

Analítiques d'aprenentatge pel seguiment i l'avaluació. La Ciència de Dades aplicada a l'educació

Autoria: Juan Pedro Cerro Martínez, Montse Guitert Catasús i Teresa Romeu Fontanillas
L'encàrrec i la creació d'aquest recurs d'aprenentatge UOC han estat coordinats per la professora: Teresa Romeu Fontanillas
PID_00296794
Primera edició: setembre 2023

Introducció

1. Les analítiques de l'aprenentatge

- 1.1. Introducció
- 1.2. Què són i què aporten
- 1.3. Tipologia d'analítica

2. Com avaluar utilitzant les analítiques de l'aprenentatge

- 2.1. Introducció
- 2.2. Fases d'aplicació de les analítiques de l'aprenentatge
- 2.3. El cas de la UOC: Eina DIANA pel seguiment i avaluació d'activitats col·laboratives
- 2.4. El cas de la Open University: Eina EAI d'anàlisi predictiva

3. Una mirada crítica sobre les analítiques d'aprenentatge

Bibliografia

Introducció

«Les *dades* són una cosa preciosa i duraran més temps que els propis sistemes».

Tim Berners-Lee

La **Ciència de Dades** és un terme obert aplicable a un gran nombre de disciplines, i ho entenem com el conjunt de tècniques i principis que regulen la recopilació i mesurament de dades sobre un determinat procés. En l'àmbit específic de l'educació, ens referim al procés d'ensenyament i d'aprenentatge mitjançant el càlcul d'indicadors i mètriques que permetin interpretar els resultats del fenomen objecte d'estudi, el procés a través del qual els estudiants construeixen coneixement significatiu de manera conjunta.

Un clar exemple d'aplicació de la Ciència de Dades en l'àmbit educatiu és la predicció del rendiment acadèmic dels estudiants, gràcies a la construcció de models predictius sobre la base de dades històriques amb l'objectiu de detectar el fracàs o l'abandonament dels estudiants abans que ocorri; i a l'emprenedoria de mesures correctores que es basen en el coneixement adquirit en l'anàlisi dels models de dades. Un altre exemple n'és la personalització de l'aprenentatge, tant en continguts didàctics com en activitats d'avaluació i itineraris formatius. D'aquesta manera, s'aconsegueix millorar l'experiència dels estudiants quan s'augmenta el seu rendiment i quan es facilita l'adquisició dels objectius curriculars.

En la Societat de la Informació i el Coneixement, recentment batejada amb el nom de **Societat de la Intel·ligència Artificial**, les dades i l'ús que se'n fa d'ells cobren una gran rellevància. La Intel·ligència Artificial (IA) és la combinació d'algorismes plantejats amb el propòsit de crear màquines que presentin les mateixes capacitats que l'ésser humà que, al seu torn, han estat generats per les pròpies persones per crear productes de coneixement (escrits, orals o en format de vídeo).

És important destacar que, si bé la millora en els algorismes i el maneig de grans quantitats de dades pot oferir més oportunitats en l'ús de la IA (Xat GPT), també és essencial tenir en compte les limitacions que aquesta tecnologia presenta, atès que prendre decisions informades sobre l'ús de la IA en l'educació requereix una comprensió clara de la seva naturalesa i de les seves limitacions.

No obstant això, és encara més rellevant l'explotació o «minat» d'aquestes dades amb diverses finalitats com, per exemple, descobrir-ne patrons que ens ajudin a comprendre un fenomen; o bé per comprovar teories científiques i construir models que ens ajudin a predir el comportament d'un sistema; entre d'altres. És per aquest motiu que la Ciència de Dades es retroalimenta d'un conjunt de disciplines relacionades (figura 1), que a continuació descriurem.

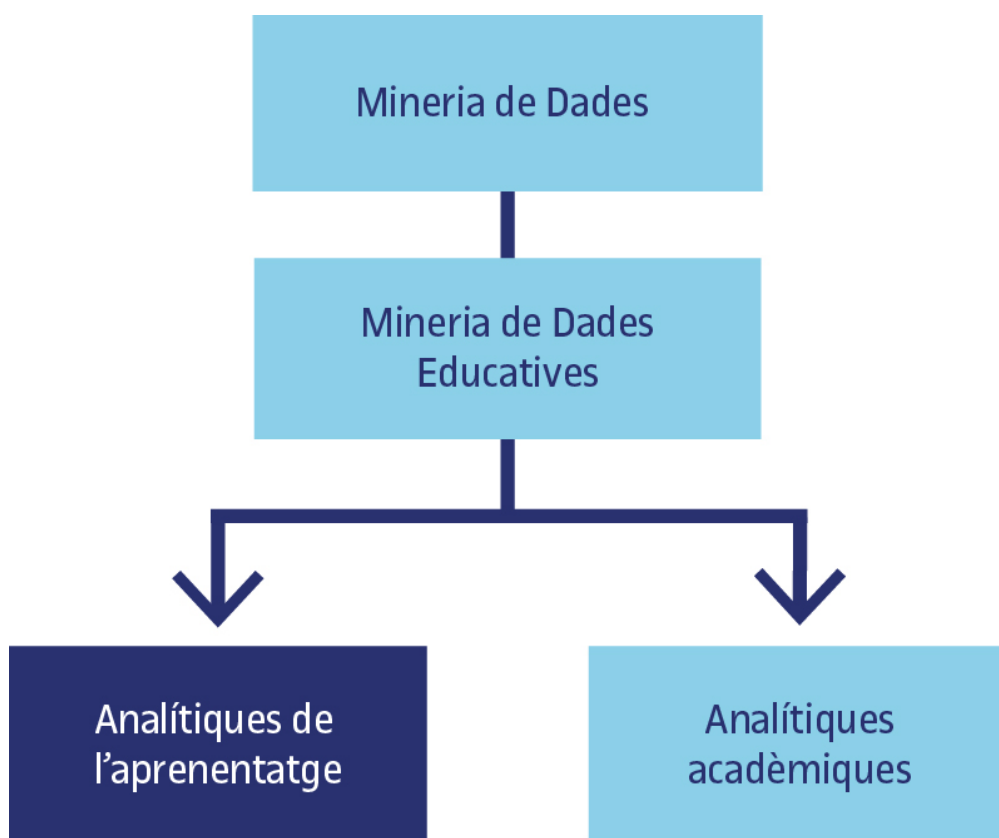


Figura 1. Disciplines relacionades amb la Ciència de Dades
Font: elaboració pròpia

La **Mineria de Dades** (*Data Mining*) és una disciplina de la qual alguns investigadors ja parlaven en la dècada dels vuitanta. Des dels seus inicis va ser considerada com un camp de recerca de caràcter tècnic-matemàtic, ja que se centrava en l'ús de tècniques algorítmiques per la detecció de patrons i l'obtenció d'informació, més enllà de les de caràcter estadístic-descriptiu per l'extracció d'informació rellevant i aparentment opaca que es troba dins de les dades. Aquestes dades es recullen i s'emmagatzemen per mitjans telemàtics i digitals.

Entenem la Minería de Dades com el camp relacionat amb l'ús de grans quantitats de dades per donar suport al descobriment d'informació nova i potencialment útil. També pot ser definida com una disciplina que permet descobrir informació d'una potencial utilitat en un gran nombre de dades. No obstant això, l'aplicació de determinades eines i metodologies pròpies de la Minería de Dades en el context educatiu és el que es coneix com **Mineria de Dades Educatives** (*Educational Data Mining*). Aquesta extracció d'informació de les dades en entorns educatius permet posar a prova les teories de l'aprenentatge i obtenir informació sobre les pràctiques educatives.

Amb la Minería de Dades Educatives podem aconseguir diversos objectius: d'una banda, la informació obtinguda es pot vincular amb tècniques analítiques i models predictius per millorar la presa de decisions en les institucions educatives. Aquest ús rep el nom d'**analítiques acadèmiques** (*Academic Analytics*) i les podem descriure com l'aplicació de la intel·ligència de negocis per l'àrea de l'aprenentatge. Tanmateix, el que motiva aquest material és l'enfocament pedagògic, en el qual emergeix la disciplina de les **analítiques de l'aprenentatge** (*Learning Analytics*) i les seves aplicacions (Minguillón et al., 2014). És a dir, es pretén analitzar tota la informació que l'estudiant en línia proporciona a través de les accions quan interacciona amb els agents del procés educatiu, aplicant metodologies adequades i seleccionant la informació necessària per conèixer el seu desenvolupament quan exerceix activitats d'aprenentatge de tipus col·laboratiu. Aquesta idea radica en la necessitat de facilitar el seguiment dels estudiants per part del professorat i en la d'avaluar aquest tipus d'activitats d'aprenentatge en entorns en línia (Cooper i Khosravi, 2018).

En l'àmbit educatiu superior, les tècniques de Minería de Dades han estimulat poderosos moviments, entre els quals destaquen particularment les analítiques de l'aprenentatge (Buckingham i Deakin, 2016; Ferguson et al., 2016). Alguns investigadors consideren que les analítiques de l'aprenentatge són eines que ofereixen informació sobre els processos d'interacció entre els estudiants (Caballé i Clarisó, 2016), mentre que altres autors (Taujà et al., 2017) les consideren més com un servei que monitora el progrés dels processos d'ensenyament i aprenentatge en línia a través de sistemes i aplicacions d'aprenentatge virtual (*e-learning*). De fet, un dels reptes als quals s'enfronta el professorat és la interpretació de quadres de comandaments que monitoren dades sobre el rendiment dels estudiants (Herodotou et al., 2023).

Per concloure amb la contextualització de les analítiques de l'aprenentatge i la seva vinculació amb les disciplines descrites anteriorment, s'ha de remarcar la contribució de Long i Siemens (2011), que identifiquen els trets comuns entre les analítiques de l'aprenentatge, les analítiques acadèmiques i la Minería de Dades Educatives a través de la figura 2.

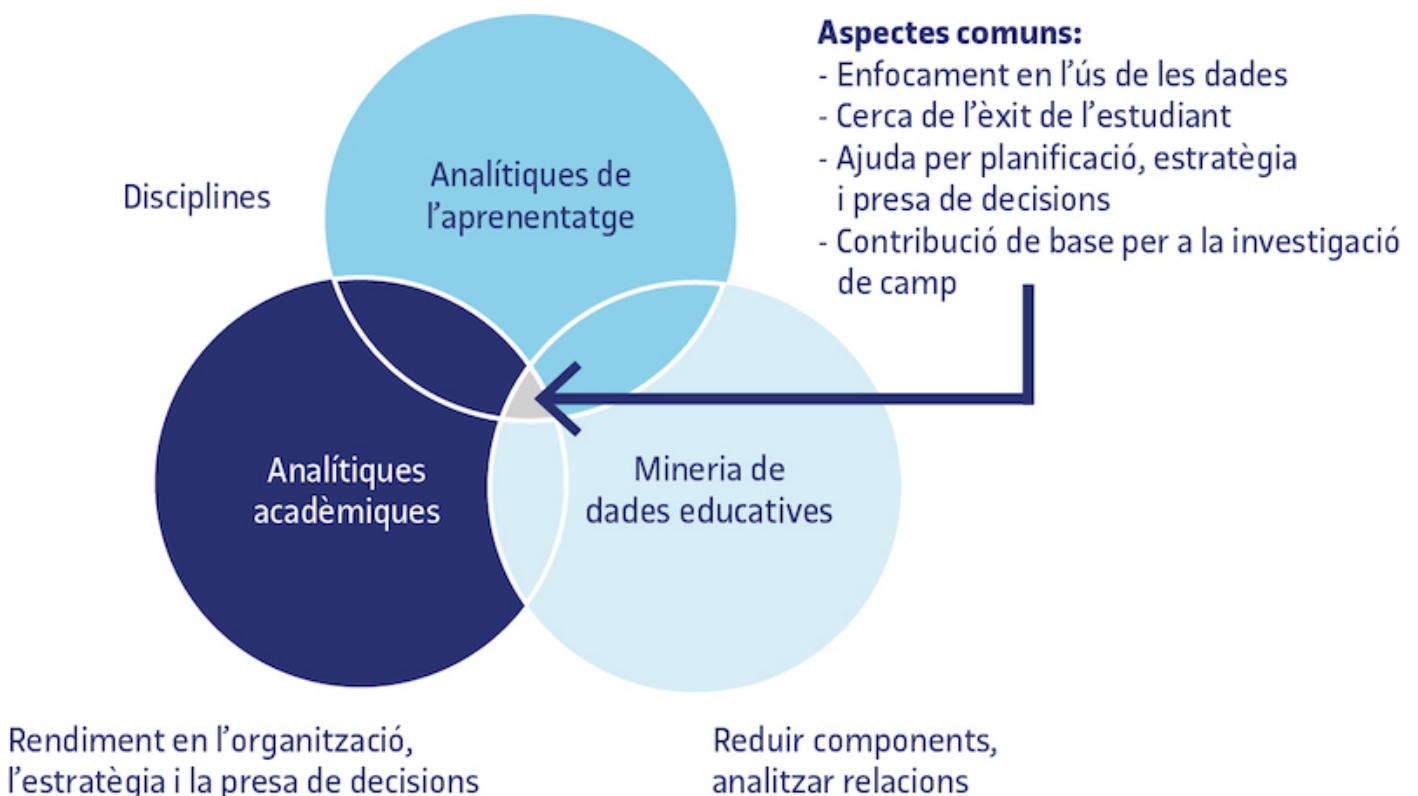


Figura 2. Aspectes comuns de les disciplines AA, LA i EDM

Font: Adaptació a partir de Long i Siemens, 2011

Com a aspectes comuns més rellevants de l'anterior figura, els autors destaquen que les tres disciplines ofereixen un enfocament centrat en l'ús de les dades, una cerca de l'èxit de l'estudiant, l'ajuda a la presa de decisions i a la planificació, i una contribució de base per a la recerca de camp. El repte es troba a contrarestar la idea que el professorat té respecte a les analítiques de l'aprenentatge, ja que sovint es dona prioritat a la producció de dades sobre l'activitat de l'estudiant, més que a donar-los suport a l'aprenentatge d'aquests.

Els entorns d'aprenentatge en línia fan possible el registre de totes les interaccions que es produeixen entre els estudiants a través de grans bases de dades. Aquestes dades per si mateixes no tenen significat fins que no se'ls atorga sentit, s'analitzen, es resumeixen i, finalment, s'utilitzen per aconseguir uns objectius o metes concrets. En aquest context, emergeixen noves disciplines que s'encarreguen de l'estudi de les dades i de la forma en la qual es poden relacionar entre si per comprendre millor la realitat passada, present o, fins i tot, la seva predicció. Aquest és el cas de les analítiques de l'aprenentatge.

1. Les analítiques de l'aprenentatge

1.1. Introducció

Existeixen recerques que integren la dimensió pedagògica i la tecnològica, és a dir, aquelles en les quals les eines tecnològiques donen resposta a necessitats pedagògiques reals. Malgrat allò que s'ha comentat, són menys les que dissenyen, integren i validen l'aportació favorable d'una eina tecnològica concreta al servei de necessitats educatives, i encara més quan algunes veus (Clow i Ferguson, 2017; Jo i Park, 2015) assenyalen una falta d'evidència en alguns usos de la tecnologia, com les analítiques de l'aprenentatge, ja que afavoreixen el suport que des de la universitat es dona al professorat i als estudiants per millorar les condicions de l'aprenentatge.

És en aquest context on detectem una sèrie de necessitats pedagògiques relacionades amb el seguiment i l'avaluació d'activitats col·laboratives en línia amb el propòsit de desenvolupar una eina tecnològica d'analítiques de l'aprenentatge que porti informació al docent, que li permeti prendre decisions i reconduir l'ensenyament per aconseguir els objectius acadèmics proposats en l'itinerari curricular.

La disseminació de les dades que registren la interacció entre els estudiants en els entorns tecnològics en línia, juntament amb la complexitat de les interaccions que allà es produeixen, dificulten l'avaluació d'aquestes mateixes necessitats. En aquest sentit, el fet de disposar d'una eina que proporcioni dades automàtiques, que fins ara el professorat havia de recopilar manualment, pot facilitar-los la tasca perquè es dediquin a d'altres de caràcter més qualitatiu a l'hora d'efectuar-ne el seguiment i l'avaluació.

En el context de l'educació en línia mediada per les TIC, en el qual es fomenta cada vegada més el treball col·laboratiu i la interacció dels estudiants de múltiples formes, el procés de seguiment i avaluació per part del docent suposa un autèntic repte. Com es tracta d'entorns en línia, les analítiques d'aprenentatge poden aportar informació al docent amb la finalitat de facilitar la tasca acadèmica.

1. Les analítiques de l'aprenentatge

1.2. Què són i què aporten

En aquest sentit, les analítiques de l'aprenentatge són una tendència tecnològica emergent que ha estat àmpliament fonamentada a nivell conceptual, encara que no tant en el context empíric, perquè existeixen estudis de cas centrats en implementacions de solucions tècniques d'analítiques de l'aprenentatge específiques de cada entorn. No obstant això, les recerques que conceptualitzen indicadors genèrics aplicables a la majoria dels contextos educatius es donen en un menor grau, de la mateixa manera que es troben a faltar metodologies per al seguiment de la interacció i per la comunicació que guia el procés de desenvolupament de l'estudiant (Tió et al., 2011).

Les **analítiques de l'aprenentatge** són un conjunt de tècniques i metodologies per a la millora de l'aprenentatge per mitjà de les TIC. Aquestes tècniques faciliten la comprensió de les necessitats dels estudiants i es nodreixen d'altres disciplines que també faciliten aquesta comesa. La Societat per la Recerca en Analítiques de l'Aprenentatge (SoLAR), que es va constituir posteriorment al primer Congrés Internacional d'Analítiques de l'Aprenentatge i el Coneixement del 2011 (LAK 2011), va adoptar la següent definició de les analítiques de l'aprenentatge:

«Les analítiques de l'aprenentatge són la mesura, recopilació, anàlisi i informe de les dades sobre els estudiants i els seus contextos, amb la finalitat de comprendre i optimitzar l'aprenentatge i els entorns en els quals es produeix».

(Siemens, 2013, pàg. 1382)

Els estudis que aborden l'impacte que té en el context educatiu l'ús de les analítiques de l'aprenentatge se centren, sobretot, en els models per desplegar i les metodologies que s'han de seguir. En aquest sentit, Baker i Yacef (2009) caracteritzen les analítiques mitjançant l'aplicació en cinc àrees principals:

- Predicció
- Agrupació
- Explotació de relacions
- Destil·lació de dades per al judici humà
- Descobriments amb models

No obstant això, Bienkowski et al. (2012) identifiquen altres àrees d'aplicació molt semblants:

- Modelar el coneixement, el comportament i l'experiència de l'usuari
- Crear perfils d'usuaris
- Modelar dominis de coneixement
- Anàlisi de tendències
- **Personalització** i adaptació

L'última àrea identificada (personalització de l'aprenentatge) dona suport a la idea que no tots els estudiants tenen les mateixes necessitats i aprenen de la mateixa manera, la qual cosa comporta l'ús de les analítiques de l'aprenentatge com a vehicle per oferir una retroalimentació personalitzada i efectiva a l'estudiant. Aquest és el desafiament que suposa proporcionar una resposta significativa sobre els assoliments dels estudiants i el seu seguiment de la progressió al llarg del temps (Cooper i Khosravi, 2018).

1. Les analítiques de l'aprenentatge

1.3. Tipologia d'analítica

Quan es fa referència al concepte d'anàlisi de dades, hem d'identificar a quina mena d'anàlisi fem referència. Existeixen quatre tipus principals: anàlisi descriptiva, anàlisi diagnòstica, anàlisi predictiva i anàlisi prescriptiva (figura 3):

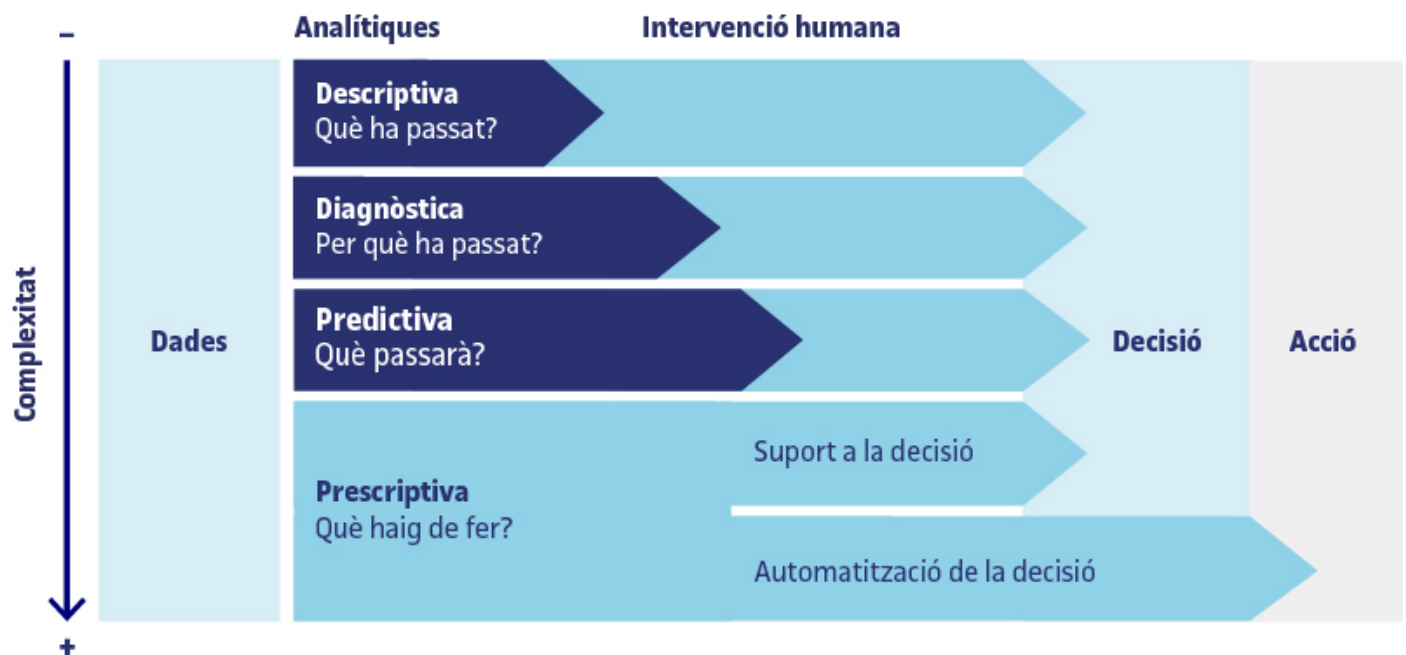


Figura 3. Diferents tipus d'anàlisi de dades

Font: elaboració pròpia

- L'**analítica descriptiva** s'encarrega de revisar les dades que han estat registrades sobre un determinat fenomen per, posteriorment, resumir-los emprant mesures estadístiques que ens ajudin a comprendre què ha ocorregut i com s'ha produït el fenomen.
- L'**analítica diagnòstica** usa els elements descriptius per comprendre per què s'ha produït un determinat resultat o s'ha donat un comportament específic.
- L'**analítica predictiva** s'ocupa de predir què passarà si es reproduïxen les condicions en les quals un fenomen actua.
- Finalment, l'**analítica prescriptiva** estableix pautes d'actuació per obtenir un resultat específic que s'intenta aconseguir quan es donen les condicions oportunes.

Vegem-ne un exemple aplicat a l'anàlisi de l'índex d'abandonament dels estudiants que cursen una assignatura en línia:

- L'**analítica descriptiva** ens mostraria informació sobre el nombre de vegades que un estudiant es connecta al campus, cada quant temps ho fa, quines són les seves qualificacions mitjanes de les activitats d'avaluació, el nombre de missatges que ha enviat als seus companys, etc.
- L'**analítica diagnòstica** ens permetria conèixer les causes del baix rendiment de determinats estudiants, sobre la base de la informació que l'analítica descriptiva ens hagués proporcionat.
- L'**analítica predictiva** ens ajudarà a calcular la probabilitat que un estudiant abandoni l'assignatura en funció del seu nivell d'acompliment, mitjançant l'ús de determinats patrons de comportament que, en el passat, han evidenciat el mateix resultat.
- L'**analítica prescriptiva** ajudarà a definir marcs procedimentals perquè el personal docent actuï enfront de determinades situacions que l'ajudin a facilitar el procés d'aprenentatge de l'estudiant i, d'aquesta manera, ajudar-lo a complir els objectius acadèmics.

Les principals oportunitats de les analítiques de l'aprenentatge com a disciplina són el fet de revelar i contextualitzar la informació oculta fins ara en les dades educatives i preparar-les per les diferents parts interessades. No obstant això, existeixen dos objectius fonamentals de les analítiques (figura 5): la **reflexió** sobre les evidències de l'aprenentatge (vessant descriptiu) i la **predicció** futura sobre la base de les dades i patrons detectats (vessant predictiu). Podríem plantejar-nos algunes preguntes derivades de

cadascun dels objectius especificats, d'aquesta forma, per l'**objectiu descriptiu o reflexiu** les preguntes que les analítiques de l'aprenentatge resolen són les següents:

- Què ha ocorregut?
- Quant, quan i on?
- On està exactament el problema?
- Quines accions cal realitzar?

En contrapartida, les preguntes derivades de l'**objectiu predictiu** de les analítiques de l'aprenentatge es mostren a continuació:

- Per què està passant això?
- Què succeirà si la tendència continua?
- Què passarà després?
- Què és el millor que podria ocórrer?

Per enriquir la contextualització de les analítiques de l'aprenentatge és interessant destacar que són una gran aportació en el marc de regulació de la Competència Digital Docent. Això ocorre perquè en una de les seves àrees (Àrea 4. Avaluació i retroacció) incideix especialment, ja que les analítiques de l'aprenentatge són molt útils per trobar evidències de l'aprenentatge. Una vegada s'han obtingut un conjunt de dades dels estudiants mitjançant l'ús de les tecnologies digitals, possibilita que el personal docent pugui analitzar, organitzar i interpretar aquestes dades, tant individualment com en forma grupal (figura 4).



Figura 4. Contextualització de la competència digital en el procés d'avaluació

Font: Adaptació a partir de la ponència del GTTA per l'actualització del MRCDD. Creative Commons BY-SA 4.0

2. Com avaluar utilitzant les analítiques de l'aprenentatge

2.1. Introducció

Les analítiques de l'aprenentatge no es poden entendre des de la perspectiva de la Ciència de Dades sense considerar tant la **teoria** com el **disseny**, de la mateixa manera que evidencia la figura 5, en la qual es mostren les tres dimensions que han de ser considerades segons Gašević, Joksimović i Kovanović (2017) en l'aplicació de les analítiques de l'aprenentatge:

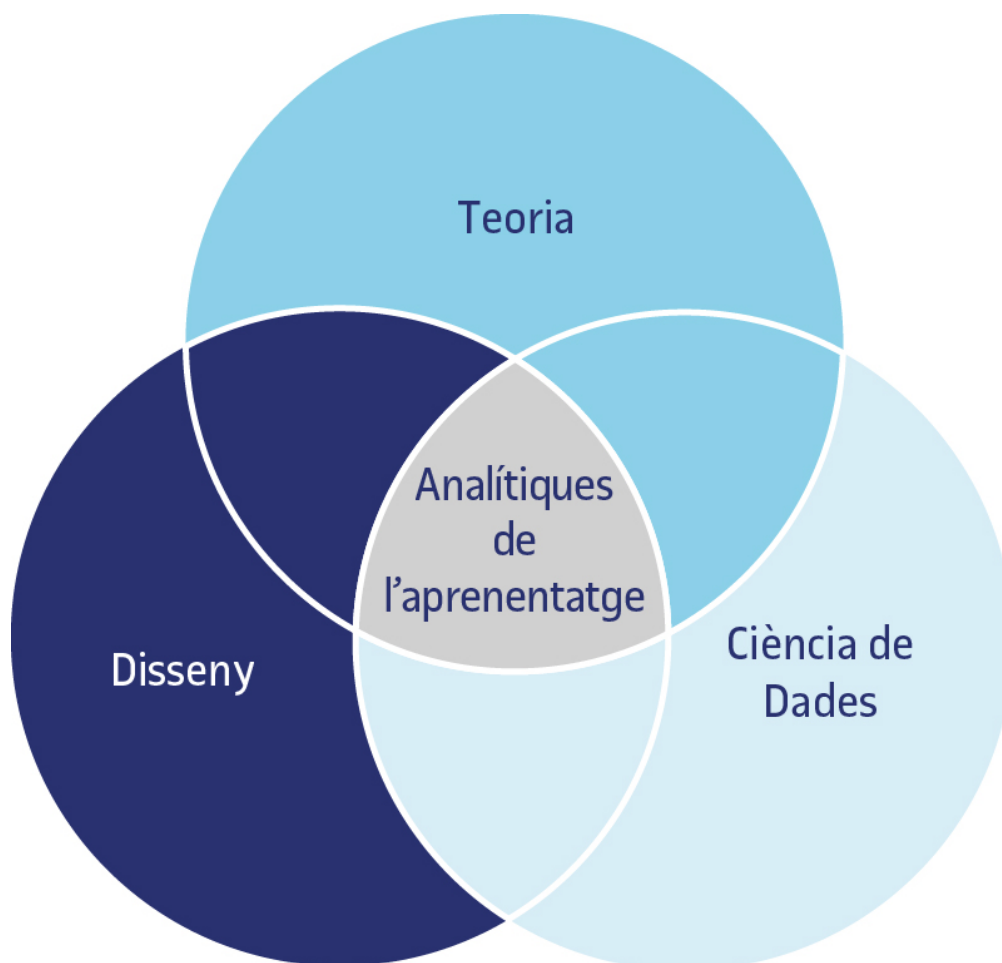


Figura 5. Model consolidat de les analítiques de l'aprenentatge
Font: Gašević, Kovanović i Joksimović, 2017

En aquest model consolidat de les analítiques de l'aprenentatge s'estableix que per obtenir resultats efectius en aquest camp s'han de tenir present tres dimensions: la teoria, el disseny i la Ciència de Dades.

Quan ens referim al concepte **teoria** es fa al·lusió als elements conceptuals essencials que s'han de tenir en compte en un procés d'anàlisi de l'aprenentatge, com ara els fonaments de l'ensenyament o l'aprenentatge, i l'educació en un sentit més ampli. Sobre aquest tema cal destacar que tenir en consideració les condicions internes i externes de l'aprenentatge (disseny d'instrucció, motivació dels estudiants, coneixements previs, etc.) resulta fonamental per una correcta interpretació dels resultats obtinguts.

Aquesta dimensió teòrica de les analítiques de l'aprenentatge es refereix a l'elecció de les metodologies adequades per al disseny de les recerques i els procediments per l'anàlisi de les dades. La consideració d'aquesta dimensió en el model consolidat proposat permet comprovar si són vàlides les relacions o associacions entre els resultats de l'aprenentatge i les conclusions extretes de les traces o rastres digitals que genera l'activitat de l'estudiant.

Una altra de les dimensions que integren les analítiques de l'aprenentatge és la del **disseny**. Amb aquesta fem referència a tres aspectes que s'han de tenir en compte per una correcta aplicació de les analítiques. En primer lloc, el **disseny de la visualització i interacció**, com un element que faciliti la interpretació de les dades amb l'objectiu de causar un efecte potenciador de l'aprenentatge. En segon lloc, destaquem el **disseny de l'aprenentatge**, per seleccionar aquella informació que és rellevant i els mètodes adequats per l'anàlisi. En cas contrari, els possibles models predictius del rendiment dels estudiants poden no tenir efectes significatius sobre la pràctica docent (Gašević et al., 2016). Finalment, s'ha de considerar el **disseny de la investigació**, com un element definitori per establir el marc teòric, la recollida d'informació, la metodologia utilitzada, l'anàlisi de les dades, etc.

2. Com avaluar utilitzant les analítiques de l'aprenentatge

2.2. Fases d'aplicació de les analítiques de l'aprenentatge

Elias (2011) proposa un mètode, vigent avui dia i seguit per la majoria d'autors, per l'aplicació de les analítiques de l'aprenentatge en set fases que es poden agrupar en funció de cada cas. Les fases són les següents:

- **Seleccionar:** Identificar les necessitats d'informació i les dades per recopilar.
- **Capturar:** Consisteix a la recollecció de les dades que han d'analitzar-se provinents de qualsevol sistema i en qualsevol format, la qual cosa ens obliga a pensar que el veritable repte és la normalització d'aquestes dades perquè puguin tractar-se i combinar-se transversalment amb les eines dissenyades per aquest objectiu.
- **Analitzar i resumir:** Aquesta fase requereix l'ús de tècniques d'estadística descriptiva bàsica, síntesi de dades, detecció de patrons o similars, per la presentació dels resultats obtinguts d'una manera elaborada. Això pot incloure representacions visuals en manera gràfica, per exemple.
- **Predir:** La possessió de coneixement sobre un determinat fenomen pot ser utilitzada per al disseny de models per predir determinats resultats quan en un escenari concret s'observen unes tendències o unes altres. Generalment, seran els algorismes els encarregats de realitzar aquestes prediccions, ja que aquest procés pot ser extremadament complex. No obstant això, davant les actuals limitacions pròpies de les analítiques de l'aprenentatge per l'anàlisi de determinats aspectes qualitius sobre l'acompliment dels estudiants, és aconsellable que la predicció sigui duta a terme per part del professorat implicat en el procés educatiu.
- **Usar:** Si les institucions educatives o l'equip docent disposa de la informació adequada i també de les prediccions de futur sobre un determinat context, és convenient passar a l'acció mitjançant accions preventives que ajudin l'estudiant a aconseguir els seus objectius eliminant els riscos que la predicció mostra a curt termini.
- **Refinar:** Aquesta fase és important i necessària, ja que tot procés metodològic no està exempt de canvis en l'escenari en el qual s'aplica ni de l'aparició de noves variables a tenir en consideració. Per aquest motiu, la revisió i actualització dels procediments és imprescindible com a iniciativa de millora constant i iterativa.
- **Compartir:** Difondre els resultats als interessats (estudiants i/o professorat) en el format més adequat possible (visual/textual).

Si seguim el procés d'Elias (2011) i el comparem amb el continu de coneixement de Baker (2007), les **dades** se **seleccionen** i es **capturen**, després, es transformen en **informació** quan li atorguem significat en **agrupar-los**, **classificar-los** i **resumir-los**. La informació es transforma en **coneixement** si s'**analitza** i si es **resumeix**, per la qual cosa podem elaborar **prediccions** sobre el rendiment de l'individu. Finalment, aquest coneixement arriba a l'estadi de **saviesa** si l'emprem per **actuar** sobre els processos de treball col·laboratiu, **refinem** i perfeccionem tot el que no ens ha servit per facilitar la tasca de seguiment i **compartim** les experiències amb altres contextos similars.

Podríem considerar que la disciplina de les analítiques de l'aprenentatge té un fort component tecnològic, i així és per les primeres quatre etapes del mètode d'aplicació de les analítiques que acabem de descriure. Tanmateix, a la resta d'etapes del mètode proposat, el paper del docent és crucial en aquest procés, ja que serà ell qui interpreti els valors i els atorgui un significat, de tal manera que estigui en condicions de realitzar un seguiment i una avaluació de l'estudiant basada en les evidències de l'aprenentatge.

2. Com avaluar utilitzant les analítiques de l'aprenentatge

2.3. El cas de la UOC: Eina DIANA pel seguiment i avaluació d'activitats col·laboratives

Un cas d'èxit relacionat amb l'ús de les analítiques de l'aprenentatge va involucrar a la Universitat Oberta de Catalunya, com a institució educativa superior que va adoptar una perspectiva des de la Ciència de Dades de caràcter educatiu per l'anàlisi de la informació de l'entorn d'aprenentatge en el qual es desenvolupen els graus i màsters que imparteix.

Aquesta experiència es va desenvolupar entre els anys 2021 i 2024, i el seu objectiu va ser evidenciar l'impacte que produeixen les analítiques de l'aprenentatge tant per als estudiants com per al professorat quan duen a terme activitats col·laboratives en línia, concretament, activitats de discussió en línia asíncrones (Debats Virtuals).

1. Selecció de la informació necessària

El professorat universitari necessita obtenir informació sobre els seus estudiants en l'activitat de Debat Virtual de les seves assignatures però, en molts casos, aquesta és una tasca àrdua que comporta un temps considerable, encara més quan el nombre d'estudiants de l'aula és elevat. La informació que requereix el professorat és relativa al rendiment i al procés d'aprenentatge de l'estudiant a fi de prendre decisions d'una manera ràpida i efectiva (Gkontzis et al., 2019), però no tota la informació és igual de rellevant ni es refereix al mateix aspecte observable del fenomen estudiat.

Aquest va ser el motiu pel qual va ser necessària la creació d'un model jeràrquic que classifiqués les dades en diferents nivells de coneixement, com apuntava Baker (2007), i que presentés les dades al professorat, de tal manera, que els facilités la comprensió de la naturalesa de les interaccions que els estudiants duen a terme durant el procés d'aprenentatge, així com el seu rendiment en l'activitat d'avaluació. Es van identificar quatre tipus de factors clau: les dades, les mètriques, els indicadors i les categories (figura 6).

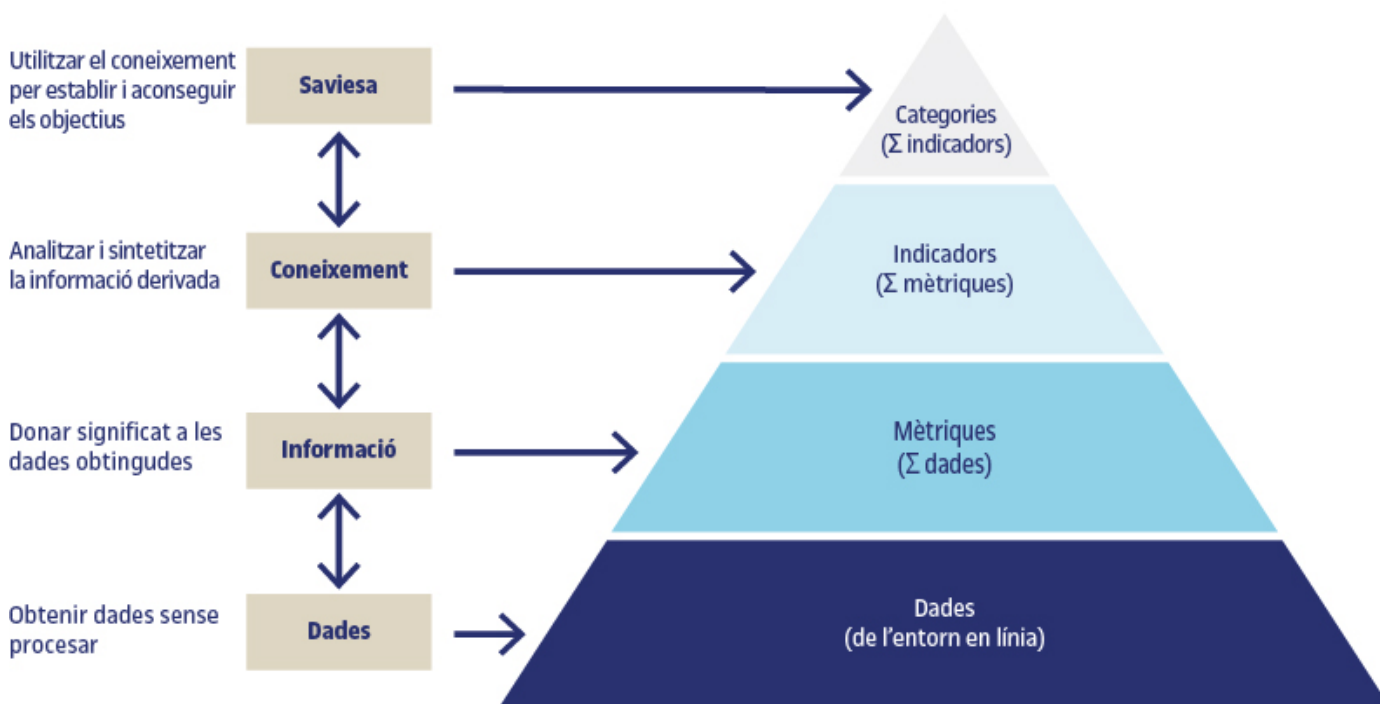


Figura 6. Identificació del model jeràrquic de factors clau per l'avaluació de l'aprenentatge col·laboratiu en línia en contrast amb el continu de coneixement de Baker

Font: Adaptació a partir de Baker, 2007

Les **dades** són la font d'informació de partida. Consisteixen en les evidències de l'activitat de l'estudiant en l'entorn en línia en forma de registres, traces o *logs* del sistema que, per si mateixos, no aporten coneixement.

Les **mètriques** són la correspondència d'una dada empírica del món real a una variable quantitativa o qualitativa del món formal, a la qual se li pot assignar un valor, i requereix definir, no sols el mètode de càlcul sinó també l'escala dels valors.

Els **indicadors** corresponen a un grup de mètriques (variables del món empíric) relacionades entre si que atorguen un nivell de comprensió superior d'un fenomen observat, de manera que ens permeten efectuar una estimació d'un concepte que necessitem avaluar.

Les **categories** són un conjunt d'indicadors que analitzen i resumeixen informació relacionada amb una mateixa característica observable del fenomen d'estudi. Una categoria és la característica específica d'un procés en la qual desitgem centrar la nostra atenció amb la finalitat de conèixer un aspecte concret d'un fenomen, aïllant-lo i observant-hi el seu comportament enfront de determinades situacions o actuacions.

Una vegada definits els factors clau, es van identificar els relacionats amb els Debats Virtuals i la interacció comunicativa entre els estudiants, atès que aquest factor clau és indispensable perquè els estudiants puguin construir coneixement de manera conjunta. Per aquest motiu, es van seleccionar els del model jeràrquic que tenien a veure amb la interacció comunicativa de l'alumnat i que serien de gran utilitat per realitzar el seguiment i avaluació de l'activitat de Debat Virtual que es desenvoluparia en les assignatures de la universitat. La llista de mètriques seleccionades per usar en les analítiques de l'aprenentatge de l'estudi de cas van ser les següents (taula 1):

Dimensió	Codi de mètrica	Mètrica del model jeràrquic de factors clau per al seguiment i avaluació de l'aprenentatge en línia
Grupal	M1	Distribució temporal i grupal dels missatges
	M2	Nombre total dels missatges publicats
	M3	Nombre d'usuaris participants en la comunicació
	M4	Homogeneïtat en la participació comunicativa grupal
	M5	Respostes totals publicades
	M6	Nivell de diàleg
	M7	Extensió mitjana global en la comunicació
	M8	Núvol d'etiquetes dels espais de conversa
	M9	Grau d'adequació del discurs al camp semàntic
	M10	Dispersió/Concentració de la conversa
	M11	Representació visual de la interacció comunicativa asíncrona (graf de nodes – SNA)
	M12	Nombre d'arxius globals publicats/adjuntats
	M13	Nombre d'enllaços externs globals publicats
Individual	M14	Distribució temporal dels missatges individuals
	M15	Nombre de missatges publicats
	M16	Nivell de participació en la interacció comunicativa
	M17	Respostes publicades
	M18	Popularitat
	M19	Extensió mitjana de la comunicació
	M20	Nombre d'arxius publicats/adjuntats
	M21	Nombre d'enllaços externs publicats

Taula 1. Mètriques implementades en l'eina analítica DIANA

2. Captura, anàlisi i resum de la informació

A continuació, es va procedir amb el disseny i la programació d'una aplicació informàtica basada en tecnologies web que permetés capturar informació de l'entorn virtual d'ensenyament i aprenentatge de la universitat per, posteriorment, aplicar Minería de Dades d'acord amb uns algorismes. D'aquesta manera, es va presentar la informació resumida perquè el docent la interpretés i pogués prendre decisions informades.

L'eina informàtica dissenyada es va denominar DIANA (Dialogui ANALysis). Aquesta eina analitza els missatges de cada estudiant i realitza un contrast, tant del contingut com de les metadades de cada missatge, per reportar les mètriques que van ser conceptualitzades en la fase anterior. Aquesta eina es va utilitzar per realitzar el seguiment i avaluació de l'activitat de Debat Virtual, tant en les assignatures transversals a la universitat com també en les assignatures de màster.

DIANA no només reporta mètriques o indicadors de rendiment, sinó que també permet al professorat personalitzar les analítiques mitjançant un panell de configuració en el qual és possible especificar els valors de referència, tant per la generació d'alertes com per la visualització dels resultats (figura 7).

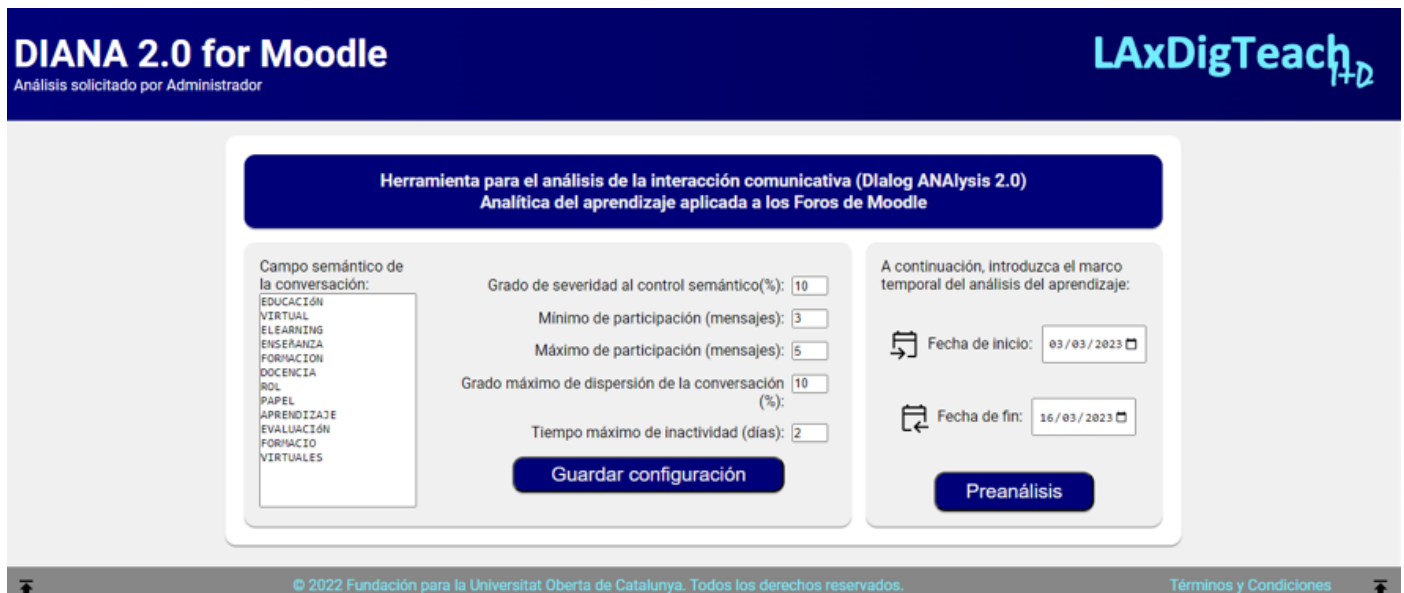


Figura 7. Panell de configuració de DIANA
Font: elaboració pròpia

Una vegada el docent seleccionava les dates d'inici i de fi de l'activitat de Debat Virtual, DIANA reportava les analítiques de l'aprenentatge organitzant-les en diferents pantalles i utilitzant un conjunt de recursos gràfics heterogenis per facilitar la interpretació de la informació (figura 8).



Figura 8. Indicadors i mètriques globals reportades per DIANA
Font: elaboració pròpia

No obstant això, uns dels aspectes més interessants de DIANA és la capacitat d'obtenir informació sobre el nivell d'execució de cada estudiant de manera individual en l'activitat de Debat Virtual. L'eina no només mostra el nombre de missatges enviats, sinó també la possibilitat d'avaluar quins d'ells són missatges de resposta, com es van repartir en el temps aquests missatges, la popularitat de l'estudiant sobre la base de les respostes que van rebre els seus missatges, 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. Indicadors i mètriques individuals de cada estudiant reportades per DIANA

Font: elaboració pròpia

L'avantatge d'utilitzar aquest tipus d'estratègies basades en la ciència de dades és que la possibilitat d'obtenir una radiografia del succeït en l'activitat d'aprenentatge, com mostra la figura 10, en la qual s'aprecien les mètriques d'un estudiant i el seu contrast amb les de la resta del grup aula.

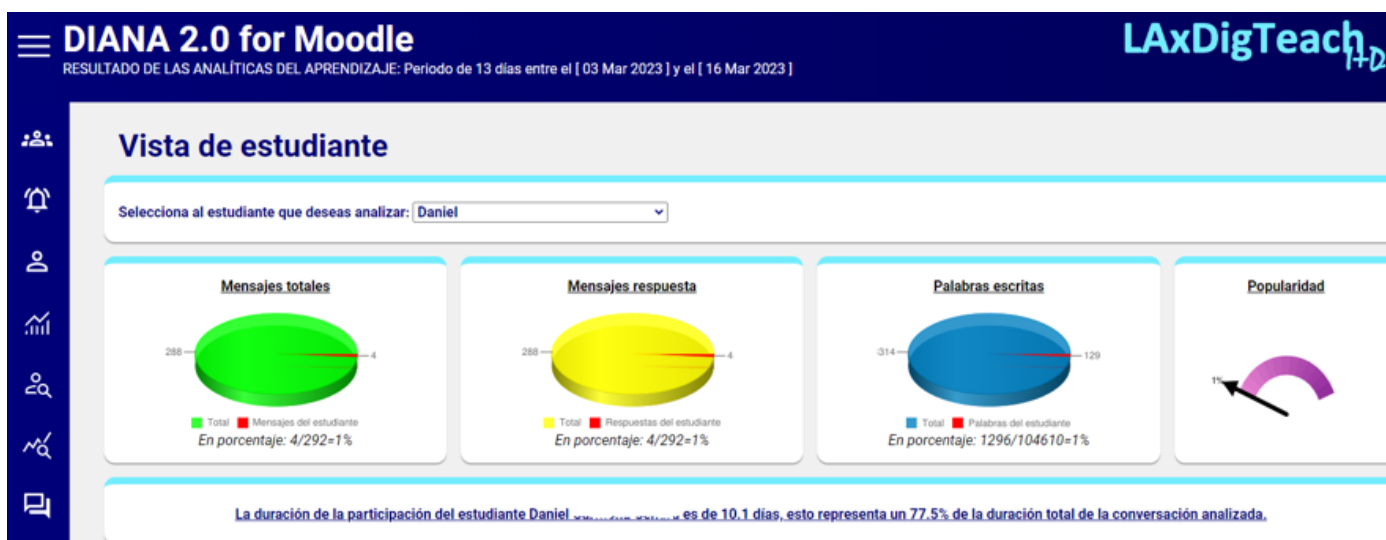


Figura 10. Mètriques individuals en contrast amb les de la resta de l'aula

Font: elaboració pròpia

3. Predicció sobre la base de les evidències

L'actuació docent en l'experiència que estem descrivint no només es va limitar a la interpretació d'aquestes dades una vegada l'activitat de Debat Virtual havia finalitzat, sinó que encara més important va ser l'ús d'aquesta informació durant el propi procés d'ensenyament, amb l'objectiu de poder monitorar l'acompliment de cada estudiant i oferir-li l'ajuda necessària en tot moment per assegurar l'assimilació de les competències definides en el Pla Docent de l'assignatura. Per això, la millor estratègia va ser l'oferiment d'uns suggeriments (*feedback*) personalitzats sobre la base d'aquestes necessitats detectades, i per aconseguir-los va ser essencial tenir accés a les analítiques de l'aprenentatge.

El professorat va tenir l'oportunitat de dur a terme una anàlisi predictiva sobre la base de la seva pròpia experiència professional i de les mètriques reportades per les analítiques de l'aprenentatge. Gràcies a aquesta anàlisi prematura, el docent va poder anticipar-se a situacions de risc que dificulten als estudiants el desenvolupament de l'activitat d'avaluació. Aquesta predicció va ser anticipada mitjançant una estratègia de planificació de les accions que s'havien de dur a terme, la qual es mostra en la taula 2, amb la llista d'activitats en forma de fulla de verificació (*checklist*). Aquesta taula pot servir de referència per desplegar altres iniciatives similars relacionades amb les analítiques de l'aprenentatge.

Check	Codi	Tasca
Fase prèvia		
<input type="checkbox"/>	A1	Realitzar formació per la capacitació docent en l'ús de DIANA.
<input type="checkbox"/>	A2	Accés a l'eina DIANA i verificació de credencials.
<input type="checkbox"/>	A3	Definir inici i fi del Debat Virtual.
Abans d'iniciar el Debat Virtual		
<input type="checkbox"/>	B1	Definir configuració de DIANA en el panell de control.
<input type="checkbox"/>	B2	Obtenir el consentiment informat dels estudiants.
<input type="checkbox"/>	B3	Disseny de l'activitat de discussió en línia asíncrona: objectius, organització, criteris...
<input type="checkbox"/>	B4	Preparar el missatge d'inici de l'activitat.
Durant el Debat Virtual		
<i>Etapa de plantejament de qüestions inicials</i>		
<input type="checkbox"/>	C1	Publicar missatge en el Tauler del professorat presentant l'activitat (B3).
<input type="checkbox"/>	C2	Publicar en el Fòrum els fils de discussió inicials (B4).
<input type="checkbox"/>	C3	Passats 2 dies, alertar els estudiants que encara no han participat.
<i>Etapa de discussió i argumentació virtual</i>		
<input type="checkbox"/>	C4	Publicar missatge en el Tauler del professorat per donar inici a aquesta etapa.
<input type="checkbox"/>	C5	Dinamitzar el Fòrum amb nous fils, reconduint la discussió si és necessari.
<input type="checkbox"/>	C6	Anàlisi de l'aprenentatge durant els dies intermedis.
<i>Etapa de conclusions</i>		
<input type="checkbox"/>	C7	Publicar missatge en el Tauler del professorat per donar inici a aquesta etapa.
<input type="checkbox"/>	C8	Missatge recordatori de tancament el dia previ a la finalització del debat.
Posterior al Debat Virtual		
<input type="checkbox"/>	D1	Publicar missatge en el Tauler del professorat per tancar l'activitat.
<input type="checkbox"/>	D2	Avaluar l'estudiant.
<input type="checkbox"/>	D3	Recollir les dades necessàries d'anàlitzes de l'aprenentatge per al projecte I+D.

Taula 2. Matriu de verificació docent per l'anàlisi de l'aprenentatge

4. Ús de les mètriques i indicadors per la presa de decisions

En aquesta etapa, el professorat evidencia la seva labor docent a través de l'aplicació de mesures específiques d'acompanyament de l'estudiant. Aquestes mesures depenen de la interpretació que es faci de les analítiques de l'aprenentatge i de la capacitat de predir el comportament de l'estudiant que es troba en una situació d'especial vulnerabilitat.

En el cas descrit, aquestes mesures van ser clarament enfocades a la reducció de l'índex d'abandonament dels estudiants a l'assignatura, així com també a l'augment del seu rendiment acadèmic. Aquests dos grans objectius van ser el motiu principal (*leitmotiv*) de la intervenció docent fonamentada en dos pilars: l'ús continuat de les analítiques de l'aprenentatge en cada fase del Debat Virtual, i les respostes (*feedback*) personalitzades sobre la base d'aquesta anàlisi.

S'ha de destacar l'augment del nivell de satisfacció dels estudiants que van ser monitorats amb l'eina DIANA una vegada van ser consultats quan van finalitzar l'activitat de Debat Virtual. Aquest augment es va mesurar en contrast amb aquells grups el seguiment i l'avaluació dels quals de l'activitat d'avaluació es va desenvolupar de manera convencional.

5. Refinament i compartició dels resultats

Arribats a aquest punt, podem dir que el tipus d'analítiques que el professorat va desenvolupar va ser «descriptiva» principalment. Tanmateix, la seva experiència docent li permetia dur a terme l'analítica diagnòstica, i avaluar quines accions havien produït que alguns estudiants no seguissin amb èxit l'activitat. D'aquesta manera, s'aconseguia depurar el marc procedimental i corregir aquells elements de la pròpia activitat o de l'actuació docent quant a seguiment efectuat per facilitar el compliment dels objectius de l'assignatura.

La comprensió del fenomen d'interacció comunicativa reproduït en el Debat Virtual, ofereix informació de valor per millorar la pròpia activitat i adequar-la als interessos particulars dels estudiants. Per aquest motiu, el professorat va millorar en cada edició de l'assignatura els valors de configuració de DIANA per ajustar les alertes que l'eina presenta i també el càlcul de les mètriques.

Finalment, l'equip de professorat es va organitzar per compartir els resultats obtinguts en les seves respectives aules. Aquest treball col·laboratiu de contrast es va executar cíclicament per cadascuna de les edicions de l'assignatura, semestre a semestre.

Per saber més

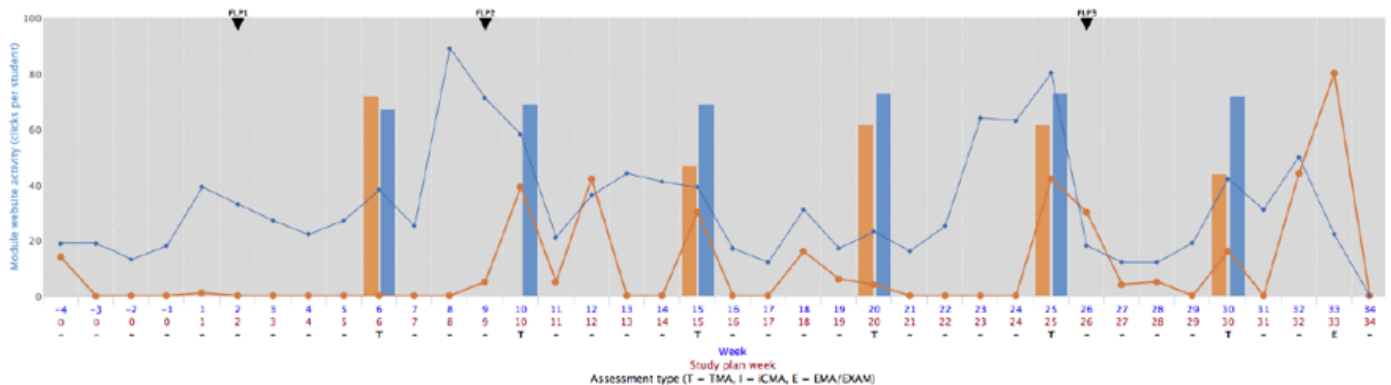
- [El 'big data' redueix l'abandonament i millora les notes dels universitaris](#)
- [Ús de les analítiques de l'aprenentatge en entorns col·laboratius en línia: seguiment i avaluació de les interaccions comunicatives en l'assignatura de competències TIC de la Universitat Oberta de Catalunya](#)

2. Com avaluar utilitzant les analítiques de l'aprenentatge

2.4. El cas de la Open University: Eina EAI d'anàlisi predictiva

L'Open University (OU) del Regne Unit també ha implementat un sistema d'analítiques de l'aprenentatge basat en un quadre de comandament, però en aquest cas, van aplicar l'anàlisi predictiva, ja que el sistema facilita la visualització dels itineraris dels estudiants per predir, amb les dades capturades, el futur desenvolupament de l'estudiant d'acord amb les evidències.

L'eina d'analítiques de l'aprenentatge que l'OU va dissenyar es va denominar EAI (Early Alerts Indicators), i la seva aparença és la d'un quadre de comandament que presenta al professorat la probabilitat que un estudiant no aconsegueixi els objectius proposats en l'assignatura (figura 11). Per això, el sistema utilitza aprenentatge automàtic (*machine learning*) per efectuar prediccions setmanals sobre el risc que un estudiant superi o no la següent activitat d'aprenentatge de l'assignatura.



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	16	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 hompage activity in week 15 TMA02 hasn't been submitted. summary activity in week 15

Figura 11. Quadre de comandament de l'eina EAI

Font: Open University

D'altra banda, l'eina EAI implementa també un model matemàtic regressiu que mostra prediccions a llarg termini sobre l'índex d'abandonament o nivell d'acompliment de l'estudiant.

Els resultats, després de la posada en pràctica de l'eina d'analítiques de l'aprenentatge, van ser molt positius. El professorat, que mai havia utilitzat l'eina, va mostrar índexs de satisfacció superiors a aquells que sí que l'utilitzaven, la qual cosa redunja en la gran aportació que realitzen les analítiques de l'aprenentatge en el camp de l'avaluació en línia. Aquesta percepció es basa en una mostra de 366 docents que van utilitzar EAI durant més de tres anys, per realitzar el seguiment dels estudiants i incrementar-ne la retenció basant-se en models predictius.

Cal destacar que un número significatiu de professorat no va usar l'eina EAI a causa de diversos factors, entre els quals destaca la falta de formació sobre l'ús de l'eina. És per això que és important que el professorat rebí una adequada capacitat sobre l'ús de les analítiques de l'aprenentatge i la manera d'interpretar-les. Una revisió més profunda dels factors que van influir l'adopció de l'eina EAI d'anàlisi predictiva per part del professorat va revelar que estava directament influenciada per una clara identificació i explicació del valor afegit que ofereixen les analítiques de l'aprenentatge, el disseny comprensiu dels quadres de comandament i el suport tècnic i metodològic que s'ofereix al professorat.

3. Una mirada crítica sobre les analítiques d'aprenentatge

A continuació, exposarem alguns aspectes crítics relacionats amb l'ús de les analítiques de l'aprenentatge. De fet, el repte més important actualment no consisteix en l'accés a la informació o la seva explotació mitjançant potents algorismes, sinó més aviat en l'ús que es fa d'aquestes dades i al propi fet de la seva mera existència, que pot fer un sistema vulnerable de formes que ara mateix no podem anticipar.

En aquest sentit, s'han realitzat diferents estudis sobre l'impacte de les analítiques en educació i tots convergeixen a sol·licitar una revisió i anàlisi de l'impacte social i educatiu de les pràctiques actuals de dades des d'una mirada crítica. Raffaghelli et al. (2020) ofereix una perspectiva, adoptant una epistemologia de dades proactiva, en la qual destaca l'oportunitat que brinden els enfocaments basats en dades per analitzar la qualitat educativa. Al mateix temps, revela les críticats de les mètriques i el seu significat per la reputació de l'educació superior, quan desentrona els impactes d'aquests instruments tant en la cultura institucional com en les decisions i prioritats d'acadèmics i estudiants. Prinsloo (2020), qui explora en profunditat els problemes de les dades dels estudiants i el seu ús per produir una tecnoestructura per les analítiques d'aprenentatge, explora el problema a través de la lent conceptual de la vulnerabilitat com a condició inherent dels estudiants en el sistema. Stewart (2020) es basa en la necessitat de construir alfabetitzacions de dades crítiques per navegar-les aquestes dades tant dins com fora de la universitat, i els requisits connectats de desenvolupament de la facultat per aconseguir aquest objectiu. Finalment, Manxola (2020) es relaciona amb l'ús de dades «sobre el desenfrenament» de les xarxes socials més enllà del context universitari. La seva perspectiva incorpora alfabetitzacions de dades crítiques dins de l'alfabetització de xarxes socials.

Per aquest motiu, identificarem els elements que haurem de tenir en compte quan iniciem un procés d'aplicació d'analítiques de l'aprenentatge en el context educatiu. El primer element crític correspon als principals interessats en aquesta tecnologia: el professorat. No obstant això, alguns autors (Aleven, Holstein i McLaren, 2017) critiquen com el disseny de quadres de comandament d'analítiques de l'aprenentatge no coincideix amb el que el professorat necessita, pel fet que no se'ls consulta per al disseny de les eines. El segon element crític correspon als estudiants, ja que si advoquem per un model d'ensenyament i aprenentatge en el centre del qual es troba el propi estudiant, queda clar que aquests també són part interessada en l'ús i explotació de les analítiques de l'aprenentatge, no només pel fet de ser els creadors de la informació en si mateixa, sinó també per permetre'ls l'accés a aquestes analítiques durant el desenvolupament de l'acció formativa. D'aquesta manera, se'ls facilita la seva participació en la definició dels criteris que s'han de seguir per l'anàlisi de l'aprenentatge, i se'ls ofereix una visió crítica de l'ús de les dades.

En el sentit legal més estricte, no hem de perdre de vista la normativa relacionada amb la Llei orgànica de Protecció de Dades (LOPD) i el Reglament General de Protecció de Dades (RGPD) en l'àmbit europeu. En relació amb aquest punt, és important remarcar la necessitat de custodiar adequadament la informació digital recollida dels sistemes d'informació, així com l'obtenció del consentiment informat de totes les parts implicades en l'anàlisi (professorat, estudiantat, universitat). En cas contrari, l'ús de les dades podria veure's afectat per factors externs que limitessin el seu tractament, impedit així el seu ús.

Un altre aspecte crític de les analítiques de l'aprenentatge és el factor tecnològic, ja que en la majoria dels casos no és possible desvincular l'entorn virtual, en el qual es desenvolupa l'activitat d'ensenyament i aprenentatge, de l'eina d'analítiques de l'aprenentatge que s'utilitzarà per realitzar el seguiment i avaluació dels estudiants. Les peculiaritats de cada entorn d'aprenentatge en línia i les seves potencialitats, així com la diversitat de mètodes d'anàlisi existents, no afavoreixen la implementació generalitzada de les analítiques de l'aprenentatge des d'un punt de vista estàndard. En altres paraules, cada context requereix una aproximació tècnica concreta, però aquesta falta d'estandardització pot provocar que no es tingui en compte l'error en els mesuraments (Bergner, 2017). En aquest sentit, existeixen alguns projectes com el de l'estàndard xAPI (*Experience API*) que va ser desenvolupat per oferir una solució escalable i transversal a tots els entorns on es poguessin implementar les analítiques de l'aprenentatge. No obstant això, aquest tipus d'iniciatives no estan generalitzades entre els entorns de programari amb els quals puguem comptar avui dia de manera habitual i estesa.

Si es deixen de banda les qüestions tecnològiques en relació amb l'ús de les analítiques de l'aprenentatge, hem de remarcar el paper essencial que juga el professorat en el procés d'avaluació. Sobre aquest tema, és possible que el professorat pugui tenir dificultats amb la interpretació de la informació que se'ls subministra, ja que sol ser heterogènia en format i tipologia o difícil d'avaluar en contrast amb els valors de referència. Aquest és el motiu pel qual és necessari formar prèviament al professorat i ajudar a interpretar la informació que les analítiques de l'aprenentatge reporten sobre l'activitat dels estudiants. Per exemple, molts quadres de comandament inclouen diferents models de visualització de dades, des del més bàsic a través d'icones fins al més complex representant grafs de nodes a l'estil de l'anàlisi de xarxes socials.

Malgrat el caràcter quantitatiu que la majoria d'autors atorguen a la informació que s'obté de les analítiques de l'aprenentatge, el valor qualitatiu radica en la interpretació conjunta d'una gran varietat de mètriques, atès que ofereix una visió complexa del procés d'aprenentatge dut a terme i, d'aquesta manera, una perspectiva qualitativa del fenomen estudiat (Cerro, Guitert i Romeu, 2020).

Un altre dels elements que cal destacar des d'una perspectiva crítica és la forma en la qual el professorat accedeix, processa i interpreta la informació relacionada amb les pràctiques educatives en línia. El professorat ha de fer front al repte de comprendre fenòmens complexos relacionats amb l'aprenentatge en entorns educatius, sobretot quan intervien multitud de variables i contextos, no tant sobre la manera de recollir la informació que necessiten, sinó més aviat sobre com analitzen aquesta informació per obtenir judicis de valor que assegurin una correcta presa de decisions. És en aquest punt on el docent juga un paper fonamental i essencial, ja que serà ell qui decideixi les accions que emprendreà basant-se en la interpretació de les dades, per molt ben representats que vinguin.

Per tant, el rol del docent a l'avaluació dins d'un model educatiu en el qual els estudiants es troben en el centre del procés d'aprenentatge ha de ser actiu, mitjançant l'ús constant de les analítiques de l'aprenentatge. Per això, el professorat ja no només ha de ser competent en digital per l'exercici de la seva activitat professional, sinó també ha de ser competent en ciència de dades, i ha d'interpretar la informació que els sistemes d'ensenyament i aprenentatge li subministren.

La informació que proporcionen les analítiques d'aprenentatge no són autosuficients, sinó que permeten dotar al professorat d'informació rellevant per la seva pràctica professional en models híbrids i en línia. D'aquesta manera, proporcionaran a l'estudiantat uns suggeriments (*feedback*) més objectius i detallats, la qual cosa facilitarà una veritable experiència d'aprenentatge i, en conseqüència, millorarà la docència i els resultats acadèmics dels estudiants.

Bibliografia

- Aleven, V. [Vincent], Holstein, K. [Kenneth] i 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] i Santanach, F. [Francesc]. (2014, octubre). *Learning analytics in practice: setting up a laboratory for action research at the Universitat Oberta de Catalunya*. [conferència]. 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. [Tesi 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.] i 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] i 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], i Rienties, B. [Bart]. (2016). *Research Evidence on the Use of Learning Analytics*. Joint Research Center. Oficina de Publicacions de la Unió Europea.
- Bienkowski, M. [Marie], Feng, M. [Mingyu] i 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] i 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] i 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] i 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] i 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] i 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] i 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] i 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] i Kovanović, V. [Vitomir]. (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] i Wise, A. [Alyssa]. (2017). Measurement and its Uses in Learning Analytics. En D. [Dragan] Gašević, C. [Charles] Lang, G. [George] Siemens i 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] i 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] i 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] i 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] i 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] i 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.