4	1.37%	360	6.1 días	0	0

Figura 9. Indicadores y métricas individuales de cada estudiante reportadas por DIANA

Fuente: elaboración propia

La ventaja de utilizar este tipo de estrategias basadas en la ciencia de datos es que es posible obtener una radiografía de lo sucedido en la actividad de aprendizaje, como muestra la figura 10, en la que se aprecian las métricas de un estudiante y su contraste con las del resto de grupo aula.

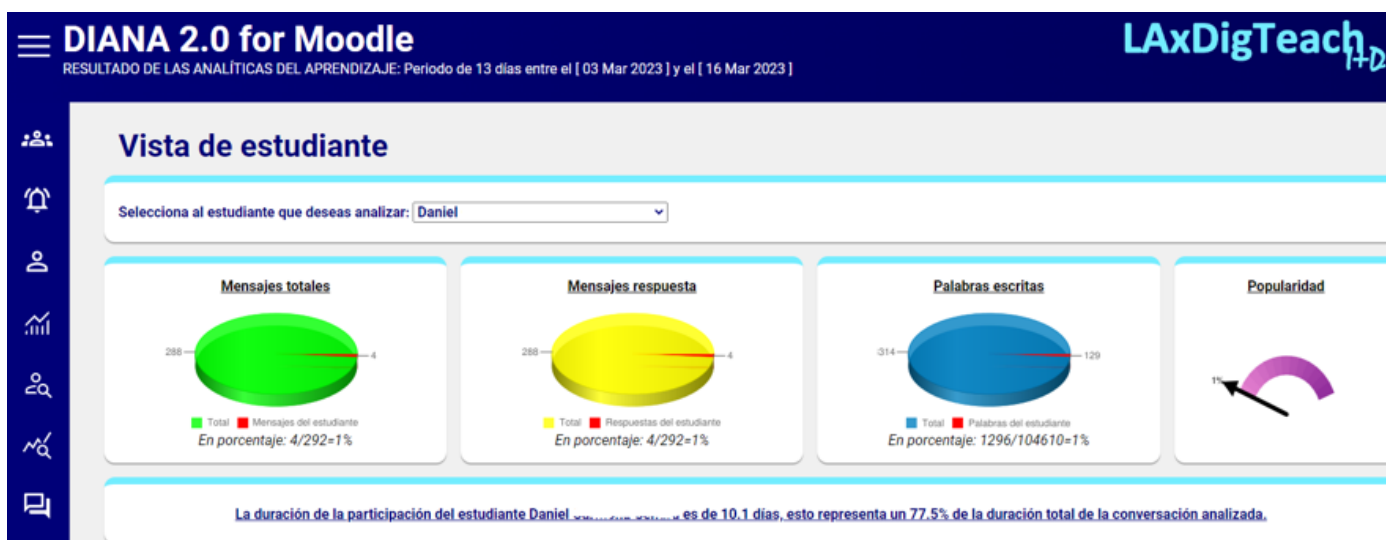


Figura 10. Métricas individuales en contraste con las del resto del aula

Fuente: elaboración propia

3. Predicción en base a las evidencias

La actuación docente en la experiencia que estamos describiendo no solo se limitó a la interpretación de estos datos una vez la actividad de Debate Virtual había finalizado, sino que aún más importante fue el uso de esta información durante el propio proceso de enseñanza, con el objetivo de poder monitorear el desempeño de cada estudiante y ofrecerle la ayuda necesaria en cada momento para asegurar la asimilación de las competencias definidas en el Plan Docente de la asignatura. Para ello, la mejor estrategia fue el ofrecimiento de unas sugerencias (*feedback*) personalizadas en base a estas necesidades detectadas, y para conseguirlas fue esencial tener acceso a las analíticas del aprendizaje.

El profesorado tuvo la oportunidad de llevar a cabo un análisis predictivo en base a su propia experiencia profesional y a las métricas reportadas por las analíticas del aprendizaje. Gracias a este análisis prematuro, el docente pudo anticiparse a situaciones de riesgo que dificultan a los estudiantes el desarrollo de la actividad de evaluación. Esta predicción fue anticipada mediante una estrategia de planificación de las acciones que se debían llevar a cabo, la cual se muestra en la tabla 2, con la lista de actividades en forma de hoja de verificación (*checklist*). Esta tabla puede servir de referencia para desplegar otras iniciativas similares relacionadas con las analíticas del aprendizaje.

Check	Código	Tarea
Fase previa		
<input type="checkbox"/>	A1	Realizar formación para la capacitación docente en el uso de DIANA.
<input type="checkbox"/>	A2	Acceso a la herramienta DIANA y verificación de credenciales.
<input type="checkbox"/>	A3	Definir inicio y fin del Debate Virtual.
Antes de iniciar el Debate Virtual		
<input type="checkbox"/>	B1	Definir configuración de DIANA en el panel de control.
<input type="checkbox"/>	B2	Obtener el consentimiento informado de los estudiantes.
<input type="checkbox"/>	B3	Diseño de la actividad de discusión en línea asíncrona: objetivos, organización, criterios...
<input type="checkbox"/>	B4	Preparar el mensaje de inicio de la actividad.
Durante el Debate Virtual		
<i>Etapa de planteamiento de cuestiones iniciales</i>		
<input type="checkbox"/>	C1	Publicar mensaje en el Tablón del profesorado presentando la actividad (B3).
<input type="checkbox"/>	C2	Publicar en el Foro los hilos de discusión iniciales (B4).
<input type="checkbox"/>	C3	Pasados 2 días, alertar a los estudiantes que aún no han participado.
<i>Etapa de discusión y argumentación virtual</i>		
<input type="checkbox"/>	C4	Publicar mensaje en el Tablón del profesorado dando inicio a esta etapa.
<input type="checkbox"/>	C5	Dinamizar el Foro con nuevos hilos, reconduciendo la discusión si es necesario.
<input type="checkbox"/>	C6	Análisis del aprendizaje durante los días intermedios.
<i>Etapa de conclusiones</i>		
<input type="checkbox"/>	C7	Publicar mensaje en el Tablón del profesorado dando inicio a esta etapa.
<input type="checkbox"/>	C8	Mensaje recordatorio de cierre el día previo a la finalización del debate.
Posterior al Debate Virtual		
<input type="checkbox"/>	D1	Publicar mensaje en el Tablón del profesorado cerrando la actividad.
<input type="checkbox"/>	D2	Evaluar al estudiante.
<input type="checkbox"/>	D3	Recoger los datos necesarios de analíticas del aprendizaje para el proyecto I+D.

Tabla 2. Matriz de verificación docente para el análisis del aprendizaje

4. Uso de las métricas e indicadores para la toma de decisiones

En esta etapa, el profesorado evidencia su labor docente a través de la aplicación de medidas específicas de acompañamiento del estudiante. Estas medidas dependen de la interpretación que se haga de las analíticas del aprendizaje y de la capacidad de predecir el comportamiento del estudiante que se encuentra en una situación de especial vulnerabilidad.

En el caso descrito, estas medidas fueron claramente enfocadas a la reducción del índice de abandono de los estudiantes en la asignatura, así como también al aumento de su rendimiento académico. Estos dos grandes objetivos fueron el motivo principal (*leitmotiv*) de la intervención docente fundamentada en dos pilares: el uso continuado de las analíticas del aprendizaje en cada fase del Debate Virtual, y las respuestas (*feedback*) personalizadas en base a dicho análisis.

Cabe también destacar el aumento del nivel de satisfacción de los estudiantes que fueron monitorizados con la herramienta DIANA una vez fueron consultados al finalizar la actividad de Debate Virtual. Este aumento se midió en contraste con aquellos grupos cuyo seguimiento y evaluación de la actividad de evaluación se desarrolló de forma convencional.

5. Refinamiento y compartición de los resultados

Llegados a este punto, podemos decir que el tipo de analíticas que el profesorado desarrolló fue «descriptiva» principalmente. Sin embargo, su experiencia docente le permitía llevar a cabo la analítica diagnóstica, evaluando qué acciones habían producido que algunos estudiantes no siguieran con éxito la actividad. De este modo, se conseguía depurar el marco procedimental y corregir aquellos elementos de la propia actividad o de la actuación docente en cuanto a seguimiento efectuado para facilitar el cumplimiento de los objetivos de la asignatura.

La comprensión del fenómeno de interacción comunicativa reproducido en el Debate Virtual, ofrece información de valor para mejorar la propia actividad y adecuarla a los intereses particulares de los estudiantes. Por este motivo, el profesorado mejoró en cada edición de la asignatura los valores de configuración de DIANA para ajustar las alertas que la herramienta presenta y también el cálculo de las métricas.

Finalmente, el equipo de profesorado se organizó para compartir los resultados obtenidos en sus respectivas aulas. Este trabajo colaborativo de contraste se ejecutó cíclicamente para cada una de las ediciones de la asignatura, semestre a semestre.

Para saber más

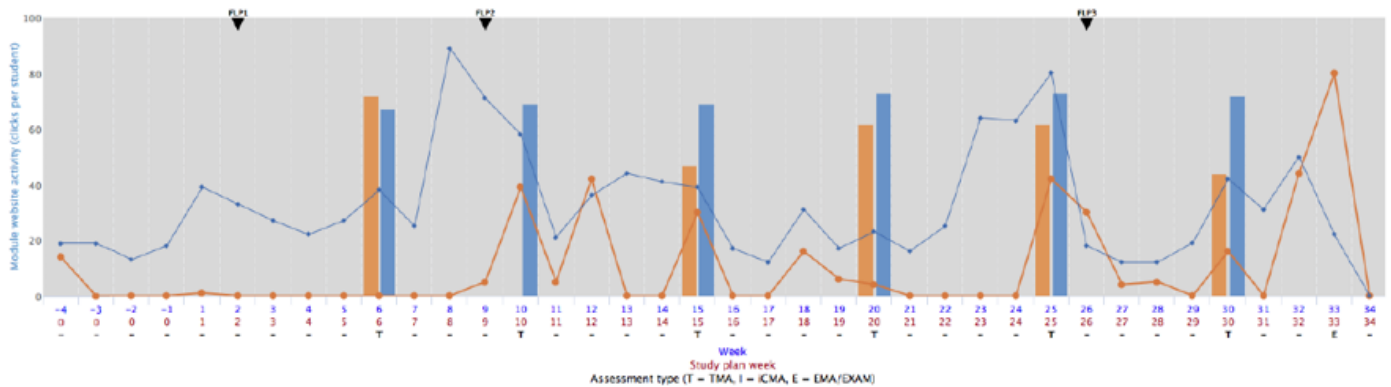
- [El 'big data' reduce el abandono y mejora las notas de los universitarios](#)
- [Ús de les analítiques de l'aprenentatge en entorns col·laboratius en línia: seguiment i avaluació interaccions comunicatives en l'assignatura de competències TIC de la Universitat Oberta de Catalunya](#)

2. Cómo evaluar utilizando las analíticas del aprendizaje

2.4. El caso de la Open University: Herramienta EAI de análisis predictivo

La Open University (OU) del Reino Unido también ha implementado un sistema de analíticas del aprendizaje basado en un cuadro de mando, pero, en este caso, aplicaron la analítica predictiva, puesto que el sistema facilita la visualización de los itinerarios de los estudiantes para predecir, con los datos capturados, el futuro desarrollo del estudiante en base a las evidencias.

La herramienta de analíticas del aprendizaje que la OU diseñó se denominó EAI (Early Alerts Indicators), y su apariencia es la de un cuadro de mando que presenta al profesorado la probabilidad de que un estudiante no alcance los objetivos propuestos en la asignatura (figura 11). Para ello, el sistema utiliza aprendizaje automático (*machine learning*) para efectuar predicciones semanales sobre el riesgo de que un estudiante supere o no la siguiente actividad de aprendizaje de la asignatura.



Long Term Predictions

Milestone	Prediction to complete	Prediction to pass
At start (01/02/20)	41 - 50%	41 - 50%
FLP1 (13/02/20)	31 - 40%	21 - 30%
FLP2 (31/03/20)	0 - 10%	0 - 10%
FLP3 (31/07/20)	NA	NA

TMA Predictions and Scores

Assignment	Risk of NS	Actual	Extension	Prediction based on
TMA01	Not Submit	72	yes	<ul style="list-style-type: none"> 660 previous credits failed number of previous attempts 11 previous modules failed summary activity in week 6
TMA02	Not Submit	10	yes	<ul style="list-style-type: none"> TMA01 summary activity in week 10 180 studied credits oucontent activity in week 9
TMA03	Not Submit	47	yes	<ul style="list-style-type: none"> TMA02 homepage activity in week 15 TMA02 hasn't been submitted. summary activity in week 15

Figura 11. Cuadro de mando de la herramienta EAI

Fuente: Open University

Por otro lado, la herramienta EAI implementa también un modelo matemático regresivo que muestra predicciones a largo plazo sobre el índice de abandono o nivel de desempeño del estudiante.

Los resultados, después de la puesta en práctica de la herramienta de analíticas del aprendizaje, fueron muy positivos. El profesorado que nunca había utilizado la herramienta mostró índices de satisfacción superiores a aquellos que sí lo utilizaban, lo que redundó en la gran aportación que realizan las analíticas del aprendizaje en el campo de la evaluación en línea. Esta percepción se basa en una muestra de 366 docentes que utilizaron EAI durante más de tres años, para realizar el seguimiento de los estudiantes e incrementar la retención de los mismos basándose en modelos predictivos.

Cabe destacar que un número significativo de profesorado no usó la herramienta EAI debido a diversos factores, entre los que destaca la falta de formación sobre el uso de la herramienta. Es por ello que es importante que el profesorado reciba una adecuada capacitación sobre el empleo de las analíticas del aprendizaje y la forma de interpretarlas. Una revisión más profunda de los factores que influyeron la adopción de la herramienta EAI de análisis predictivo por parte del profesorado reveló que estaba directamente influenciada por una clara identificación y explicación del valor añadido que ofrecen las analíticas del aprendizaje, el diseño comprensivo de los cuadros de mando y el soporte técnico y metodológico que se ofrece al profesorado.

3. Una mirada crítica sobre las analíticas de aprendizaje

A continuación, expondremos algunos aspectos críticos relacionados con el uso de las analíticas del aprendizaje. De hecho, el reto más importante actualmente no consiste en el acceso a la información o su explotación mediante potentes algoritmos, sino más bien en el uso que se hace de esos datos y al propio hecho de su mera existencia, que puede hacer un sistema vulnerable de formas que ahora mismo no podemos anticipar.

En este sentido se han realizado diferentes estudios sobre el impacto de las analíticas en educación y todos convergen en solicitar una revisión y análisis del impacto social y educativo de las prácticas actuales de datos desde una mirada crítica. Raffaghelli *et al.* (2020) ofrece una perspectiva, adoptando una epistemología de datos proactiva, en la que destaca la oportunidad que brindan los enfoques basados en datos para analizar la calidad educativa. Al mismo tiempo, revela las criticidades de las métricas y su significado para la reputación de la educación superior, al desentrañar los impactos de dichos instrumentos tanto en la cultura institucional como en las decisiones y prioridades de académicos y estudiantes. Prinsloo (2020), quien explora en profundidad los problemas de los datos de los estudiantes y su uso para producir una tecnoestructura para las analíticas de aprendizaje, explora el problema a través de la lente conceptual de la vulnerabilidad como condición inherente de los estudiantes en el sistema. Stewart (2020) se basa en la necesidad de construir alfabetizaciones de datos críticas para navegar esos datos tanto dentro como fuera de la universidad, y los requisitos conectados de desarrollo de la facultad para lograr este objetivo. Finalmente, Manca (2020) se relaciona con el uso de datos «sobre el desenfreno» de las redes sociales más allá del contexto universitario. Su perspectiva incorpora alfabetizaciones de datos críticos dentro de la alfabetización de redes sociales.

Por este motivo, vamos a identificar los elementos que deberemos tener en cuenta cuando iniciemos un proceso de aplicación de analíticas del aprendizaje en el contexto educativo. El primer elemento crítico corresponde a los principales interesados en esta tecnología: el profesorado. Sin embargo, algunos autores (Aleven, Holstein y McLaren, 2017) critican como el diseño de cuadros de mando de analíticas del aprendizaje no coincide con lo que el profesorado necesita, debido a que no se les consulta para el diseño de las herramientas. El segundo elemento crítico corresponde a los estudiantes, puesto que si abogamos por un modelo de enseñanza y aprendizaje en cuyo centro se encuentra el propio estudiante, queda claro que estos también son parte interesada en el uso y explotación de las analíticas del aprendizaje, no solo por el hecho de ser los creadores de la información en sí misma, sino también para permitirles el acceso a dichas analíticas durante el desarrollo de la acción formativa. De esta manera, se les facilita su participación en la definición de los criterios que se deben seguir para el análisis del aprendizaje, y se les ofrece una visión crítica del uso de los datos.

En el sentido legal más estricto, no debemos perder de vista la normativa relacionada con la Ley Orgánica de Protección de Datos (LOPD) y el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) a nivel europeo. En relación con este punto, es importante remarcar la necesidad de custodiar adecuadamente la información digital recogida de los sistemas de información, así como también la obtención del consentimiento informado de todas las partes implicadas en el análisis (profesorado, estudiantes, universidad). De lo contrario, el uso de los datos podría verse afectado por factores externos que limitaran su tratamiento, impidiendo así su uso.

Otro aspecto crítico de las analíticas del aprendizaje es el factor tecnológico, ya que en la mayoría de los casos no es posible desvincular el entorno virtual, en el cual se desarrolla la actividad de enseñanza y aprendizaje, de la herramienta de analíticas del aprendizaje que se utilizará para realizar el seguimiento y evaluación de los estudiantes. Las peculiaridades de cada entorno de aprendizaje en línea y sus potencialidades, así como la diversidad de métodos de análisis existentes, no favorecen la implementación generalizada de las analíticas del aprendizaje desde un punto de vista estándar. En otras palabras, cada contexto requiere una aproximación técnica concreta, pero esta falta de estandarización puede provocar que no sea tenido en cuenta el error en las mediciones (Bergner, 2017). En este sentido, existen algunos proyectos como el del estándar xAPI (*Experience API*) que fue desarrollado para ofrecer una solución escalable y transversal a todos los entornos donde se pudiera implementar las analíticas del aprendizaje. Sin embargo, este tipo de iniciativas no están generalizadas entre los entornos de software con los que podamos contar hoy día de manera habitual y extendida.

Si se deja de lado las cuestiones tecnológicas en relación con el uso de las analíticas del aprendizaje, debemos remarcar el papel esencial que juega el profesorado en el proceso de evaluación. Al respecto, es posible que el profesorado pueda tener dificultades con la interpretación de la información que se les suministra, puesto que suele ser heterogénea en formato y tipología o difícil de evaluar en contraste con los valores de referencia. Este es el motivo por el que es necesario formar previamente al profesorado y ayudar a interpretar la información que las analíticas del aprendizaje reportan sobre la actividad de los estudiantes. Por ejemplo, muchos cuadros de mando incluyen diferentes modelos de visualización de datos, desde el más básico a través de iconos hasta el más complejo representando grafos de nodos al estilo del análisis de redes sociales.

A pesar del carácter cuantitativo que la mayoría de autores otorgan a la información que se obtiene de las analíticas del aprendizaje, el valor cualitativo radica en la interpretación conjunta de una gran variedad de métricas, dado que ofrece una visión compleja del proceso de aprendizaje llevado a cabo y, de este modo, una perspectiva cualitativa del fenómeno estudiado (Cerro, Guitert y Romeu, 2020).

Otro de los elementos que cabe destacar desde una perspectiva crítica es la forma en la que el profesorado accede, procesa e interpreta la información relacionada con las prácticas educativas en línea. El profesorado debe hacer frente al reto de comprender fenómenos complejos relacionados con el aprendizaje en entornos educativos, sobre todo cuando intervienen multitud de variables y contextos, no tanto sobre la forma de recoger la información que necesitan, sino más bien sobre cómo analizan esa información para obtener juicios de valor que aseguren una correcta toma de decisiones. Es en ese punto donde el docente juega un papel fundamental y esencial, ya que será él quien decida las acciones que emprenderá basándose en la interpretación de los datos, por muy bien que estos vengan representados.

Por lo tanto, el rol del docente en la evaluación dentro de un modelo educativo en el que los estudiantes se encuentran en el centro del proceso de aprendizaje debe ser activo, mediante el uso constante de las analíticas del aprendizaje. Para ello, el profesorado ya no solo debe ser competente en digital para el ejercicio de su actividad profesional, sino también debe ser competente en ciencia de datos, interpretando la información que los sistemas de enseñanza y aprendizaje le suministran.

La información que proporcionan las analíticas de aprendizaje no son autosuficientes, sino que permiten dotar al profesorado de información relevante para su práctica profesional en modelos híbridos y en línea. De este modo, proporcionarán al estudiantado unas sugerencias (*feedback*) más objetivas y detalladas, lo que facilitará una verdadera experiencia de aprendizaje y, en consecuencia, mejorará la docencia y los resultados académicos de los estudiantes.

Bibliografía

- Aleven, V. [Vincent], Holstein, K. [Kenneth] y McLaren, B. M. [Bruce]. (2017). Intelligent tutors as teachers' aides: Exploring teacher needs for realtime analytics in blended classrooms. *Proceedings of the 7th International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK '17)*, 257-266. <http://dx.doi.org/10.1145/3027385.3027451>
- Appel, M. C. [Marie Christine], Minguillón, J. [Julià] y Santanach, F. [Francesc]. (2014, octubre). *Learning analytics in practice: setting up a laboratory for action research at the Universitat Oberta de Catalunya*. [conferencia]. http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/38741/1/Minguillon_EDENRW2014_learninganalytics.pdf
- Baker, B. M. [Brett Michael]. (2007). *A conceptual framework for making knowledge actionable through capital formation*. ProQuest Dissertations and Theses. [Tesis doctoral, Graduate School of Management and Technology, University of Maryland University College (director: Dr. Nawaz M. Sharif)]. <https://search.proquest.com/openview/06f106fb5fb7e7e801aaf66ad1df96b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Baker, R. S. J. D. [Ryan S. J. D.] y Yacef, K. [Kalina]. (2009). The State of Educational Data Mining in 2009: A Review and Future Visions. *Journal of Educational Data Mining*, 1(1), 3-17. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3554657>
- Bañeres, D. [David], Caballé, S. [Santi], Clarisó, R. [Robert], Conesa, J. [Jordi] y Gañán, D. [David]. (2017). ICT-FLAG: a web-based e-assessment platform featuring learning analytics and gamification. *International Journal of Web Information Systems*, 13 (1), 25-54. <https://doi.org/10.1108/IJWIS-12-2016-0074>
- Brasher, A. [Andrew], Cooper, A. [Adam], Clow, D. [Doug], Ferguson, R. [Rebecca], Hillaire, G. [Garron], Mittelmeier, J. [Jenna], y Rienties, B. [Bart]. (2016). *Research Evidence on the Use of Learning Analytics*. Joint Research Center. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- Bienkowski, M. [Marie], Feng, M. [Mingyu] y Means, B. [Barbara]. (2012). *Enhancing Teaching and Learning Through Educational Data Mining and Learning Analytics: An Issue Brief*. U.S. Department of Education.
- Buckingham, S. [Simon] y Deakin, R. [Ruth]. (2016). Learning Analytics for 21st Century Competencies. *Journal of Learning Analytics*, 3(2), 6-21. <https://doi.org/10.18608/jla.2016.32.2>
- Caballé, S. [Santi] y Clarisó, R. [Robert]. (2016). *Formative Assessment, Learning Data Analytics and Gamification: In ICT Education*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-00087-9>
- Cerro, J.P. [Juan Pedro], Guitert, M. [Montse], Romeu, T. [Teresa]. (2020). Impact of using learning analytics in asynchronous online discussions in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(39). <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00217-y>
- Clow, D. [Doug] y Ferguson, R. [Rebecca]. (2017). Where is the evidence? A call to action for learning analytics. *Proceedings of the Seventh International Learning Analytics & Knowledge Conference (LAK '17)*. 56-65. <https://doi.org/10.1145/3027385.3027396>
- Cooper, K. [Kendra] y Khosravi, H. [Hassan]. (2018). Graph-based Visual Topic Dependency Models: Supporting Assessment Design and Delivery at Scale. *Proceedings of the 8th International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK '18)*. 11-15. <https://doi.org/10.1145/3170358.3170418>
- Dawson, S. [Shane], Gasevic, D. [Danijela], Gašević, D. [Dragan] y Rogers, T. [Tim]. (2015). Learning analytics should not promote one size fits all: The effects of instructional conditions in predicting academic success. *The Internet and Higher Education*, 28, 68-84. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2015.10.002>
- Elias, T. [Tanya]. (2011). Learning Analytics: Definitions, Processes and Potential. *Learning*, 23, 134-148.
- Estrada, V. [Vivian], González, W. [Walfredo], Rodríguez, R. [Rolando] y Tió, L. [Lázaro]. (2011). Instrumento y herramienta informática para guiar, controlar y evaluar las interacciones de los estudiantes en foros virtuales. *Educación Médica Superior*, 25(2), 59-96.
- Gašević, D. [Dragan], Joksimović, S. [Srećko] y Kovanović, V. [Vitimir]. (2017). Piecing the Learning Analytics Puzzle: A Consolidated Model of a Field of Research and Practice. *Learning: Research and Practice*, 3(1), 63-78.
- Gašević, D. [Dragan], Lang, C. [Charles], Siemens, G. [George] y Wise, A. [Alyssa]. (2017). Measurement and its Uses in Learning Analytics. En D. [Dragan] Gašević, C. [Charles] Lang, G. [George] Siemens y A. [Alyssa] Wise, *The Handbook of Learning Analytics* (p. 35-48). SOLAR (Society for Learning Analytics Research). <https://doi.org/10.18608/hla17.003>

- Gkontzis, A. F. [Andreas], Kotsiantis, S. [Sotiris], Panagiotakopoulos, C. T. [Christos] y Verykios, V. S. [Vassilios]. (2019). A predictive analytics framework as a countermeasure for attrition of students. *Interactive Learning Environments*, 30(8), 1-16. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1674884>
- Herodotou, C. [Christothea], Hlosta, M. [Martin], Maguire, C. [Claire] y Mulholland, P. [Paul]. (2023). Predictive Learning Analytics and University Teachers: Usage and perceptions three years post implementation. *13th International Learning Analytics and Knowledge Conference (LAK 2023)*, 68-78.
- Jo, I. H. [Il-Hyun] y Park, Y. [Yeonjeong]. (2015). Development of the Learning Analytics Dashboard to Support Students' Learning performance. *Journal of Universal Computer Science*, 21(1), 110-133.
- Long, P. [Phil] y Siemens, G. [George]. (2011). Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *EDUCAUSE Review*, 46, 30-32. <https://er.educause.edu/articles/2011/9/penetrating-the-fog-analytics-in-learning-and-education>
- Manca, S. [Stefania], Prinsloo, P. [Paul], Raffaghelli, J. E. [Juliana Elisa], Stewart, B. [Bonnie] y Sangrà, A. [Albert]. (2020). Supporting the development of critical data literacies in higher education: building blocks for fair data cultures in society. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 17(58). <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00235-w>
- Prinsloo, P. [Paul]. (2020). Data frontiers and frontiers of power in higher education: A view of the Global South. *Teaching in Higher Education*, 25(4). <https://doi.org/10.1080/13562517.2020.1723537>
- Siemens, G. [George]. (2013). Learning Analytics: The Emergence of a Discipline. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1380-1400.