



RIED. Revista Iberoamericana de Educación a
Distancia
ISSN: 1138-2783
ISSN: 1390-3306
ried@edu.uned.es
Asociación Iberoamericana de Educación Superior a
Distancia
España

Analítica del aprendizaje significativo d-learning aplicado en la enseñanza de la física de la educación secundaria

Salica, Marcelo Augusto

Analítica del aprendizaje significativo d-learning aplicado en la enseñanza de la física de la educación secundaria
RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, vol. 24, núm. 2, 2021

Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia, España

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=331466109014>

DOI: <https://doi.org/10.5944/ried.24.2.28399>

Analítica del aprendizaje significativo d-learning aplicado en la enseñanza de la física de la educación secundaria

Analysis of Significant Learning Applied d-Learning in the Teaching of Physics in Secondary Education

Marcelo Augusto Salica 1

Universidad Nacional del Comahue, UNCo (Argentina),

Argentina

profchelofca@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2652-0701>

DOI: <https://doi.org/10.5944/ried.24.2.28399>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=331466109014>

Recepción: 28 Septiembre 2020
Aprobación: 02 Diciembre 2020

RESUMEN:

El inédito contexto de incertidumbre provocado por la enfermedad de COVID-19 tensiona el sistema educativo de la escuela secundaria. El aislamiento y distanciamiento social obligó el cambio de la educación presencial por una formación remota de emergencia para garantizar la continuidad pedagógica. Ante este cambio de modalidad, las analíticas del aprendizaje como método de investigación de los modelos tecnopedagógicos d-learning permiten evaluar sus efectos en el desarrollo del aprendizaje significativo. La presente investigación se realizó en un grupo de 69 estudiantes con una edad promedio de 16,06 años. El modelo tecnopedagógico se basó en el uso de las aplicaciones de las herramientas de colaboración de Google Suit for Education. Los contenidos fueron desarrollados para la enseñanza de las Leyes del Movimiento de Newton desde un enfoque interdisciplinario (Física y Educación Física) fundamentado en la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad. El acopio de datos del proceso de aprendizaje se realizó durante un periodo de tres meses. Para analizarlo se aplicaron cuatro categorías de las analíticas: contexto instruccional, la motivación, contenido y discurso. En los resultados se identifica el desarrollo de competencias metacognitivas: metaaprendizaje y metaconocimiento. Desde la discusión se arriba a la idea de una analítica del aprendizaje significativo que permita transformar las tecnologías de la información y comunicación en tecnologías del aprendizaje y conocimiento metacognitivo.

PALABRAS CLAVE: aprendizaje significativo, analítica del aprendizaje, enseñanza de la física, d-learning.

ABSTRACT:

The unprecedented context of uncertainty caused by the COVID-19 disease stresses the educational system of secondary education. Isolation and social distancing forced the change from face to face education to remote emergency training to guarantee pedagogical continuity. Faced with this change in modality, learning analytics as a research method of techno-pedagogical d-learning models allow evaluating its effects on the development of meaningful learning. The present investigation was carried out in a group of 69 students with an average age of 16.06 years. The techno-pedagogical model was based on the use of the applications of the collaboration tools of Google Suit for Education. The contents were developed for the teaching of Newton's Laws of Motion from an interdisciplinary approach (Physics and Physical Education) based on the Science, Technology and Society perspective. The data collection of the learning process was carried out over a period of three months. For its analysis, four categories of analytics were applied: the instructional context, the motivation, the content and the discourse. The results identify the development of metacognitive skills: meta-learning and meta-knowledge. From the discussion, the idea of a meaningful learning analytics that allows transforming information and communication technologies into learning technologies and metacognitive knowledge is arrived at.

KEYWORDS: significant learning, learning analytics, physics teaching, d-learning.

NOTAS DE AUTOR

- 1 Marcelo Augusto Salica. Profesor e investigador de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo, Argentina). Su investigación se focaliza en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales, en particular la física y la química por medio de modelos tecnopedagógicos. En los últimos trabajos ha profundizado en las analíticas del aprendizaje, en la carga cognitiva y las teorías del aprendizaje: ubicuo, significativo, distribuido y colaborativo.

La enseñanza remota de emergencia definida por Hodges et al. (2020), fue la modalidad educativa que las diferentes instituciones debieron adoptar ante la crisis sanitaria provocada por la pandemia de COVID-19. Esta pandemia decretada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), forzó el cambio de la educación presencial por la formación en línea y a distancia. Todo esto basado en la necesidad de garantizar la continuidad pedagógica y los derechos de aprendizaje. La coyuntura del escenario educativo determinó que las diferentes instituciones educativas planifiquen y diseñen modelos tecnopedagógicos virtuales de emergencia.

Ante dicho escenario y para el caso de Argentina, el Consejo Federal de Educación (Resolución 363, 2020) determinó que mientras dure el periodo de aislamiento, la evaluación del proceso de aprendizaje será de carácter formativo. Esta situación provocada por la crisis sanitaria tensiona la calidad del sistema educativo e interpela la eficacia del proceso de aprendizaje en un sistema de enseñanza emergente y remoto. Ante este problema y en condiciones inéditas, es menester evaluar si estos pueden promover un aprendizaje significativo y eficaz o no.

De esta manera, en un escenario tecnopedagógico los datos emergen como subproducto de las actividades e interacciones de los estudiantes. Es así que los educadores tienen la posibilidad de utilizar la analítica del aprendizaje como una importante herramienta de conocimiento, que de acuerdo con Galaige y Torrisi-Steele (2019), esta estrategia debería ser propicia para comprender el progreso de los estudiantes, reconocer conceptos problemáticos e identificar a los estudiantes con dificultades. En otros términos, la analítica del aprendizaje debería poder realizar un aporte sustancial para transparentar la relación entre aprendizaje significativo, evaluación y tecnología educativa.

MARCO TEÓRICO

Con el objetivo de que el conocimiento alcance a todas las personas por igual, en cualquier contexto y condición, todo modelo tecnopedagógico que se precie de tal requiere de una cuidadosa planificación y diseño de experiencias de enseñanza y aprendizaje en línea (Zubillaga y Gortazar, 2020). Un modelo tecnopedagógico es una construcción teórica que en términos de Onrubia (2005), articula lo abstracto dado por su diseño y lo real, que se concreta mediante la efectividad de la interactividad desplegada por los participantes.

Basándose en esa concreción, desde el avance de las primeras Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), la educación a distancia (1945) ha generado una diversidad de modalidades derivadas del blended-learning (b-learning), tales como el móvil-learning (m-learning) y ubiquitous-learning (u-learning). El e-learning o enseñanza en línea, es un proceso asincrónico que ocurre lejos del lugar del aprendizaje. Su ventaja reside en la flexibilidad del tiempo y otorga autonomía al estudiantado (Vlachopoulos y Makri, 2019), pero el carácter asincrónico representa su principal desventaja como para ser implementado en un contexto educativo en donde el estudiantado no ha sido preparado para ello. Sin embargo, el b-learning, da lugar a múltiples variantes, como el modelo d-learning o e-learning directo. Este modelo de interacción “puede entenderse como la aplicación de tecnología y estrategias propias de la formación en línea en un contexto de presencia física o como la aplicación de dinámicas propias de la enseñanza presencial en contextos de formación virtual de carácter sincrónico” (García-Peña, 2015, p. 8). La necesidad de implementar este modelo tecnopedagógico, en el contexto de aislamiento socioeducativo, se justifica en el tipo de interacción que ofrece, dado que combina los modos sincrónicos y asincrónicos, y emula un proceso de enseñanza y aprendizaje convencional de tipo presencial. Esto también se justifica en la evidencia científica que destaca los beneficios de la interacción sincrónica que le otorga inmediatez y calidad (Francescucci y Rohani, 2018).

A pesar de la diversidad de diseños tecnopedagógicos, son limitados los contextos educativos de aprendizaje de la Física vinculados al deporte en la educación secundaria que utilicen algunos de estos modelos de manera

que propicie el aprendizaje significativo, sin que el soporte tecnológico se transforme en un repositorio de contenidos. Esto hace necesario que desde los entornos tecnopedagógicos, el estudiantado desarrolle nuevas ideas y promueva la capacidad de interpretar y de adquirir diferentes niveles de conocimientos (Moreira, 2019).

Para saber si marcha bien dicho desarrollo, hay que evaluar la conducta de los alumnos. Gracias a los registros de datos disponibles en los entornos digitales se puede analizar y predecir el comportamiento de las personas en las plataformas educativas. Este tipo de técnicas se presenta como un enfoque emergente en el campo educacional para avanzar en el conocimiento sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje en los entornos digitales (Gros y Cano, 2018). Por otra parte, la analítica del aprendizaje es un tema aplicado con diferentes grados de apropiación en el contexto académico hispanoamericano y particularmente en la Argentina. Su exiguo desarrollo en este último se debe al desconocimiento de los dispositivos técnicos para su aplicación y por su producción teórica de origen inglés (Sabulsky, 2019). Específicamente en el contexto educativo de la escuela secundaria se encuentran algunas aplicaciones incipientes para evaluar sistemas de aprendizaje b-learning y como técnica para aportar posibles soluciones al problema de la continuidad pedagógica (Salica y Almirón, 2020).

Autores como Siemens y Gašević (2012), Amo y Santiago (2017) definen la analítica del aprendizaje como la medición, recopilación, análisis y presentación de los datos sobre los estudiantes, sus contextos y las interacciones que se generan. Por otro lado, Suthers y Verbert (2013) lo definen como la coalescencia de campos intermedios entre las ciencias del aprendizaje, la investigación educativa y el uso de técnicas computacionales para obtener y analizar datos. La interacción de estos campos de conocimientos permite realizar un seguimiento del rastro digital que deja el estudiantado e intervenir en su producción académica atendiendo los desafíos que emergen durante el proceso de aprendizaje en entornos virtuales. Uno de los tipos de análisis de datos que se pueden realizar y que es objeto de estudio de la presente investigación se focaliza en el análisis micro en un determinado curso o aula virtual (Ferguson y Buckingham Shum, 2012). Esto permite analizar y comprender el proceso de aprendizaje basado en la participación de los estudiantes y el intercambio producido entre estos y el profesorado (Gunn et al., 2017). Este tipo de técnicas basadas en la minería de datos en entornos digitales adquiere vital relevancia para evaluar los efectos del aprendizaje en contexto de aislamiento y distanciamiento social, dado que las TIC resultan trascendentales para apoyar y potenciar la evaluación de los procesos de formación. Si bien, uno de los desafíos para comprender los procesos de instrucción en entornos virtuales tiene que ver con su propia naturaleza dinámica, la analítica del aprendizaje permite recopilar grandes caudales de datos e información y de ese modo es posible describir dicha dinámica. Por otra parte, una de las críticas que recibe esta técnica, se encuentra en su uso escasamente pedagógico (Galaige y Torrisi-Steele, 2019). Como lo expresan Gašević et al. (2015), la analítica del aprendizaje se debe focalizar en el estudio del propio diseño instruccional, en el contenido del curso y en las creencias epistémicas promovidas en los participantes.

Por otro lado, y con el objetivo de superar la mera cuantificación de datos superficiales que pueden producir ruidos en su interpretación, el análisis de los efectos de la enseñanza del modelo d-learning se focaliza en la evaluación del aprendizaje significativo del contenido (Sabulsky, 2019), en el desarrollo de competencias del estudiantado (Gros y Cano, 2018), en contextos tecnopedagógicos (Siemens y Gašević, 2012) y con carácter formativo aportado por los datos (Zapata-Ros, 2013).

Focalizándose en esos puntos, la organización de los contenidos y el diseño tecnopedagógico, son dos de las diferentes variables pedagógicas y didácticas que determinan la metodología con que se enseña y sus efectos en el aprendizaje. Esto implica la forma con la que se representan y se relacionan los contenidos en el proceso de educación y son las que seguramente tienen mayor incidencia en dicho proceso. A los efectos de comprender el impacto de la Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje (SEA) d-learning en el desarrollo del aprendizaje significativo, es imprescindible por la complejidad del objeto de estudio, abordarla desde la perspectiva de la didáctica de las ciencias. Entendida esta última como una disciplina autónoma, pero interconectada con

otros campos disciplinares (Adúriz-Bravo, 2000), como la analítica del aprendizaje (Suthers y Verbert, 2013), que en el marco de la investigación educativa busca mejorar los procesos de enseñanza desde diversos puntos de vista (Long y Siemens, 2011). En este orden de ideas, la didáctica de las ciencias naturales y la analítica del aprendizaje, cada una con sus propios métodos, objetivos y finalidades convergen en el mismo propósito, es decir, se encuentran ante la necesidad de comprender y mejorar los procesos de formación en entornos digitales.

En este sentido de compartir un objetivo en común, resulta de particular aplicación los fundamentos del aprendizaje significativo para el diseño del modelo d-learning y organizar los contenidos disciplinares en forma de proposiciones significativas (Ausubel et al., 1983). Este enfoque se fundamenta en las ideas de Novak y Gowin (1988), quienes sostienen que “los conceptos, y las proposiciones que forman las concepciones, sean elementos centrales en la estructura del conocimiento y en la construcción del significado” (p.26). Promover este tipo de aprendizaje requiere que el estudiantado domine principalmente los procesos de metacognición, como clave para aprender a aprender y aprender a pensar (Chroback, 2017). Es decir, dentro de la Teoría del Aprendizaje Significativo (1968), el metaconocimiento y metaaprendizaje son sus dos pilares fundamentales. Por “metaconocimiento se entiende el conocimiento relativo a su naturaleza y estructura, mientras que el metaaprendizaje se vincula al aprendizaje relativo a la naturaleza del aprendizaje” (Novak y Gowin, 1988, p. 33). De esta manera, el desarrollo de estas competencias metacognitivas en los entornos de enseñanza remota resulta de particular aplicación, para la “medición y evaluación del aprendizaje del contenido y el desarrollo de competencias del estudiantado” (Gros y Cano, 2018, p.50). Por otra parte, se plantea que la dinámica del diseño d-learning permitiría la transferencia de los conceptos centrales a nuevas situaciones, promoviendo la profundización y una mayor comprensión del contenido interdisciplinar. A su vez, la analítica del aprendizaje significativo apoyada en la metacognición viabilizaría la transformación de la evaluación en una herramienta de conocimiento. En estos términos y de acuerdo con Galaige y Torrisi-Steele (2019), si la evaluación es conocer y comprender, los datos suministrados mediante las analíticas del aprendizaje significativo permitirán describir la forma de apropiación de los procesos por los cuales se produjo el conocimiento.

OBJETIVO

Mediante la analítica del aprendizaje significativo de las clases de física d-learning, el presente estudio tiene por objetivo: caracterizar la dinámica del proceso d-learning con perspectiva didáctica en contexto de aislamiento y distanciamiento social; vincular los datos del modelo tecnopedagógico con el aprendizaje significativo y matizar una primera idea de la analítica del aprendizaje significativo.

MÉTODO

La investigación consiste en un estudio de caso aplicado a un grupo único experimental natural de estudiantes de la educación secundaria, cuya indagación se encuadra dentro del proceso de investigación-acción-formación de la cátedra de Práctica Docente I del Profesorado en Física (Universidad Nacional del Comahue).

Participantes

La totalidad de los participantes se compone de tres subgrupos del cuarto año de la escuela secundaria, con un total de 69 estudiantes constituido de la siguiente forma: 42 mujeres (60,86%) y 27 hombres (39,13%), con una edad promedio de 16,06 años ($S_E = 0,36$). Otra de sus características está dada por el tipo de

aprendizaje, donde 65 son estudiantes de aprendizaje típico y 4 cursan con adecuación de sus trayectorias escolares, es decir, son estudiantes con necesidades educativas especiales. El estudiantado cursa la asignatura física y deportes del ciclo superior, con orientación bachiller. La institución educativa se ubica en la ciudad de Cipolletti, provincia de Río Negro (Patagonia Argentina).

Diseño experimental y fuentes de datos

Se utilizó un enfoque de investigación cuantitativo basado en las analíticas del aprendizaje con perspectiva didáctica. Los instrumentos de investigación consisten en el (1) diseño de la secuencia de enseñanza y aprendizaje d-learning (2), la plataforma educativa Google Classroom con sus aplicaciones disponibles y (3) un cuestionario aplicado al final de la intervención tecnopedagógica mediante el uso de Google Formularios.

TABLA 1
Esquema del diseño experimental

Estudiantes de 4to año	Instrumentos:	
	(1) SEA d-learning (2) Google Classroom	(3) Google Formularios
Tiempos Orientativos	Analíticas del aprendizaje	
	01/04/2020	x/y+n/2020
		29/06/2020

Instrumento 1: secuencia de enseñanza y aprendizaje

El diseño de la SEA d-learning se enfoca en la enseñanza de los tres Principios del Movimiento de Newton, mediante la articulación interdisciplinaria de Física y Educación Física para el estudio de contenidos específicos en la educación secundaria. Para otorgar significado y reciprocidad a la estructura del contenido interdisciplinario, este se articula desde un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS). Las características del enfoque CTS son consideradas como buenos contextos para desarrollar las habilidades del pensamiento científico y crítico (España Ramos y Prieto Ruz, 2010), con el propósito de capacitar al estudiantado en la aplicación de dichas habilidades en situaciones cotidianas. Esto se debe a que los estudios CTS componen un campo de trabajo interdisciplinario en los ámbitos de la investigación académica, la educación y la política pública. Este campo se focaliza en la necesidad de generar un espacio de encuentro significativo que regule la interacción democrática del cambio científico-tecnológico y dicho espacio se encuentra en el ámbito educativo (Gordillo, 2017).

Cada SEA d-learning tiene la misma estructura didáctica de inicio, desarrollo y cierre, caracterizada como ciclo constructivista de enseñanza y aprendizaje (Sanmartí, 2002). Sus contenidos fueron elegidos en función de las características del grupo de estudiantes y de acuerdo a su nivel de dominio disciplinar y conocimiento sobre las dificultades de aprendizaje. Por otra parte, los contenidos son vinculados al currículo mediante los siguientes ejes tomados de los Núcleos de Aprendizaje Prioritarios (2011): La introducción a la noción de campo de fuerzas como una zona del espacio donde se manifiestan interacciones de diferente naturaleza, utilizando ejemplos gravitatorios, eléctricos y magnéticos. La anticipación en la producción motriz para la resolución de problemas que presentan las diferentes prácticas corporales y su aprendizaje. La descentración en la lectura de situaciones motrices, anticipando problemas y resultados para la toma de decisiones en función de una óptima resolución. La selección y utilización de secuencias de tareas para la mejora de las capacidades motrices, reconociendo criterios y principios para su realización adecuada.

Con base en lo anterior, la SEA d-learning se organizó en los cuatro capítulos siguientes, cada uno desarrollado durante una semana:

- Capítulo 1: Las fuerzas en el cuerpo humano.
- Capítulo 2: Ley de Inercia de Newton.
- Capítulo 3: Ley de Acción y Reacción.
- Capítulo 4: ¡Que la fuerza te acelere!

El instrumento busca promover la realización de actividades físicas a través de la gamificación como estrategia para incrementar la motivación en estas dos disciplinas, en contexto de incertidumbre provocado por la pandemia de COVID-19. Esto se realiza a través de actividades deportivas con el propósito de mejorar sus capacidades condicionales de fuerza, resistencia muscular y flexibilidad, aplicando los saberes adquiridos de esta ciencia.

Instrumento 2: Google Classroom

La plataforma educativa Google Classroom (GC) viene incluida en el servicio gratuito de G Suite for Education, con aplicaciones como: Drive, Gmail, Meet y YouTube entre otros. Mediante la configuración de las aplicaciones se obtiene un modelo tecnopedagógico d-learning. La versatilidad de las aplicaciones permite administrar el trabajo en el aula virtual y realizar el seguimiento del estudiantado. En otros términos, GC posibilita personalizar y focalizar los avances de cada estudiante, identificando dificultades y oportunidades durante el desarrollo del contenido.

Desde la analítica del aprendizaje, GC admite recibir notificaciones por correo electrónico para profesores y estudiantes, que son configuradas para automatizar el registro de informes sobre el trabajo de estudio: invitaciones para apuntarse en clase, tareas (entregadas y recibidas) y comentarios de publicaciones referidas al contenido de la asignatura. De esta manera, este conjunto de notificaciones genera un banco de datos basado en las interacciones que son compilados y almacenados por defecto en el correo electrónico que utiliza el profesorado cada vez que realiza algún tipo de actividad en GC. Este compilado es manipulado posteriormente para el análisis estadístico e interpretación cualitativa en función de los objetivos de la investigación.

Instrumento 3: Cuestionario en Google Formularios

Google Formularios es una aplicación de administración de encuestas que se incluye en la suite de oficina de Google Drive y Google Classroom junto con Google Docs, Google Sheets y Google Slides. Esta permite crear cuestionarios con diferentes formatos de preguntas, tipo cerradas o forzadas para elegir opciones como las escalas Likert, y preguntas abiertas o de construcción para desarrollar la respuesta. La combinación de este tipo de instrumento mixto o multimodal permite diferenciar entre memoria libre y los diferentes procesos de reconocimiento metacognitivos (Salica, 2018). Para el estudio se desarrolló un cuestionario de 10 preguntas basado en un modelo mixto. Nueve de ellas deben ser respondidas valorando cada una de las opciones en función de una escala ordinal: Nada (1), Poco (2), Bastante (3) y Mucho (4), incluyendo las opciones No sabe/No contesta. La pregunta 10 es una consigna abierta o de desarrollo para permitir al estudiantado expresarse libremente. A continuación se exhiben las preguntas del cuestionario y se destaca en negrita la categoría de conocimiento que se indaga en cada una.

TABLA 2
Instrumento mixto

Preguntas:

- 1 ¿Crees que esta SEA te ha ayudado a adquirir habilidades?
- 2 ¿Consideras útil lo aprendido con esta SEA?
- 3 ¿Consideras interesante lo aprendido con esta SEA?
- 4 Tu grado de motivación en la SEA ha sido...
- 5 ¿Cómo valoras el tiempo dedicado a la SEA d-learning?
- 6 ¿Cómo valoras el grado de dificultad de la SEA?
- 7 ¿Crees que la SEA te permitió aprender a aprender?
- 8 Valora tu satisfacción personal en relación con la SEA ...
- 9 ¿Cómo valoras el uso de la plataforma de Google Classroom como medio de apoyo para el aprendizaje?
- 10 Describe una o más habilidades que hayas aprendido en esta SEA...

Las categorías de las analíticas del aprendizaje son adaptadas de Ferguson y Buckingham Shum (2012), quienes ofrecen un esquema para clasificarlas. Con base en estos autores se utilizan 4 categorías de analíticas con perspectiva didáctica: analítica del discurso/lenguaje (discourse analytics), analítica del contenido (content analytics), analítica de la motivación (disposition analytics) y analítica del contexto instruccional (analytics of the instructional context). Las tres primeras categorías se encuentran vinculadas al aprendizaje, con la particularidad de que la analítica del discurso y del contenido se focalizan en el análisis proposicional del contenido, mientras que la última se aplica a la interacción tecnopedagógica.

Procedimiento de análisis de las interacciones

El análisis de las interacciones se realiza mediante técnicas de estadística descriptiva, basada en la identificación de las variables, su categorización, codificación e interpretación cualitativa. Las interacciones son recepcionadas y almacenadas en el correo electrónico que utiliza el profesorado. Luego, son clasificadas para su codificación y categorización de modo que permita describir la dinámica del sistema-aula digital d-learning en base al conjunto de datos obtenidos. Posteriormente, se realiza el análisis de datos con el software SPSS.

El procedimiento de codificación y categorización se realiza aplicando la analítica del discurso/lenguaje (discourse analytics), como forma de comprender el contenido del mensaje que resulta de la negociación y construcción del conocimiento. A su vez, cada respuesta recibida de la interacción se clasifica en función de si el mensaje es realizado por el profesorado, por el estudiantado o es un mensaje automático de GC. El tipo de interacción tecno-interpersonales que suscita en el aula virtual es entendido como analítica del contexto instruccional (analytics of the instructional context). Cuando una de las respuestas incluye dos o más interacciones completamente diferentes, estas son computadas de forma independiente. En caso de que una interacción haga referencia a varias categorías, se codifican con números la segunda y las sucesivas categorías a las que alude esa misma interacción. De esta manera, la analítica del contexto instruccional permite caracterizar el tipo de relaciones e interacciones entre los individuos (estudiantes y profesores) y el aula virtual (GC), para inferir su influencia en el proceso de aprendizaje significativo.

Procedimiento de análisis del cuestionario

La analítica de la motivación (disposition analytics) se utiliza en las preguntas del cuestionario por medio de técnicas estadísticas con el software SPSS. Los datos son recopilados en una hoja de cálculo que genera la misma aplicación. Las respuestas obtenidas de las nueve preguntas de tipo cerradas se analizan cuantitativamente (discourse analytics). En las respuestas de elaboración de la pregunta diez se realiza el análisis de contenido (content analytics) cualitativo para identificar las respuestas vinculadas a las siguientes categorías del aprendizaje significativo: metaaprendizaje y metaconocimiento.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

A los efectos de estudiar el impacto de la SEA d-learning en la dinámica del aula para el desarrollo del aprendizaje significativo, es imprescindible, precisamente por la complejidad del fenómeno de enseñanza y aprendizaje tecnopedagógica, delimitar algunas de sus variables desde la analítica del contexto instruccional con perspectiva didáctica.

Analítica del contexto instruccional

En el sistema-aula digital, las actividades de enseñanza y aprendizaje se encuentran reguladas y orientadas por la SEA d-learning. La progresión de los aprendizajes fluye como resultado de la interacción que sucede entre sus elementos principales. Dicha progresión es capturada por medio de los mensajes y notificaciones que genera el profesorado, el estudiantado y GC. La interacción tecnopedagógica generó un total de 359 registros automáticos. Estos fueron identificados y categorizados por medio de una tabla de frecuencia y representados en la figura 1, donde se destaca con leyendas el inicio y cierre respectivo de cada capítulo de la SEA d-learning (Eje.: Cap. 1).

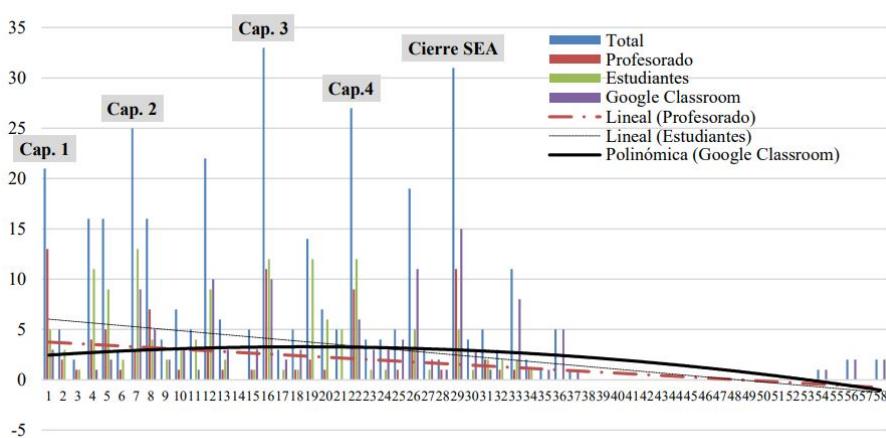


FIGURA 1
Frecuencia de las interacciones en función de los días de desarrollo de la SEA d-learning

A través de las líneas de tendencia, se destaca la conducta de cada actor (Profesorado, Estudiantes, GC) a lo largo de toda la SEA d-learning, a partir de la cual se encuentra que el profesorado y el estudiantado presentan una declinación en sus interacciones. Esto se debe a que en el inicio de cada capítulo hay una mayor demanda de parte de los alumnos para comprender los objetivos de los aprendizajes. Así mismo, al mantener la misma lógica didáctica en toda la SEA, esta demanda disminuye y de manera consecuente la interacción

Profesorado – Estudiantes. Por otra parte, GC presenta una tendencia polinómica. Esta última describe un comportamiento mediador entre los dos anteriores, debido a que el proceso de enseñanza y aprendizaje hacia el final del primer mes de actividades entra en un estado de automatización de las interacciones.

Desde el campo de la analítica del aprendizaje significativo con perspectiva didáctica, los datos muestran los tiempos necesarios que requiere el grupo de estudiantes de aprendizaje típico ($N = 59$), siendo de aproximadamente 29 días. A su vez, se observa que el estudiantado con necesidades educativas especiales ($N = 10$) requiere aproximadamente el doble de tiempo (57 días) para alcanzar un aprendizaje análogo. Además, el seguimiento de los alumnos por medio de la analítica del aprendizaje permitió identificar 6 nuevos estudiantes, respecto de los 4 iniciales que requieren mayor tiempo para aprender.

A continuación, y desde la perspectiva sistémica en la que el interés de este estudio se focaliza, en la siguiente tabla 3, se realiza una descripción estadística de la interacción centrada en los 59 estudiantes que alcanzan el aprendizaje dentro del tiempo programado por el profesorado.

TABLA 3
Estadísticos de la interacción tecnopedagógica

	Total	Profesorado	Estudiantes	Google
N	59	59	59	59
Validos	59	59	59	59
Perdidos	0	0	0	0
Media ()	6,08	1,52	2,35	2,20
Mediana	3,00	0,00	1,00	1,00
Desv. Típ. (S_n)	8,40	$S_p = 2,94$	$S_E = 3,65$	$S_G = 3,28$

Al comparar la media aritmética y su contraste mediante la Desviación Típica (S_n) de cada categoría de la tabla 3, se deduce que el Profesorado interviene en menor medida que el Estudiantado y GC, puesto que la media aritmética entre estos últimos presenta una diferencia de puntos, con un valor promedio de puntos respecto al primero. Así mismo, como la S_n permite establecer un valor de referencia para estimar la variación general del proceso de intervención de estos tres actores, la S_p indica una desviación más baja, respecto de lo que indican las intervenciones realizadas entre el Estudiantado y GC. La S_n entre estos últimos presenta una homogeneidad similar, en efecto, la y de respectivamente. Es decir, el proceso de intervención de los tres actores no presenta una diferencia sustantiva, esto permite inferir que la organización espacial y cronológica de la interacción d-learning de la SEA se encuentra organizada de manera adecuada para promover la progresión de los aprendizajes.

Dentro de la dinámica del aula digital y a fines de los objetivos de la presente investigación, resulta necesario caracterizar la frecuencia participativa de los estudiantes en relación al protagonismo de sus participantes por cada subgrupo (figura 2).

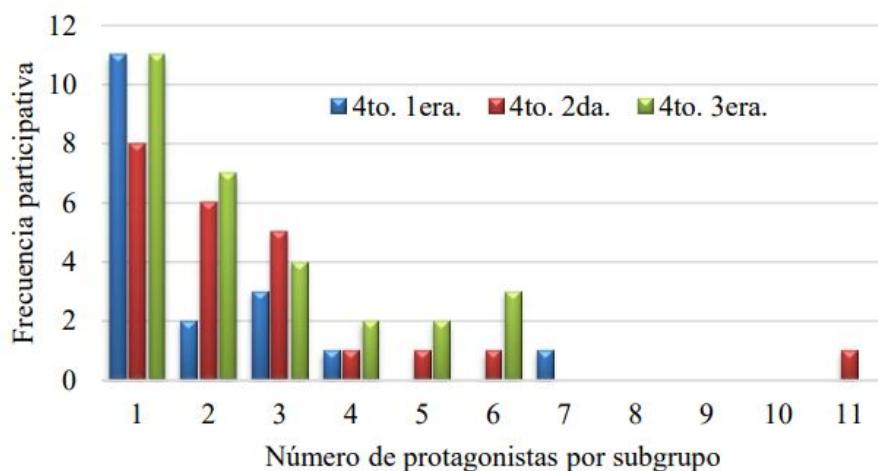


FIGURA 2
Participación del estudiantado por subgrupo

En este caso, es importante comprender cómo se articulan las relaciones intersujetos para promover la progresión del aprendizaje significativo en cada subgrupo. En el curso de un proceso de enseñanza y aprendizaje, los estudiantes interaccionan consigo mismos (reflexionando), con sus compañeros, con otras fuentes de información, con el profesor o con el aula virtual. Para este caso se determinó la frecuencia participativa de cada estudiante en el aula virtual. Esto permite delimitar cuántos alumnos interactúan explícitamente en la dinámica de GC. De esta manera en la figura 2 se observa que no todos los estudiantes interactúan con el profesorado de manera directa, actividad que implicaría realizar comentarios o acciones referido al contenido o con la metodología de enseñanza y aprendizaje. Desde los datos de la figura 2 se puede apreciar que la dinámica de la clase se articula principalmente en torno a un estudiante por curso, quien presenta una alta frecuencia participativa ($f \geq 8$). Al contrastar esta frecuencia con el comportamiento del estudiantado en cada subgrupo, emerge el protagonismo de uno de los estudiantes que complementa la tarea del profesorado en interacción con el resto del estudiantado. Por otra parte, se observa que en cada subgrupo hay aproximadamente hasta cuatro estudiantes que participan con una frecuencia ≤ 2 intervenciones. La participación del resto de los alumnos se hace mediante la entrega de tareas, cuya notificación lo realiza GC. Cada una de estas participaciones constituyen interacciones parciales, configurando la matriz organizativa d-learning que regula y orienta la dinámica del proceso de enseñanza y aprendizaje a lo largo de la SEA d-learning.

Analítica del aprendizaje significativo

La analítica del aprendizaje significativo evalúa el efecto de la dinámica del sistema-aula digital en el aprendizaje de los contenidos y el desarrollo de competencias metacognitivas. Es decir, conlleva la articulación de las analíticas proposicional del discurso, del contenido y de la motivación.

Analítica de la motivación

En la figura 3, se representa las proporciones globales acerca del impacto de la SEA d-learning en el estudiantado.

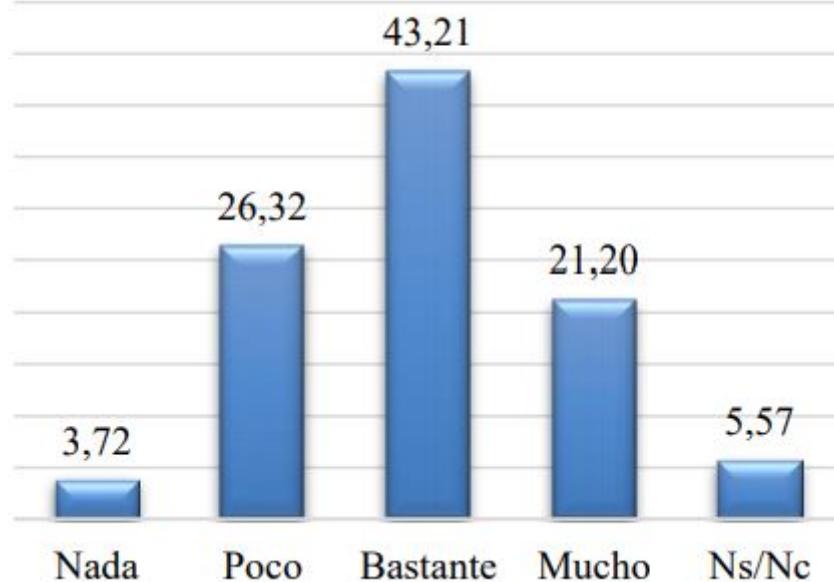


FIGURA 3

Valoración global porcentual del efecto de la SEA d-learning en el aprendizaje

Esta indica la proporción de respuestas de los alumnos ($N = 54$) en relación a la totalidad de las preguntas cerradas ($N = 9$), de esta manera es posible estimar si la SEA d-learning promueve el aprendizaje significativo desde un enfoque cuantitativo. El resultado determina que el 64,41% de los estudiantes ($N = 35$) lo valora como bastante/mucho, mientras que el 30,03% ($N = 16,20$) lo califica como poco/nada. A partir de este resultado, en la tabla 4 se desglosa el efecto global en función de cada una de las preguntas del cuestionario en línea. Con base en los resultados de la tabla 4, los datos dan cuenta de que la SEA d-learning promovió el desarrollo de habilidades generales y específicas, tales como aprender a pensar y aprender en nuevos entornos de aprendizaje. Por otra parte, su finalidad es identificada por el estudiantado, ya que promueve el interés y la motivación en una proporción relevante.

TABLA 4
Valoración del efecto de la SEA d-learning por categorías

	Categorías	Nada	Poco	Bastante	Mucho	Ns/Nc
P1	Habilidades	0	31,5	61,1	3,7	3,7
P2	Finalidad/Utilidad	0	22,2	51,9	24,1	1,9
P3	Interesante	1,9	9,3	57,4	27,8	3,7
P4	Motivador	7,4	46,3	33,3	9,3	3,7
P5	Tiempo	1,9	16,5	51,9	22,2	7,4
P6	Dificultad	5,6	38,9	40,7	7,4	7,4
P7	Aprender a pensar	9,3	38,9	25,9	16,7	9,3
P8	Satisfacción	3,7	18,5	38,9	25,9	13
P9	Aprendizaje d-learning	3,7	14,8	27,8	53,7	0
	Promedio	3,72	26,32	43,21	21,20	5,57

El tiempo utilizado para cumplir con las tareas de aprendizaje resulta moderado, dado que oscila entre las categorías poco/bastante. La dificultad se vincula con la experiencia en sí misma de la SEA d-learning con enfoque interdisciplinario en contexto de pandemia. La valoración de dicha variable debe ser interpretada

en contraste con el nivel de satisfacción que provoca en el estudiantado. Sopesando la dificultad (bastante/mucho: 48,10%) y la satisfacción (bastante/mucho: 64,80%), este contraste de resultados permite inferir que la SEA d-learning equipara los desafíos y oportunidades que presenta la comprensión de los contenidos con la metodología y estrategia de enseñanza y aprendizaje planificado desde la perspectiva CTS.

Analítica proposicional del discurso y del contenido

En la tabla 5, se exponen los resultados obtenidos de la analítica del aprendizaje significativo con enfoque cualitativo, basado en la identificación de los metaconocimientos y metaaprendizajes.

TABLA 5
Categorías de conocimiento metacognitivos

Competencias	frecuencia (%)	Ejemplos Representativos
Metaconocimiento	14	27,45 Reconocer las fuerzas por las cuales estamos constantemente afectados y cómo interactúan entre sí para permitir el movimiento de los cuerpos.
Metaaprendizaje	16	30,76 Aprendí a organizarme con más tiempo para hacer estas actividades, leer detenidamente, ejecutar la parte práctica (que resultó igual de importante que la teórica), relacionar y aplicar los conceptos de física en educación física.
-Conocimiento		Pude aprender y reflexionar más en los movimientos que realicé, con la fuerza peso o sin ella. He aprendido la 2da Ley de Newton en profundidad aplicado a la eficiencia deportiva, y pensado más en la gravedad como fuerza.
Meta:	14	27,45
-Aprendizaje		
Ns/Nc	7	13,72 -----
Total	51	100,00

Estas categorías metacognitivas, constituyen las competencias que caracteriza el aprendizaje significativo. Como se puede observar en la tabla 5, el metaaprendizaje (30,76%) y el metaconocimiento (27,45%) son dos competencias diferentes y se manifiestan de manera independiente en algunos estudiantes, en otros casos

estas dos categorías de conocimientos se expresan de forma interconectada (27,45%). En ambas situaciones, el instrumento mixto permite el acopio de los distintos procesos de reconocimiento metacognitivos (Aprender: 52,94%; Relacionar: 9,80%, Reflexionar: 1,96%, Discernir: 7,84% e Identificar: 1,96%) alcanzado por el estudiantado y diferenciando los de memoria libre (Recuerdo: 11,76%; Ns/Nc: 13,73%). Por medio de la analítica proposicional de las diferentes funciones metacognitivas en la estructura que concierta las proposiciones significativas, esta permite caracterizar cualquier concepto que un estudiante pone de manifiesto por medio del conjunto de proposiciones que estos utilizan durante el desarrollo de la SEA d-learning.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Dentro de la metodología de la investigación, la analítica del aprendizaje significativo con perspectiva didáctica se basó en la visualización de los datos almacenados durante largos períodos de tiempo (Chatti et al., 2012). Al tener mayor cantidad de datos, estos fueron identificados y vinculados al aprendizaje de los estudiantes mediante su analítica (Amo y Santiago, 2017). Esto deriva de la propia dinámica de la enseñanza presencial en contextos de formación virtual y a distancia de carácter sincrónico y asincrónico que posibilita este tipo de retroalimentación por medio de la plataforma educativa (García-Peñalvo, 2015). A su vez, la interacción d-learning exterioriza la función didáctica del aula virtual. Esto resulta un apoyo relevante para caracterizar el comportamiento del estudiantado y de ese modo mejorar los procesos focalizando en la metacognición y el aprendizaje efectivo (Galaige y Torrisi-Steele, 2019), siendo que el problema concreto que se aborda en el estudio consistió en fortalecer la continuidad pedagógica de los estudiantes para promover el aprendizaje significativo, en contexto de aislamiento y distanciamiento social.

Por otra parte, al introducir una técnica de investigación emergente en el contexto hispanoamericano y en particular en la Argentina, es menester reconocer el problema que el mismo conlleva y para el cual se pretende realizar aportes que ofrezcan respuestas factibles, es decir, focalizar el uso de la analítica al servicio del aprendizaje (Sabulsky, 2019). En relación a lo anterior, este campo de conocimiento basado en el uso de técnicas estadísticas para procesar, analizar y modelizar el caudal de datos e información que ofrecen las bases de datos automáticas resulta muy prometedora para poder describir y comprender las prácticas efectivas que realizan los sujetos que participan en un entorno educativo digital d-learning. Así, esta técnica permite describir el perfil de apropiación de los estudiantes y las dinámicas de interacción en el sistema-aula digital (actividades, roles de aprendizaje, tipos de interacciones). Es decir, las analíticas del aprendizaje fortalecen la forma de comprender la progresión y el contexto de aprendizaje d-learning con base en los datos con perspectiva didáctica. Como expresa Zapata-Ros (2013), la analítica del aprendizaje aporta datos e información con carácter formativo para orientar la acción educativa.

El caudal de datos que suministran las interacciones constituye una oportunidad para comprender mejor las oportunidades y desafíos que subyacen en la diversidad de los modelos tecnopedagógicos e-learning y sus derivados. Estos resultan de gran utilidad para la evaluación del proceso educativo de los estudiantes, pero de acuerdo con Sabulsky (2019), son ignorados por el escaso uso y aplicación de la analítica del aprendizaje y en particular por la didáctica de las ciencias naturales. En otros términos, el proceso de modelización de los datos con perspectiva didáctica deja conocer los entornos de aprendizaje que estos elaboran, generalmente de manera implícita. Estos espacios implican las interacciones dinámicas que se establecen entre sus pares, con sus docentes, los materiales didácticos y los métodos y estrategias personales que definen sus propios estilos de aprendizaje. Potenciar estas técnicas de indagación permitiría el ajuste de las diferentes herramientas pedagógicas y de diseño instruccional basadas en teorías educativas disímiles, con el fin último de mejorar los procesos de instrucción de los estudiantes.

En este artículo se ha introducido la idea de la analítica del aprendizaje significativo con perspectiva didáctica. Esta surge de la colaboración entre las ciencias del aprendizaje, la investigación educativa y el uso

de técnicas computacionales (Suthers y Verbert, 2013). Para alcanzar esta construcción multidisciplinar, por medio de la medición, recopilación, análisis y presentación de los datos del estudiantado (Siemens y Gašević, 2012; Amo y Santiago, 2017), emerge la necesidad de construir métricas con enfoque mixto o multimodal: cualitativo y cuantitativo. Este tipo de instrumento mejora la interpretación de los datos, al reducir la amenaza a la validez del estudio al evitar posibles desviaciones o sesgos en procedimientos y razonamientos. Para esto, es necesario articular con los aportes de la psicología cognitiva, disciplina que diferencia entre memoria libre y procesos de reconocimiento metacognitivos. Es por ello que los tipos de preguntas aplicadas (cerradas o forzadas y abiertas o de construcción) están diseñados para aprovechar los diferentes procesos metacognitivos (Salica, 2018). De esta manera, la métrica utilizada en la analítica del aprendizaje apoyada en la metacognición transforma a la tecnología en una herramienta de conocimiento auténtica (Galaige y Torrisi-Steele, 2019). Esta mide, estructura y combina los diferentes conceptos por medio de proposiciones claves que caracterizan el aprendizaje significativo (Ausubel et al., 1983; Novak y Gowin, 1988). Así, la analítica del aprendizaje significativo consiste en recoger datos y metadatos producidos por el estudiantado para vincular la progresión de los aprendizajes con las competencias metacognitivas en entornos tecnopedagógicos, a partir de analíticas del aprendizaje disímiles.

En síntesis, la analítica del aprendizaje significativo en el contexto educativo podría contribuir a la integración de las TIC para transformarlas en Tecnologías del Aprendizaje y Conocimiento Metacognitivo, y para la toma de decisiones informadas. Esto posibilitaría que cada estudiante desarrolle lo mejor de sí mismo y que nadie quede atrás, dado que el tiempo de aprendizaje individual es una incertidumbre que la analítica permite indagar y de ese modo el profesorado estaría en condiciones de ajustar la dinámica de la interacción del sistema-aula digital y diseñar la SEA para que todos puedan aprender desarrollando las competencias del siglo XXI (Chrobak, 2017; Gros y Cano, 2018).

REFERENCIAS

- Adúriz-Bravo, A. (2000). La didáctica de las ciencias como disciplina. *Enseñanza & Teaching: Revista interuniversitaria de didáctica*, 17, 61-74.
- Amo, D., y Santiago, R. (2017). *Learning Analytics: la narración del aprendizaje a través de los datos*. Oberta UOC.
- Ausubel, D., Novak, J. D., y Hanesian, H. (1983). *Aprendizajes significativos. Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. 2º Ed. Trillas.
- Chatti, M. A., Dyckhoff, A. L., Schroeder, U., y Thüs, H. (2012). A reference model for learning analytics. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5-6), 318-331. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2012.051815>
- Chrobak, R. (2017). El aprendizaje significativo para fomentar el pensamiento crítico. *Archivos de Ciencias de la Educación*, 11(12), e031. <https://doi.org/10.24215/23468866e031>
- España Ramos, E., y Prieto Ruz, T. (2010). Problemas socio-científicos y enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 71, 17-24.
- Ferguson, R., y Buckingham Shum, S. (2012). Social Learning Analytics, five approaches. En: *2nd International Conference on Learning Analytics & Knowledge*, 29 Apr - 02 May 2012, Vancouver, British Columbia, Canada, 23-33. <https://doi.org/10.1145/2330601.2330616>
- Francescucci, A., y Rohani, L. (2018). Exclusively Synchronous Online (VIRI) Learning: The Impact on Student Performance and Engagement Outcomes. *Journal of Marketing Education*, 41(1), 60-69. <https://doi.org/10.1177/0273475318818864>
- Galaige, J., y Torrisi-Steele, G. (2019). Análisis del 'aprendizaje' en el análisis orientado al alumno: metacognición y la zona de desarrollo próximo. *Revista Internacional de Tecnología y Educación Vocacional para Adultos (IJAVET)*, 10(1), 1-12. <https://doi.org/10.4018/IJAVET.2019010101>
- García-Peña, F. J. (2015). Cómo entender el concepto de presencialidad en los procesos educativos en el siglo XXI. *Education in the knowledge society (EKS)*, 2(16), 6-12. <https://doi.org/10.14201/eks2015162612>

- Gašević, D., Dawson, S., y Siemens, G. (2015). Let's not forget: Learning analytics are about learning. *Tech- Trends*, 59(1), 64-71. <https://doi.org/10.1007/s11528-014-0822-x>
- Gordillo, M. M. (2017). *El enfoque CTS en la enseñanza de la ciencia y la tecnología*. Paraguay: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).
- Gros, B., y Cano, E. (2018). El uso de las analíticas de aprendizaje para la mejora de la formación. En T. Lleixà, B. Gros, T. Mauri, y J. L. Medina (Eds.), *Educación 2018-2020. Retos, tendencias y compromisos* (pp. 45-50). IRE-UB.
- Gunn, C., McDonald, J., Donald, C., Milne, J., y Blumenstein, M. (2017). *Building an evidence base for teaching and learning design using learning analytics*. Project Report. <https://bit.ly/39lzBHO>
- Hodges, Ch., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., y Bond, A. (2020). The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. *Educause Review*.
- Long, P. D., y Siemens, G. (2011). Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *Educause Review*, 46(5), 30-32. <https://doi.org/10.17471/2499-4324/195>
- Moreira, P. (2019). El aprendizaje significativo y su rol en el desarrollo social y cognitivo de los adolescentes. *Rehuso*, 4(2), 1-12. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Rehuso/article/view/1845>
- Novak, J., y Gowin, D. (1988). *Aprendiendo a Aprender*. Martínez Roca.
- Onrubia, J. (2005, febrero). Aprender y enseñar en entornos virtuales: actividad conjunta, ayuda pedagógica y construcción del conocimiento. *RED. Revista de Educación a Distancia*, número monográfico II. <https://www.um.es/ead/red/M2/>
- Resolución 363 de 2020 [Consejo Federal de Educación Argentina]. *Por la cual se modifican los procesos de evaluación y continuidad pedagógica*. 15 de mayo de 2020.
- Sabulsky, G. (2019). Analíticas de aprendizaje para mejorar la enseñanza y el seguimiento a través de entornos virtuales. *Revista Ibero-americana de Educación*, 1(80), 13-30. <https://doi.org/10.35362/rie8013340>
- Salica, M. A., y Almirón, M. E. (2020). Analítica del aprendizaje del móvil learning (m-learning) en la educación secundaria. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (26), en prensa.
- Salica, M. A. (2018). Caracterización de las habilidades del pensamiento crítico para el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido en profesores de ciencias naturales. *Enseñanza & Teaching*, 36(1), 199-221. <https://doi.org/10.14201/et2018361199221>
- Sanmartí, N. P. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. SINTESIS.
- Siemens, G., y Gašević, D. (2012). Learning and Knowledge Analytics. *Educational Technology & Society*, 15(3), 1-2.
- Suthers, D., y Verbert, K. (2013, April). Learning analytics as a middle space. En *Proceedings of the Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge* (pp. 1-4). ACM. <https://bit.ly/2UCEYHY>
- Vlachopoulos, D., y Makri, A. (2019). Online communication and interaction in distance higher education: A framework study of good practice. *International Review of Education*, 65, 605-632. <https://doi.org/10.1007/s11159-019-09792-3>
- Zapata-Ros, M. (2013). Analítica del aprendizaje y personalización. *Revista Científica de Tecnología Educativa*, 2(2), 88-118.
- Zubillaga, A., y Gortazar, L. (2020). *Covid-19 y educación: Problemas, respuestas y escenarios*. Fundación COTEC.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Cómo referenciar este artículo: Salica, M. A. (2021). Analítica del aprendizaje significativo d-learning aplicado en la enseñanza de la física de la educación secundaria. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(2), pp. 265-284. <https://doi.org/10.5944/ried.24.2.28399>