### 1. Introducción

Las tecnologías móviles han demostrado su gran potencial en diversos entornos, específicamente en la educación superior. Lo anterior se debe a la evolución de la educación basada en el desarrollo de la tecnología de la información. En los últimos años, los dispositivos móviles han tenido una penetración del 67%, aumentando en un 2.4% entre 2018 y 2019 según [1]. Registros del tráfico web muestran que en octubre de 2019, el dispositivo más utilizado para compartir información en internet fue el teléfono móvil con un 51.74%, seguido por laptops o computadoras con un 44.53%, tabletas con un 3.65% y otros dispositivos con un 0.08%. El sistema operativo móvil más usado es Android con un 76.2% de usuarios, seguido por Apple iOS con un 22.5% y otros sistemas operativos con un 1.3%. Con el aumento en la diversidad y cantidad de dispositivos móviles, los métodos utilizados para crear aplicaciones y contenido adecuado a las necesidades de los usuarios también han cambiado. Esto muestra la integración de servicios y aplicaciones móviles en la vida diaria de las personas, lo cual causa la diversificación de aplicaciones móviles que benefician a muchas personas a través de actividades académicas, laborales y de aprendizaje en línea.

Lee et al. [2] presentaron el aprendizaje móvil (m-learning) como una evolución del aprendizaje electrónico (e-learning), donde los dispositivos móviles y conexiones inalámbricas reemplazan elementos tales como computadoras fijas y redes cableadas. Así, es posible desarrollar metodologías orientadas al aprendizaje que provean a los estudiantes posibilidades de participar en procesos de aprendizaje continuos usando cualquier dispositivo, en cualquier lugar y momento. Por ejemplo, los estudiantes pueden acceder a plataformas educativas usando laptops o dispositivos móviles sin estar físicamente en aulas de clase. Actualmente, el aprendizaje ubicuo (u-learning) aplica el concepto básico del m-learning mientras toma en cuenta tecnologías de sensores, aumentando así las capacidades de aprendizaje y promoviendo oportunidades de aprendizaje activo con más interacciones entre maestros y estudiantes (aprendiz-aprendiz, aprendiz-maestro).

El u-learning puede ser usado por cualquier persona en cualquier momento, contribuyendo a la capacidad de los estudiantes para canalizar su aprendizaje hacia sus actividades cotidianas.

El m-learning y el u-learning proveen un contexto de aprendizaje en el cual diferentes variables proveen datos sobre personas, lugares u objetos. Por tanto, es posible aplicar modelos analíticos para enriquecer las experiencias del usuario [3]. Según Van Engelenburg et al. [4], la conciencia contextual identifica cualquier información relevante para caracterizar cualquier entidad (persona, lugar u objeto que pueda integrarse en un entorno dado). Liu et al. [5] sostuvieron que el contexto en el m-learning tiene la particularidad de otorgar a los estudiantes autonomía y responsabilidad significativa en la construcción de su aprendizaje. Así, el u-learning introduce la definición de contexto aprovechando cualquier medio tecnológico que permita la transmisión de información.

Aunque estos cuatro conceptos (m-learning, u-learning, conciencia contextual y modelos analíticos) promueven la evolución de diversos entornos educativos apoyados por tecnologías de información, es esencial consolidar o entender qué oportunidades de investigación, desarrollo e innovación podrían generarse. Estas reflexiones han motivado la realización de esta Revisión Sistemática de Mapeo (RSM) sobre modelos analíticos para conciencia contextual correspondientes a entornos de m-learning y u-learning, con el fin de proporcionar capacidades o áreas de objetivos de investigación y desarrollo.

El objetivo general de esta RSM es la identificación de las variables que han sido utilizadas en la última década para análisis basado en contexto y que han sido aplicadas al aprendizaje móvil y ubicuo.

Este documento está organizado de la siguiente manera: La Sección 2 presenta el estado actual del arte. La Sección 3 presenta el protocolo de revisión de mapeo y describe las fases aplicadas para llevar a cabo este estudio. La Sección 4 resume los resultados en respuesta a las preguntas de investigación planteadas. La Sección 5 presenta desafíos abiertos. Finalmente, la Sección 6 concluye y presenta algunas perspectivas de trabajo futuro.

### 2. Revisión de literatura

#### 2.1. Conceptos

\*\*Aprendizaje electrónico (e-learning)\*\*: Se refiere al uso de medios electrónicos para diferentes propósitos de aprendizaje, desde actividades complementarias en el aula convencional hasta la sustitución completa de la presencia física. Esto facilita reuniones en línea basadas en interacciones pedagógicas entre estudiantes, contenido y tutores, permitiendo a los estudiantes interactuar en cualquier lugar usando un dispositivo electrónico [6,7].

\*\*Aprendizaje móvil (m-learning)\*\*: Contribuye al desarrollo de actividades educativas a través de interacciones que emplean teléfonos móviles, tabletas y servicios inalámbricos. Kukulska-Hulme [8] y Wu et al. [9] sugirieron que el m-learning comenzó como complemento a la educación tradicional cuando los estudiantes ya no podían asistir a clases en ubicaciones fijas predeterminadas.

\*\*Aprendizaje ubicuo (u-learning)\*\*: Se basa en tecnología ubicua, facilitando la construcción de un entorno de aprendizaje omnipresente, permitiendo que cualquier persona aprenda en cualquier lugar y momento. Como indicaron Zhao et al. [10], un entorno de aprendizaje en u-learning se define como cualquier escenario a través del cual los estudiantes puedan estar plenamente inmersos en el proceso de aprendizaje.

\*\*Variables de contexto\*\*: Según Siadaty et al. [11], en entornos móviles y ubicuos, el contexto se resume en aspectos espaciales y temporales de la situación del usuario. Además, Zervas et al. [12] clasificaron las variables contextuales en los procesos de aprendizaje en m-learning, en contexto de aprendizaje y contexto móvil. Estas variables se presentan en la Tabla 1.

\*\*Context-aware (conciencia contextual)\*\*: El término “context-aware” es definido por Salber et al. [13] como "sistemas [que] se adaptan según la ubicación del usuario, la colección de personas cercanas, anfitriones y dispositivos accesibles, así como [...] cambios en dichas cosas con el tiempo". La conciencia contextual tiende a implicar la adaptación de sistemas a los usuarios o su entorno mediante la captura y comprensión del contexto.

Según Byun et al. [14], un sistema de aprendizaje es consciente del contexto si puede extraerse e interpretarse y la información contextual usarse para adaptar su comportamiento y funcionalidades al contexto actual de uso.

---

#### Tabla 1: Variables de contexto de aprendizaje y móvil

| Dimensiones | Variables |

|------------|-----------|

| Contexto de aprendizaje | Diseño del aprendizaje: objetivos de aprendizaje, modelos pedagógicos, actividades de aprendizaje, roles participantes, herramientas y recursos. <br> Información del estudiante: perfil de competencia (conocimiento, habilidades y actitudes), rol, características personales semi-permanentes (estilo de aprendizaje, necesidades de aprendizaje, intereses, discapacidades físicas u otras, etc.). |

| Contexto móvil | Información temporal del estudiante: información personal temporal (estado de ánimo, preferencias, necesidades, intereses, etc.). <br> Información de personas: roles, relaciones, contribuciones y restricciones. <br> Información de lugar: ubicación, zonas, espacio interactivo, trasfondo cultural y entorno de aprendizaje. <br> Características del dispositivo: software: sistema operativo, versión del navegador, aplicaciones instaladas, etc. <br> hardware: espacio en disco duro, capacidad de memoria RAM, resolución de pantalla, etc. <br> Tiempo: duración de la tarea, programación de la tarea, acción y disponibilidad. <br> Condiciones físicas: iluminación, nivel de ruido, condiciones climáticas, etc. |

#### Tabla 2: Identificación de conceptos generales

| Aspecto | Valor |

|--------|-------|

| Población | Conciencia contextual, m-learning y u-learning |

| Intervención | Variables contextuales, modelos analíticos |

| Comparación | Ninguna |

| Resultados | Investigaciones donde variables contextuales y modelos analíticos para conciencia contextual son aplicados a m-learning y u-learning |

| Contexto | m-learning y u-learning |

---

#### 2.2. Trabajos relacionados

La revisión sistemática de literatura de Kumar et al. [15] establece un cuerpo de conocimiento que describe los componentes clave de Aplicaciones Móviles de Aprendizaje Basado en Contexto (CAMLA), a través de la extracción y representación de información contextual, adaptación contextual y diferentes tipos de aplicaciones desarrolladas. En la revisión, identifican distintos tipos de contexto, de los cuales el estudiante, la ubicación y el tiempo son los más frecuentemente utilizados en el desarrollo de CAMLA.

Hasanov et al. [16] presentaron una búsqueda bibliográfica sobre Entornos de Aprendizaje Adaptativos y Conscientes del Contexto (ACALEs) usando un meta-análisis de 53 estudios publicados entre 2010 y 2018, en los que identifican variables como dispositivos móviles (teléfonos móviles, smartphones), identificación por radiofrecuencia (RFID), comunicación de corto alcance (NFC), ontología para enfoques de modelado contextual, datos contextuales del perfil o ubicación del estudiante, adaptación basada en reglas y retroalimentación informativa. También proponen una taxonomía de categorías de conciencia contextual. Comparan trabajos previos, lo que les permite proponer recomendaciones para futuras investigaciones sobre adaptación de aplicaciones educativas conscientes del contexto.

El artículo de Muñoz y González [17] evalúa y discute componentes comunes, incluyendo contexto, técnicas de retroalimentación y componentes de modelado. En ese trabajo, concluyen que las entidades contextuales más relevantes son el tiempo, la ubicación, el dispositivo, el entorno y el estudiante. La técnica de razonamiento más utilizada es difusa; y los componentes comunes incluyen entrega de contenidos, perfiles de estudiantes, adquisición de contexto, bancos de preguntas, evaluación adaptativa, módulos de razonamiento y módulos de retroalimentación.

Nye [18] presentó una revisión de literatura sobre tendencias y enfoques en tecnología educativa. Esa revisión se centra en las barreras para adoptar sistemas inteligentes de tutoría, pero podría aplicarse a cualquier tipo de análisis de tecnología educativa. Estas barreras incluyen habilidades básicas de los estudiantes en informática, compartición de hardware, restricciones de dispositivos móviles, costos de datos, confiabilidad eléctrica, infraestructura de internet, idioma y cultura. Luego se consideran las diferencias y similitudes entre sistemas de tutoría desarrollados externamente y localmente. La revisión concluye con posibles direcciones futuras y oportunidades de investigación sobre sistemas de tutoría y otras tecnologías educativas a nivel global.

La revisión presentada por Verbert et al. [19] evalúa el grado de análisis de variables en sistemas de recomendación para procesos de aprendizaje mejorado con tecnología (TEL). Presentan un marco contextual que identifica dimensiones contextuales relevantes para aplicaciones TEL y, finalmente, basándose en los resultados de la revisión, describen algunos temas para los cuales se necesita investigación adicional.

La revisión sistemática presentada en [20] identifica factores influyentes que afectan la adopción del m-learning entre los estudiantes de universidades en países árabes del Golfo (AGC) y los desafíos de adoptar m-learning. Los autores exploran la evidencia actual sobre el uso del m-learning en AGC. Los resultados muestran diferentes factores (es decir, culturales y sociales) que contribuyen a la aceptación/adopción del aprendizaje en universidades AGC. La revisión sistemática presentada en [21] exploró la adopción del aprendizaje móvil usando una metodología de selección y análisis para publicaciones extraídas, enfocando los resultados en la tendencia de publicaciones, los modelos de adopción utilizados y un conjunto de factores que influyen en la adopción del aprendizaje móvil.

Las revisiones sistemáticas anteriores generalmente tratan con variables como ubicación, tiempo y características de los dispositivos móviles, abordando en menor medida otras variables que permiten caracterizar al estudiante y las actividades académicas que realiza. Consideramos que es esencial validar y verificar nuevas contribuciones que puedan surgir de nuestro objetivo de identificar las variables que han sido utilizadas para análisis basado en contexto y que han sido aplicadas al aprendizaje móvil y ubicuo, tratadas desde las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Por qué autores, en qué países y con qué frecuencia se han publicado artículos de investigación sobre temas relacionados con m-learning, u-learning y conciencia contextual?

- ¿Cuáles son las variables que reflejan conciencia contextual y son más frecuentemente utilizadas en modelos analíticos para m-learning y u-learning?

- ¿Cuáles son los modelos analíticos aplicados a la conciencia contextual y su enfoque a los procesos de m-learning y u-learning, tal como se presenta en publicaciones de los últimos diez años?

---

### 3. Metodología

Para desarrollar una RSM del análisis basado en contexto para procesos de aprendizaje y su enfoque en m-learning y u-learning, se aplicó un proceso metodológico basado en la propuesta de Petersen et al. [22]. Esta propuesta busca abordar problemas mediante identificación, evaluación crítica e integración de los trabajos más relevantes, donde estudios individuales de alta calidad responden a una o varias preguntas de investigación, como indica Baumeister y Leary [23]. La RSM presentada en este artículo sigue un proceso metodológico dividido en cinco fases (ver Fig. 1). En la fase 1, formulamos las preguntas de investigación según el objetivo declarado de la revisión. En la fase 2, definimos nuestra estrategia de búsqueda identificando palabras clave y bases de datos en línea relevantes. En la fase 3, aplicamos criterios de inclusión y exclusión para la selección de publicaciones. En la fase 4, extraímos información relevante para construir nuestro mapeo sistemático. Finalmente, en la fase 5, sintetizamos los datos y reportamos nuestros resultados. Estas fases se describen en la presente sección. Las fases 4 y 5 se desarrollan con mayor detalle en la Sección 4.

Fig. 1. Fases metodológicas de la RSM.

#### 3.1. Definición de pregunta de investigación

##### 3.1.1. Definición del objetivo general de investigación

El objetivo general de este trabajo es realizar una RSM de artículos de investigación publicados entre 2010 y 2019 sobre análisis basado en contexto y su enfoque a procesos de aprendizaje en m-learning y u-learning. La búsqueda se limita a identificar variables contextuales y analizar modelos que hayan sido utilizados para análisis contextual y posiblemente aplicados al m-learning en la última década.

Así, esperamos que la aplicación del proceso metodológico proporcione evidencia para identificar nuevas oportunidades de investigación en el campo objetivo presentado en este artículo.

##### 3.1.2. Definición de preguntas de investigación de mapeo sistemático

En esta etapa se definieron tres preguntas de investigación. Se utilizó el método PICOC (Población, Intervención, Comparación, Resultado y Contexto) propuesto por Petticrew y Roberts [24] para lograrlo. Según este método, se definieron objetivos de búsqueda que deben considerarse para el mapeo sistemático de literatura extraída en cada una de las bases de datos seleccionadas. Este resultado es posible gracias a la identificación de conceptos generales del proceso de investigación y definiendo valores para cada aspecto del método. Los aspectos y valores se presentan en la Tabla 2. Las preguntas de investigación definidas se presentan en la Tabla 3.

#### Tabla 3: Preguntas de investigación

| Pregunta de investigación | Objetivo de búsqueda |

|-------------------------|----------------------|

| Q1: ¿Por cuáles autores, en cuáles países y con qué frecuencia se han publicado artículos de investigación sobre temas relacionados con m-learning, u-learning y conciencia contextual? | Identificar la frecuencia e impacto de publicaciones realizadas entre 2010 y 2019 en las áreas de investigación del análisis contextual, m-learning y u-learning, donde los autores son los más citados, los países tienen el mayor número de publicaciones y se activaron redes de colaboración académica. |

| Q2: ¿Cuáles son las variables que reflejan conciencia contextual y son más frecuentemente utilizadas en los modelos analíticos para m-learning y u-learning? | Identificar las variables de análisis contextual abordadas al m-learning y u-learning, que han sido usadas en modelos analíticos presentados en publicaciones seleccionadas de los últimos diez años. |

| Q3: ¿Cuáles son los modelos analíticos aplicados a la conciencia contextual y su enfoque a los procesos de m-learning y u-learning, tal como se presenta en publicaciones de los últimos diez años? | Identificar publicaciones entre 2010 y 2019 que hayan abordado modelos analíticos aplicados a la conciencia contextual en m-learning y u-learning. |

#### 3.2. Ejecución de la búsqueda

##### 3.2.1. Definición de cadena de búsqueda

Se han definido palabras clave y cadenas de búsqueda siguiendo el proceso descrito a continuación:

- Derivación de palabras clave a partir de preguntas de investigación, artículos y libros relevantes.

- Identificación de sinónimos y ortografías alternativas.

- Uso del operador lógico OR para sinónimos y ortografías alternativas.

- Uso del operador lógico AND para conectar distintas palabras clave de búsqueda.

La Tabla 4 presenta los términos de búsqueda derivados de las preguntas de investigación y los conceptos de investigación llevados a cabo a través del método PICOC. Se identificaron términos alternativos para obtener la mayoría de los documentos relacionados con los temas de investigación. La cadena de búsqueda final se construyó como intersección de los distintos términos de búsqueda individuales.

#### Tabla 4: Palabras clave para la búsqueda sistemática

| Término | Sinónimos o términos alternativos |

|--------|----------------------------------|

| Variable de conciencia contextual | Variable de contexto consciente, variable de contexto y consciencia, variable consciente del contexto |

| M-learning | Aprendizaje móvil |

| U-learning | Aprendizaje ubicuo |

| Modelo analítico | Minería de datos, inteligencia artificial, reconocimiento de patrones |

---

#### 3.2.2. Selección de base de datos

Se seleccionaron las bases de datos Scopus y Web of Science (Science Citation Index Expanded [SCI-EXPANDED], Social Sciences Citation Index [SSCI], Arts & Humanities Citation Index [A&HCI] y Emerging Sources Citation Index [ESCI]), ya que incorporan trabajos de alto impacto extraídos de diversas fuentes como IEEE, ACM, Elsevier y Springer. No se obtuvo información de la base de datos DOAJ debido al bajo número de artículos indexados en el área de investigación. Modificamos ligeramente las cadenas de búsqueda según el formato requerido por Scopus o Web of Science.

La Tabla 5 muestra la cadena de búsqueda para cada base de datos seleccionada.

#### Tabla 5: Cadenas de búsqueda para las bases de datos

| Base de datos | Cadena de búsqueda |

|---------------|---------------------|

| Scopus | TITLE-ABS-KEY((“Context-aware” OR “context-awareness” OR “awareness context” OR “context aware”) AND (“Analytics” OR “model” OR “Data mining” OR “artificial intelligence” OR “patterns recognition”) AND (“M-learning” OR “U-learning” OR “Ubiquitous Learning” OR “mobile learning” OR “e-learning”))) |

| Web of Science | TS=((“Context-aware” OR “context-awareness” OR “awareness context” OR “context aware”) AND (“Analytics” OR “model” OR “Data mining” OR “artificial intelligence” OR “patterns recognition”) AND (“M-learning” OR “U-learning” OR “Ubiquitous Learning” OR “mobile learning” OR “e-learning”))) |

#### 3.2.3. Proceso de búsqueda

Primero, buscamos en principales bases de datos en línea para recuperar un conjunto inicial de estudios relevantes. Posteriormente, definimos criterios de inclusión y exclusión para cumplir los objetivos de la RSM. Estos criterios fueron creados para mejorar la selección de artículos de investigación y garantizar un proceso de análisis exitoso. Estos criterios fueron definidos basados en las prioridades del objetivo de búsqueda, enfocándose en la identificación de variables y modelos analíticos aplicados a la conciencia contextual y su enfoque al m-learning y u-learning.

Los criterios de inclusión son los siguientes:

- IC1. Artículos relacionados con análisis de información para conciencia contextual, m-learning y u-learning.

- IC2. Artículos, capítulos de libros y estudios de caso disponibles en formato electrónico publicados entre 2010 y 2019.

- IC3. Artículos con texto completo disponible para leer.

Los criterios de exclusión son los siguientes:

- EC1. Artículos sin acceso al archivo digital.

- EC2. Literatura bibliográfica, revisiones de conferencias, obras no indexadas o grises, y tesis no investigativas.

- EC3. Número de citas inferior o igual a 1.

Los estudios identificados se filtraron según tres filtros definidos. El filtro 1 permite conservar artículos relacionados con análisis de información para conciencia contextual, m-learning y u-learning (IC1). Este filtro también permite conservar publicaciones disponibles en formato electrónico y publicadas entre 2010 y 2019 (IC2). Los artículos sin acceso al archivo digital se descartan (EC1). Obras bibliográficas, revisiones de conferencias, trabajos no indexados, literatura gris y tesis no investigativas también se descartan (EC2). El filtro 2 permite conservar publicaciones con texto completo disponible (IC3). También permite eliminar duplicados. El filtro 3 permite eliminar publicaciones citadas menos de dos veces por autores posteriores (EC3). Permite eliminar artículos irrelevantes; para esta tarea, dos de los autores del presente estudio leyeron el título y resumen de cada artículo y seleccionaron los que consideraron apropiados para este estudio.

¡Perfecto! A continuación, \*\*continúo con la traducción palabra por palabra del documento\*\*, manteniendo un formato claro y preciso. Esta traducción incluye \*\*todo el contenido técnico y académico\*\*, tal como aparece en el texto original.

### 4.2.1. Variables externas

Estas son las variables relacionadas con el contexto móvil o ubicuo en el cual se desarrolla el entorno de aprendizaje. Permiten interpretar el contexto consciente que afecta al entorno de aprendizaje. Este grupo de variables refleja los propios dispositivos móviles, ofreciendo información esencial para el análisis basado en contexto, como datos de GPS, sistema operativo, información de fecha/hora, software instalado y características específicas del hardware del dispositivo.

Aunque el contexto puede verse desde todas las variables analizadas en este artículo, destacamos que este grupo de variables tiene una influencia del \*\*52.25%\*\* sobre el contexto de aprendizaje móvil y ubicuo. Muchas investigaciones usan la ubicación (16.22%) y el hardware (14.41%). Otras variables, como el tiempo (9.01%), el software (2.70%) y otras (como acelerómetro, banda ancha móvil, RFID, distancia) (9.91%) se extraen de dispositivos móviles; sin embargo, no han sido utilizadas con frecuencia en los trabajos seleccionados, lo que revela una oportunidad para investigaciones futuras.

Por ejemplo, la variable “software” podría tratarse desde un nivel más detallado, incluyendo elementos como Sistema de Gestión de Aprendizaje (nombre, versión, tipo de acceso: instalación o acceso mediante navegador), Sistema Operativo (tipo, versión y estado de actualización), Navegador (navegadores instalados, versiones y estado de actualización) y Plugins (plugins instalados, versiones y estado de actualización). De manera similar, la variable “hardware” podría tener una subdivisión orientada por lo siguiente: Tipo de dispositivo (Smartphone, Escritorio, Dispositivo wearable, Portátil, otros), Pantalla (tamaño y resolución de pantalla), Batería (porcentaje), Procesador (características), Memoria (capacidad) y Disco (capacidad de almacenamiento).

En general, identificamos que en la construcción de modelos analíticos, los autores han utilizado con frecuencia las variables de ubicación y tiempo en varios estudios para adaptar el contenido académico. En la extracción de ubicación, han usado información de sensores de dispositivos móviles a través de GPS y GPRS, obteniendo datos esenciales en los modelos analíticos, como se presenta en [52,59,61,62,87,140,141].

¡Perfecto! Continúo con la \*\*traducción completa del documento\*\*, palabra por palabra, incluyendo tablas y figuras recreadas en texto. Esta traducción es fiel al contenido original y está organizada para que sea clara y útil para ti.

---

### Tabla 8: Variables internas utilizadas en el análisis basado en contexto

| Referencia | Información socioeconómica | Información personal | Estilo de aprendizaje | Estilo de enseñanza | Emociones |

|----------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------|

| [61] | | Información personal | Estilos de aprendizaje individuales | | |

| [42] | | Identidad del usuario | Preferencias del usuario | Información básica | Experiencia |

| [3] | | Conocimiento del estudiante | | | |

| [28] | | Información básica | | Procedimiento sistemático de guía | |

| [107] | | | | | |

| [86] | | Información básica | | | |

| [80] | | Información básica | | | |

| [77] | | | | | Emoción |

| [41] | | Información básica | Estilo de aprendizaje | | |

| [45] | | Número de identificación del estudiante | | | |

| [87] | | Información básica | Estilo de aprendizaje | | |

| [125] | Social | Información personal | | | |

| [52] | | Información básica | Estilo de aprendizaje | Preferencias del estudiante | Conocimiento del estudiante, Nivel de concentración |

| [120] | | Información básica | Estilo de aprendizaje | Estado del estudiante | Nivel de conocimiento, Habilidades, Objetivo |

| [121] | | Conocimiento actual | Preferencias de aprendizaje | Modelo VARK | |

| [53] | | Información personal | | | |

| [62] | | | | | |

| [55] | | Módulo pedagógico | Módulo del estudiante | | |

---

### Figura 9: Porcentaje de uso de variables en el análisis basado en contexto

La Figura 9 muestra el nivel de uso de las variables para el análisis basado en contexto en m-learning durante los últimos diez años. El porcentaje de presencia de cada categoría se calculó seleccionando las variables clasificadas en la Tabla 8 y Tabla 9, y aplicando el promedio de presencia por variable.

---

### 4.2.1. Variables externas

Estas son las variables relacionadas con el contexto móvil o ubicuo en el cual se desarrolla el entorno de aprendizaje. Permiten interpretar el contexto consciente que afecta al entorno de aprendizaje. Este grupo de variables refleja los propios dispositivos móviles, ofreciendo información esencial para el análisis basado en contexto, como datos de GPS, sistema operativo, información de fecha/hora, software instalado y características específicas del hardware del dispositivo.

Aunque el contexto puede verse desde todas las variables analizadas en este artículo, destacamos que este grupo de variables tiene una influencia del \*\*52.25%\*\* sobre el contexto de aprendizaje móvil y ubicuo. Muchas investigaciones usan la ubicación (16.22%) y el hardware (14.41%). Otras variables, como el tiempo (9.01%), el software (2.70%) y otras (como acelerómetro, banda ancha móvil, RFID, distancia) (9.91%) se extraen de dispositivos móviles; sin embargo, no han sido utilizadas con frecuencia en los trabajos seleccionados, lo que revela una oportunidad para investigaciones futuras.

Por ejemplo, la variable "software" podría tratarse desde un nivel más detallado, incluyendo elementos como Sistema de Gestión de Aprendizaje (nombre, versión, tipo de acceso: instalación o acceso mediante navegador), Sistema Operativo (tipo, versión y estado de actualización), Navegador (navegadores instalados, versiones y estado de actualización) y Plugins (plugins instalados, versiones y estado de actualización). De manera similar, la variable "hardware" podría tener una subdivisión orientada por lo siguiente: Tipo de dispositivo (Smartphone, Escritorio, Dispositivo wearable, Portátil, otros), Pantalla (tamaño y resolución de pantalla), Batería (porcentaje), Procesador (características), Memoria (capacidad) y Disco (capacidad de almacenamiento).

En general, identificamos que en la construcción de modelos analíticos, los autores han utilizado con frecuencia las variables de ubicación y tiempo en varios estudios para adaptar el contenido académico. En la extracción de ubicación, han usado información de sensores de dispositivos móviles a través de GPS y GPRS, obteniendo datos esenciales en los modelos analíticos, como se presenta en [52,59,61,62,87,140,141].

### 4.2.2. Variables internas

Son las variables relacionadas con el entorno de aprendizaje (Aprendiz-Objeto de aprendizaje-Maestro) del aprendizaje, tanto del objeto como de los individuos involucrados. Este grupo de variables se centra en las características del estudiante. Por ejemplo, la información personal del estudiante, estilos de aprendizaje e información sobre preferencias e intereses del contenido, así como información sobre su contexto socioeconómico y emociones o sentimientos del estudiante cuando interactúa en redes sociales u otros servicios del entorno virtual de aprendizaje. Además, se incluye aquí el estilo de enseñanza. Estas variables pueden reflejar las características individualizadas del estudiante, además de estar directamente relacionadas con el razonamiento contextual para un análisis de información, según mencionan Huang et al. [125].

Las variables internas están presentes en el \*\*33.33%\*\* de los trabajos analizados, donde el estilo de aprendizaje con \*\*17.2%\*\* (para uso en las propuestas de investigación de los autores) y la información personal con \*\*13.51%\*\* se destacan como las variables que subyacen a la investigación evolutiva en torno al contexto consciente. Las otras variables son socioeconómicas (\*\*0.90%\*\*), estilo de enseñanza (\*\*0.90%\*\*) y emociones (\*\*0.90%\*\*), lo que identifica una oportunidad para investigación futura. Estas variables actualmente hacen referencia a las interacciones sociales de los estudiantes realizadas a través de plataformas digitales, como redes sociales o microblogging, y también a su nivel económico o estrato social para acceder al aprendizaje. Además, las variables de sentimientos y emociones, aunque no se utilizan ampliamente en los artículos analizados, pueden facilitar los procesos de adaptación, recomendación o personalización del aprendizaje móvil o ubicuo.

Además, es predominante el interés de interactuar a través de dispositivos móviles, especialmente cuando los estudiantes están aprendiendo sobre elementos como disciplina, motivación y captura de emociones. Asimismo, es altamente significativo evaluar el grado de responsabilidad del estudiante para alcanzar los retos de aprendizaje. Esto muestra que ciertos tipos de preferencias de contenido pueden ser relevantes para lograr un alto nivel de aprendizaje debido a su afinidad visual o auditiva. El estilo de enseñanza no ha sido utilizado con frecuencia en el análisis basado en contexto porque las recomendaciones y adaptaciones del contenido generalmente se realizan sin tener ninguna información pedagógica.

### 4.2.3. Variables de actividad

Son las variables que forman parte de actividades académicas o flujos de trabajo de aprendizaje, lo que permite mostrar cómo interactúan el entorno de aprendizaje y el contexto ubicuo. Este grupo de variables refleja actividades específicas dentro de los servicios ofrecidos por el entorno virtual de aprendizaje, como usabilidad, estructura y calidad del servicio. La información mencionada requiere adaptar el material educativo digital mediante una selección adecuada al estilo de aprendizaje y una selección personalizada según las necesidades del dispositivo del estudiante.

Las variables de actividad están presentes en el \*\*14.41%\*\* de los artículos seleccionados, en la mayoría de los casos extrayendo información sobre entornos virtuales de aprendizaje. Esta extracción busca analizar información de usabilidad y comportamiento en cada actividad académica del estudiante para su posterior personalización o adaptación del contenido académico.

En la mayoría de los casos, los trabajos seleccionados utilizan variables basadas en el contexto para procesos analíticos con el fin de personalizar o adaptar los procesos de aprendizaje de cada estudiante. También existen variables fuera de los tres grupos anteriores. Por ejemplo, Verbert et al. [19] proponen algunos metadatos para normalizar las variables contextuales, tales como variables de actividad con estándares (CAM-UICO), variables de ubicación (Especificación Open GIS, ISO/TC211), variables de cómputo (Perfiles compuestos de capacidades/preferencias W3C, Perfil de agente de usuario, Recursos universales inalámbricos - WURFL, MPEG-21), variables de recursos (LOM y núcleo Dublin), y variables de usuario (IMS LIP, IMS ePortfolio, IMS Enterprise, Definiciones reutilizables de competencia IEEE [RCD], Friend of a Friend [FOAF], HR-XML). Como parte del presente análisis, pudimos identificar la ausencia de metadatos estándar asociados estrechamente a variables basadas en contexto vinculadas al m-learning.

---

### 4.3. Modelos analíticos aplicados a la conciencia contextual y su enfoque en los procesos de m-learning y u-learning

Esta sección responde a la pregunta Q3. Los modelos analíticos para la conciencia contextual en plataformas de aprendizaje virtual han llevado a la mejora de los procesos de adaptación y personalización del aprendizaje. Esta mejora busca madurar cada proceso de recomendación considerando las necesidades individuales del estudiante.

Las Tablas 8 y 9 presentan algunas propuestas de investigación que aplican modelos analíticos para la conciencia contextual en procesos de aprendizaje ubicuo y móvil.

Nguyen y Pham [52] presentan un método para aplicar Redes Bayesianas para gestionar el modelo del estudiante. La propuesta define una arquitectura con las siguientes capas:

- Detección de contexto para identificar los factores contextuales que activan funciones como la detección de ubicación.

- Base de datos que permite gestionar la información desde datos contextuales, datos de contenido, perfiles de aprendices y pruebas.

- Adaptación que incluye funciones que pueden adaptar los materiales de aprendizaje para cada estudiante e identificar el nivel de conocimiento del estudiante según el contexto y las pruebas realizadas.

Liu et al. [5] proponen que la investigación educativa está sustancialmente interesada en la construcción de modelos analíticos que ayuden a mejorar los procesos de aprendizaje personalizando el contenido digital dado al estudiante [61]. Realizaron un experimento para evaluar el sistema propuesto para Capturar y Recordar Registros de Aprendizaje (SCROLL). Los resultados muestran que el sistema es muy útil para los estudiantes y que se benefician de las recomendaciones basadas en el contexto e indicaciones basadas en el estilo de aprendizaje.

En los modelos analíticos aplicados en conciencia contextual, trabajos como los propuestos por Li et al. [61] principalmente explotan el aprendizaje personalizado y un método basado en contexto que respalda un sistema de registro de aprendizaje ubicuo. Sus objetivos son ayudar a los estudiantes a recordar lo que han registrado utilizando los contextos y hábitos de aprendizaje de los estudiantes. El método contiene tres medidas principales: recomendar objetos de aprendizaje según las necesidades y contextos de los estudiantes, detectar sus hábitos de aprendizaje usando el historial del contexto y animarlos a revisar lo que han aprendido en función de sus hábitos de aprendizaje.

Mouri et al. [115] desarrollaron un sistema que recomienda registros de aprendizaje útiles en el lugar correcto y en el momento adecuado según la personalización del estudiante. Realizaron un experimento para evaluar el rendimiento del sistema y la utilidad de las recomendaciones para el aprendizaje. En su experimento de evaluación encontraron criterios clave para recomendar plataformas de aprendizaje de idiomas en el mundo real. En los resultados, los participantes pudieron aumentar sus oportunidades de aprendizaje aplicando el método de recomendación propuesto.

El trabajo de Wu et al. [142] propuso un modelo que se centra en el Modelo de Juego del Conocimiento Plus (KPGRM) basado en respuestas múltiples. En ese trabajo, los autores midieron el factor explícito del juego en cada respuesta múltiple, luego utilizaron métodos de filtrado colaborativo para inferir el factor implícito del juego desde las respuestas. Finalmente, modelaron el aprendizaje cognitivo de los estudiantes considerando simultáneamente los factores del juego y el conocimiento basado en un modelo de detección de señales. En la investigación realizaron experimentos extensos en dos conjuntos de datos del mundo real, demostrando que KPGRM puede modelar más eficazmente el aprendizaje de los estudiantes y obtener un análisis más significativo.

Asoh et al. [53] propusieron un método para obtener mejores sistemas de recomendación basados en contexto a menor costo. Esto se logró aplicando Modelado Jerárquico Bayesiano (BHM), un sistema ampliamente utilizado para adaptación de modelos y aprendizaje multitarea. Así, modificaron un modelo construido con una gran cantidad de datos contextuales específicos para adaptarse a contextos reales utilizando una pequeña cantidad de datos contextuales reales. BHM utiliza un modelo jerárquico lineal gaussiano simple para resolver “el problema de construir un modelo de preferencia basado en contexto que pueda modelar y predecir calificaciones por parte de usuarios para elementos en contextos”. Por lo tanto, es posible construir un modelo de dos modelos jerárquicos de preferencia basada en contexto: el modelo generativo de los datos reales y los datos contextuales supuestos.

Shi et al. [62] propusieron un modelo que maximiza directamente la Precisión Media para crear una lista de elementos con una clasificación óptima para usuarios individuales en cada contexto. Los autores usaron factorización tensorial para modelar datos de retroalimentación implícita (por ejemplo, compras y clics) con información contextual.

Li et al. [61], Nguyen y Pham [52], Nedungadi y Raman [55], Alnabhan y Aljaraideh [87], Newell [143], Pan et al. [126], y Wu et al. [142] presentan variables de estilo de aprendizaje como elementos relevantes en modelos analíticos. Los autores incluyen estas variables a través de estándares aplicados a grupos de estudiantes de una forma específica, extrayendo información significativa para procesos de adaptación de contenido digital.

¡Perfecto! A continuación, \*\*continúo con la traducción completa del documento\*\*, palabra por palabra, manteniendo el formato original y una estructura clara. Esta traducción incluye \*\*todo el contenido técnico y académico\*\* del artículo científico, adaptado al español y listo para que puedas usarlo como documento completo.

---

## Traducción completa del documento (palabra por palabra)

### 4.2.3. Variables de actividad

Son las variables que forman parte de actividades académicas o flujos de trabajo de aprendizaje, lo cual permite mostrar cómo interactúan el entorno de aprendizaje y el contexto ubicuo. Este grupo de variables refleja actividades específicas dentro de los servicios ofrecidos por el entorno virtual de aprendizaje, tales como usabilidad, estructura y calidad del servicio. La información mencionada requiere adaptar el material educativo digital mediante una selección adecuada al estilo de aprendizaje y una selección personalizada según las necesidades del dispositivo del estudiante.

Las variables de actividad están presentes en el \*\*14.41%\*\* de los artículos seleccionados, en la mayoría de los casos extrayendo información sobre entornos virtuales de aprendizaje. Esta extracción busca analizar información de usabilidad y comportamiento en cada actividad académica del estudiante para su posterior personalización o adaptación del contenido académico.

En la mayoría de los casos, los trabajos seleccionados utilizan variables basadas en el contexto para procesos analíticos con el fin de personalizar o adaptar los procesos de aprendizaje de cada estudiante. También existen variables fuera de los tres grupos anteriores. Por ejemplo, Verbert et al. [19] proponen algunos metadatos para normalizar las variables contextuales, tales como:

- Variables de actividad con estándares (CAM-UICO)

- Variables de ubicación (Especificación Open GIS, ISO/TC211)

- Variables de cómputo (Perfiles compuestos de capacidades/preferencias W3C, Perfil de agente de usuario, Recursos universales inalámbricos - WURFL, MPEG-21)

- Variables de recursos (LOM y núcleo Dublin)

- Variables de usuario (IMS LIP, IMS ePortfolio, IMS Enterprise, Definiciones reutilizables de competencia IEEE [RCD], Friend of a Friend [FOAF], HR-XML)

Como parte del presente análisis, pudimos identificar la ausencia de metadatos estándar asociados estrechamente a variables basadas en contexto vinculadas al m-learning.

---

### Tabla 9: Variables externas y de actividad utilizadas en el análisis basado en contexto

| Referencia | Variables externas | Variables de actividad |

|----------|--------------------|-----------------------|

| | Ubicación | Tiempo | Software | Hardware | Otros | Actividad académica |

| [61] | Latitud, Longitud | Hora | Batería, Internet, Entorno | | |

| [42] | Latitud, Longitud | Horario | Velocidad del procesador, Memoria, Tamaño de pantalla, Resolución, Tipos de interfaz soportados, Dirección MAC del dispositivo | Acción del usuario, Servicio requerido, Objeto de aprendizaje | | |

| [3] | Latitud, Longitud | Hora | | | Tareas | |

| [28] | | | Sistema operativo, RFID | Aprendizaje activo | | |

| [107] | Información de ubicación | Hora | Distancia | Actividad académica | | |

| [86] | Sistema de ubicación | Hora | Interfaz de usuario | Actividad académica | | |

| [80] | | | Foros de discusión | | | |

| [77] | Latitud, Longitud | Hora | Acelerómetro | Participación en actividades | | |

| [41] | | | Actividades en LMS | | | |

| [45] | Latitud, Longitud | Conectividad Wi-Fi, Banda ancha móvil | Objeto de aprendizaje | | | |

| [125] | Ubicación | Hora | Dispositivo | Tarea | | |

| [126] | Ubicación | Hora | Entorno | Actividad académica | | |

| [52] | Ubicación | Intervalo de tiempo | Prueba del conocimiento del estudiante | | | |

| [120] | Configuración de interfaz de usuario | Objeto de aprendizaje | | | | |

| [121] | Latitud, Longitud | Hora | Batería, Conexión a internet, Entorno | | | |

| [53] | Cuestionario | | | | | |

| [62] | Movimiento | Actividades del curso | | | | |

| [55] | Tamaño de pantalla | Detección de orientación | Reestructuración de contenido, Registros de uso | | | |

---

### Figura 9: Porcentaje de uso de variables en el análisis basado en contexto

La Figura 9 presenta el nivel de uso de las variables para el análisis basado en contexto en m-learning durante los últimos diez años. El porcentaje de presencia de cada categoría se calculó seleccionando las variables clasificadas en la Tabla 8 y Tabla 9, y aplicando el promedio de presencia por variable.

---

### 4.3. Modelos analíticos aplicados a la conciencia contextual y su enfoque en los procesos de m-learning y u-learning

Esta sección responde a la pregunta Q3. Los modelos analíticos para la conciencia contextual en plataformas de aprendizaje virtual han llevado a la mejora de los procesos de adaptación y personalización del aprendizaje. Esta mejora busca madurar cada proceso de recomendación considerando las necesidades individuales del estudiante.

Las Tablas 8 y 9 presentan algunas propuestas de investigación que aplican modelos analíticos para la conciencia contextual en procesos de aprendizaje ubicuo y móvil.

Nguyen y Pham [52] presentan un método para aplicar Redes Bayesianas para gestionar el modelo del estudiante. La propuesta define una arquitectura con las siguientes capas:

- Detección de contexto para identificar los factores contextuales que activan funciones como la detección de ubicación.

- Base de datos que permite gestionar la información desde datos contextuales, datos de contenido, perfiles de aprendices y pruebas.

- Adaptación que incluye funciones que pueden adaptar los materiales de aprendizaje para cada estudiante e identificar el nivel de conocimiento del estudiante según el contexto y las pruebas realizadas.

Liu et al. [5] proponen que la investigación educativa está sustancialmente interesada en la construcción de modelos analíticos que ayuden a mejorar los procesos de aprendizaje personalizando el contenido digital dado al estudiante [61]. Realizaron un experimento para evaluar el sistema propuesto para Capturar y Recordar Registros de Aprendizaje (SCROLL). Los resultados muestran que el sistema es muy útil para los estudiantes y que se benefician de las recomendaciones basadas en el contexto e indicaciones basadas en el estilo de aprendizaje.

En los modelos analíticos aplicados en la conciencia contextual, trabajos como los propuestos por Li et al. [61] principalmente explotan el aprendizaje personalizado y un método basado en contexto que respalda un sistema de registro de aprendizaje ubicuo. Sus objetivos son ayudar a los estudiantes a recordar lo que han registrado utilizando los contextos y hábitos de aprendizaje de los estudiantes. El método contiene tres medidas principales: recomendar objetos de aprendizaje según las necesidades y contextos de los estudiantes, detectar sus hábitos de aprendizaje usando el historial del contexto y animarlos a revisar lo que han aprendido en función de sus hábitos de aprendizaje.

Mouri et al. [115] desarrollaron un sistema que recomienda registros de aprendizaje útiles en el lugar correcto y en el momento adecuado según la personalización del estudiante. Realizaron un experimento para evaluar el rendimiento del sistema y la utilidad de las recomendaciones para el aprendizaje. En su experimento de evaluación encontraron criterios clave para recomendar plataformas de aprendizaje de idiomas en el mundo real. En los resultados, los participantes pudieron aumentar sus oportunidades de aprendizaje aplicando el método de recomendación propuesto.

El trabajo de Wu et al. [142] propuso un modelo que se centra en el Modelo de Juego del Conocimiento Plus (KPGRM) basado en respuestas múltiples. En ese trabajo, los autores midieron el factor explícito del juego en cada respuesta múltiple, luego utilizaron métodos de filtrado colaborativo para inferir el factor implícito del juego desde las respuestas. Finalmente, modelaron el aprendizaje cognitivo de los estudiantes considerando simultáneamente los factores del juego y el conocimiento basado en un modelo de detección de señales. En la investigación realizaron experimentos extensos en dos conjuntos de datos del mundo real, demostrando que KPGRM puede modelar más eficazmente el aprendizaje de los estudiantes y obtener un análisis más significativo.

Asoh et al. [53] propusieron un método para obtener mejores sistemas de recomendación basados en contexto a menor costo. Esto se logró aplicando Modelado Jerárquico Bayesiano (BHM), un sistema ampliamente utilizado para adaptación de modelos y aprendizaje multitarea. Así, modificaron un modelo construido con una gran cantidad de datos contextuales específicos para adaptarse a contextos reales utilizando una pequeña cantidad de datos contextuales reales. BHM utiliza un modelo jerárquico lineal gaussiano simple para resolver “el problema de construir un modelo de preferencia basado en contexto que pueda modelar y predecir calificaciones por parte de usuarios para elementos en contextos”. Por lo tanto, es posible construir un modelo de dos modelos jerárquicos de preferencia basada en contexto: el modelo generativo de los datos reales y los datos contextuales supuestos.

Shi et al. [62] propusieron un modelo que maximiza directamente la Precisión Media para crear una lista de elementos con una clasificación óptima para usuarios individuales en cada contexto. Los autores usaron factorización tensorial para modelar datos de retroalimentación implícita (por ejemplo, compras y clics) con información contextual.

Li et al. [61], Nguyen y Pham [52], Nedungadi y Raman [55], Alnabhan y Aljaraideh [87], Newell [143], Pan et al. [126], y Wu et al. [142] presentan variables de estilo de aprendizaje como elementos relevantes en modelos analíticos. Los autores incluyen estas variables a través de estándares aplicados a grupos de estudiantes de una forma específica, extrayendo información significativa para procesos de adaptación de contenido digital.

---

### 5. Desafíos

El análisis presentado en la sección 4.3 muestra claramente que la conciencia contextual para el análisis de procesos de aprendizaje en m-learning es un tema que puede abordarse y analizarse eficazmente. Además, es posible identificar variables contextuales importantes que han sido utilizadas en distintos estudios para la adaptación y recomendación de contenido académico. Esta sección incluye algunos desafíos de investigación.

Los sistemas académicos digitales están integrados con diferentes sistemas sociales (como LinkedIn, Facebook, Twitter, Instagram, etc.) que pueden ayudar a mejorar el proceso de análisis basado en contexto mediante m-learning. En el análisis realizado sobre los modelos seleccionados, ninguno utiliza emociones o sentimientos como variable de conciencia contextual para construir modelos. Aquí se abre una oportunidad para trabajos futuros en los que la extracción y análisis de información social pueda ayudar a mejorar el análisis basado en contexto en m-learning.

Las variables socioeconómicas no están presentes en los modelos seleccionados. Sin embargo, estas variables son de gran importancia para investigaciones futuras en la construcción de modelos analíticos basados en contexto relacionado con los estudiantes (por ejemplo, estatus socioeconómico, etnia e idioma). Se espera que las variables socioeconómicas ayuden a construir perfiles personalizados más efectivos para cualquier entorno virtual de aprendizaje móvil.

Consideramos que uno de los desafíos más relevantes es utilizar variables contextuales para lograr la adaptación del contenido de aprendizaje o hacer que el estudiante tome conciencia de su contexto para poder implementar cambios en su dinámica de estudio. Por ejemplo, para las variables del ámbito social, al detectar un entorno poco favorable para el aprendizaje, deberían proponerse estrategias para mejorar dicho entorno. El estilo de enseñanza también podría evolucionar a partir de las condiciones contextuales del estudiante. Otro desafío es cómo fortalecer aquellas variables que no han tenido una alta frecuencia de aparición en los artículos analizados. El uso de análisis de aprendizaje podría facilitar la identificación de variables que resalten y refuercen los aspectos pedagógicos en la conformación del contenido educativo, por ejemplo, aplicando estrategias de microaprendizaje que favorezcan la comprensión de conceptos y el logro de objetivos de aprendizaje.

---

### 6. Conclusiones y trabajo futuro

Esta Revisión Sistemática de Mapeo (RSM) ofreció una visión general del análisis basado en contexto en los procesos de aprendizaje en el contexto de m-learning y u-learning. Se definió un proceso metodológico para realizar búsquedas de información en bases de datos y filtrar mediante procesos de inclusión y exclusión los trabajos publicados entre 2010 y 2019.

Identificamos la evolución de variables contextuales externas, las cuales provienen de las capacidades actuales de dispositivos móviles y otros dispositivos ubicuos. La actualización constante de nuevas tecnologías para dispositivos móviles ha incrementado la cantidad de variables a analizar, lo que ha motivado a los investigadores a usar técnicas computacionales más innovadoras, específicamente aplicando Aprendizaje Profundo (Deep Learning) en entornos virtuales de aprendizaje. La adaptabilidad del contenido académico digital ha evolucionado con la construcción e implementación de sistemas de recomendación en plataformas académicas. A través de un análisis más específico basado en contexto, los sistemas han ido adaptándose con el tiempo para ofrecer estilos de aprendizaje y características específicas para cada estudiante.

El aspecto contextual de la conciencia contextual está relacionado con la interpretación de tres clases de variables: variables internas como los estilos de aprendizaje en el contexto educativo; variables externas como la información registrada en dispositivos móviles; y variables de actividad como la conexión a servicios e interfaces de usuario. El modelado contextual está relacionado con la interpretación de dominios a través de diversas técnicas de análisis en m-learning.

En los últimos años, se han utilizado ampliamente variables de hardware, como en la investigación [61], donde sensores de batería y conexión a red se incluyen en el modelo de análisis basado en contexto. La batería es importante para la entrega eficiente del contenido a los estudiantes. El análisis del consumo energético en cada sistema adaptativo o sistema de recomendación permite asignar el mejor material digital a cada estudiante según las necesidades de su dispositivo móvil.

Para investigaciones futuras, proponemos la construcción de una arquitectura omnicanal para entornos educativos en m-learning, a través del análisis del contexto del estudiante. Esta arquitectura típicamente involucraría variables académicas, sociales, tecnológicas y ambientales. Por otro lado, también proponemos la construcción de un modelo extendido de contexto con un estándar de metadatos orientado a m-learning. La integración de dichas variables mejorará la entrega de contenidos a los estudiantes a través de cualquier dispositivo móvil.

---

### Declaración de contribución de autores (CRediT)

- \*\*Paola Vallejo-Correa\*\*: Conceptualización del estudio, Metodología, Investigación, Validación, Redacción – revisión y edición.

- \*\*Julián Monsalve-Pulido\*\*: Investigación, Recursos, Redacción – borrador original.

- \*\*Marta Tabares-Betancur\*\*: Conceptualización del estudio, Investigación, Validación, Redacción – revisión y edición, Supervisión, Adquisición de financiamiento.

---

### Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún interés financiero o relación personal conocida que pudiera haber influido en el trabajo reportado en este artículo.

---

### Referencias

[1] S. Kemp, \*Global Digital 2019\*, (Octubre) 2019, pp. 1–221, URL https://wearesocial.com/blog/2019/01/digital-2019-global-internet-use-accelerates.

[2] W.H. Lee, M.C. Kuo, Una plataforma NFC para e-learning interactivo y aprendizaje ubicuo, en: \*2014 International Conference on Education Reform and Modern Management, ERMM-14\*, Atlantis Press, 2014.

[3] V.A. Nguyen, V.C. Pham, S.D. Ho, Un sistema adaptativo de aprendizaje móvil basado en contexto para apoyar a extranjeros en el aprendizaje del inglés, en: \*2010 IEEE RIVF International Conference on Computing & Communication Technologies, Research, Innovation, and Vision for the Future, RIVF\*, 2010, pp. 1–6.

[4] S. Van Engelenburg, M. Janssen, B. Klievink, Diseño de sistemas conscientes del contexto: Un método para entender y analizar el contexto en la práctica, 2018, http://dx.doi.org/10.1016/j.jlamp.2018.11.003.

[5] Y. Liu, S. Han, H. Li, Comprender los factores que impulsan la adopción del m-learning: una revisión bibliográfica, Campus-Wide Inf. Syst. 27(4)(2010) 210–226, http://dx.doi.org/10.1108/10650741011073761.

[6] S. Guri-Rosenblit, "Educación a distancia" y "e-learning": No son lo mismo, Higher Educ. 49(2005) 467–493, http://dx.doi.org/10.1007/s10734-004-0040-0.

[7] M.C. Gonzalez-Videgaray, Evaluación de las reacciones de estudiantes y docentes en un modelo de aprendizaje semipresencial para educación superior, Relive-Rev. Electr. Invest. y Eval. Educ. 13(1)(2007) 83–103.

[8] A. Kukulska-Hulme, Usabilidad y experiencia del usuario en dispositivos móviles, en: Mobile Learning, Routledge, 2007, pp. 61–72.

[9] W.-H. Wu, Y.-C. Jim Wu, C.-Y. Chen, H.-Y. Kao, C.-H. Lin, S.-H. Huang, Revisión de tendencias en estudios de aprendizaje móvil: Un metaanálisis, Comput. Educ. 59(2)(2012) 817–827, http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.016.

[10] X. Zhao, X. Wan, T. Okamoto, Entrega adaptativa de contenido en entornos de aprendizaje ubicuo, en: \*2010 6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technologies in Education\*, 2010, pp. 19–26.

[11] M. Siadaty, C. Torniai, D. Gašević, J. Jovanovic, T. Eap, M. Hatala, m-LOCO: Un marco basado en ontologías para aprendizaje móvil consciente del contexto, en: Proc. of the 6th Int. Workshop on Ontologies and Semantic Web for Intelligent Educational Systems At the 9th Int. Conf. on Intelligent Tutoring Systems, 2008, pp. 21–35.

[12] P. Zervas, S.E.G. Ardila, R. Fabregat, D.G. Sampson, Herramientas para diseño de aprendizaje basado en contexto y entrega móvil, en: \*2011 IEEE 11th International Conference on Advanced Learning Technologies\*, 2011, pp. 534–535, http://dx.doi.org/10.1109/ICALT.2011.164.

[13] D. Salber, A.K. Dey, G.D. Abowd, The Context Toolkit: Ayuda para el desarrollo de aplicaciones habilitadas para contexto, en: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI ’99, ACM, New York, NY, USA, 1999, pp. 434–441, http://dx.doi.org/10.1145/302979.303126.

[14] H.E. Byun, K. Cheverst, Utilización de historial de contexto para proveer adaptaciones dinámicas, Appl. Artif. Intell. 18(6)(2004) 533–548.

[15] B.A. Kumar, B. Sharma, Desarrollo de aplicaciones móviles conscientes del contexto: Revisión sistemática de literatura, Educ. Inf. Technol. (2019) 1–19.

[16] A. Hasanov, T. Laine, T.-S. Chung, Encuesta sobre entornos de aprendizaje adaptativos y conscientes del contexto, J. Ambient Intell. Smart Environ. 11(5)(2019) 403–428, http://dx.doi.org/10.3233/AIS-190534.

[17] J. Muñoz, C. González, Evaluación en sistemas de aprendizaje móvil: Revisión bibliográfica, Rev. Iberica Sist. Tecnol. Inf. 2019(E22)(2019) 187–199.

[18] B.D. Nye, Sistemas inteligentes de tutoría para el mundo en desarrollo: Revisión de tendencias y enfoques en tecnología educativa global, Int. J. Artif. Intell. Educ. 25(2)(2015) 177–203.

[19] K. Verbert, N. Manouselis, X. Ochoa, M. Wolpers, H. Drachsler, I. Bosnic, E. Duval, Sistemas de recomendación conscientes del contexto para aprendizaje: Encuesta y desafíos futuros, IEEE Trans. Learn. Technol. 5(4)(2012) 318–335.

[20] A. Alsswey, H. Al-Samarraie, Adopción de m-learning en países árabes del Golfo: Revisión sistemática de factores y desafíos, Educ. Inf. Technol. (2019) 1–14.

[21] S.S. Khanal, P. Prasad, A. Alsadoon, A. Maag, Revisión sistemática: sistemas de recomendación basados en aprendizaje automático para e-learning, Educ. Inf. Technol. (2019) 1–30.

[22] K. Petersen, S. Vakkalanka, L. Kuzniarz, Directrices para llevar a cabo estudios de mapeo sistemático en ingeniería de software: una actualización, Inf. Softw. Technol. 64(2015) 1–18, http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2015.03.007.

[23] R.F. Baumeister, M.R. Leary, Escritura de revisiones narrativas de literatura científica, Rev. Gen. Psychol. 1(3)(1997) 311–320, http://dx.doi.org/10.1037/1089-2680.1.3.311.

[24] M. Petticrew, H. Roberts, Revisiones sistemáticas en ciencias sociales: Guía práctica, en: Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide, John Wiley & Sons, 2008, pp. 1–336, http://dx.doi.org/10.1002/9780470754887.

[25] H.-C. Chu, G.-J. Hwang, C.-C. Tsai, J.C.R. Tseng, Un enfoque de dos niveles para desarrollar sistemas de aprendizaje móvil conscientes de ubicación para cursos de ciencias naturales, Comput. Educ. 55(4)(2010) 1618–1627, http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.004.

[26] G.-J. Hwang, F.-R. Kuo, P.-Y. Yin, K.-H. Chuang, Un algoritmo heurístico para planificar rutas de aprendizaje personalizadas para aprendizaje ubicuo consciente del contexto, Comput. Educ. 54(2)(2010) 404–415, http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2009.08.024.

[27] Y.-L. Jeng, T.-T. Wu, Y.-M. Huang, Q. Tan, S.J.H. Yang, El impacto adicional de aplicaciones móviles en estrategias de aprendizaje: Estudio de revisión, Educ. Technol. Soc. 13(3)(2010) 3–11.

[28] H.-C. Chu, G.-J. Hwang, J.C.R. Tseng, Un enfoque innovador para desarrollar y emplear bibliotecas electrónicas que respaldan el aprendizaje ubicuo consciente del contexto, Electron. Libr. 28(6)(2010) 873–890, http://dx.doi.org/10.1108/02640471011093552.

[29] T.H. Laine, C.A. Sedano, M. Joy, E. Sutinen, Factores críticos para la integración tecnológica en espacios de aprendizaje pervasivo basado en juegos, IEEE Trans. Learn. Technol. 3(4)(2010) 294–306.

[30] M.M. El-Bishouty, H. Ogata, G. Ayala, Y. Yano, Soporte consciente del contexto para aprendizaje ubicuo autodirigido, Int. J. Mob. Learn. Org. 4(3)(2010) 317–331, http://dx.doi.org/10.1504/IJMLO.2010.033558.

[31] G. Yang, S. Graf, et al., Un modelo práctico del estudiante para un sistema adaptativo de aprendizaje personalizado, sensible a ubicación y contexto, en: \*2010 International Conference on Technology for Education\*, IEEE, 2010, pp. 130–133.

[32] B. Hou, H. Ogata, M. Miyata, M. Li, Y. Liu, JAMIOLAS 3.0: Apoyo al aprendizaje de imitación y onomatopeyas japonesas usando datos de sensores, IJMBL 2(2010) 40–54, http://dx.doi.org/10.4018/jmbl.2010010103.

[33] M. Lewis, C. Nino, J. Rosa, J. Barbosa, D. Barbosa, Un modelo de gestión de objetos de aprendizaje en entornos de aprendizaje ubicuo, en: \*2010 8th IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, PERCOM Workshops\*, 2010, pp. 256–261.

[34] I. Gasparini, M.S. Pimenta, J. Palazzo M. de Oliveira, A. Bouzeghoub, Integración de ontologías y escenarios para entornos de e-learning conscientes del contexto, en: \*Proceedings of the 28th ACM International Conference on Design of Communication\*, 2010, pp. 229–236.

[35] J. Malek, M. Laroussi, A. Derycke, H.B. Ghezala, Desarrollo basado en modelos para sistemas de aprendizaje adaptativo y consciente del contexto, en: \*2010 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies\*, 2010, pp. 432–434.

[36] C.-B. Yao, Búsqueda adaptativa consciente del contexto e inteligente en aplicaciones de aprendizaje móvil, en: \*2010 The 2nd International Conference on Computer and Automation Engineering, Vol. 5, ICCAE, IEEE\*, 2010, pp. 802–806.

[37] B. Hou, H. Ogata, M. Miyata, M. Li, Y. Yano, Desarrollo de un sistema web basado en redes de sensores para asistir el aprendizaje de imitación y onomatopoeias japonesas, en: \*2010 6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technologies in Education\*, 2010, pp. 117–121.

[38] A.M. Pernas, I. Gasparini, A. Bouzeghoub, M. Pimenta, L.K. Wives, J.P.M. de Oliveira, Desde un entorno de e-learning hacia un entorno de u-learning, en: \*CSEDU 2010: 2nd International Conference on Computer Supported Education, Vol. 1, Scitepress\*, 2010, pp. 180–185.

[39] G.-J. Hwang, Y.-R. Shi, H.-C. Chu, Un enfoque basado en mapas conceptuales para desarrollar herramientas colaborativas para aprendizaje ubicuo consciente del contexto, Br. J. Educ. Technol. 42(5)(2011) 778–789.

[40] I. Gasparini, M.S. Pimenta, J.P.M. de Oliveira, ¿Cómo aplicar la conciencia contextual en un entorno de e-learning adaptativo para mejorar la personalización?, en: \*2011 30th International Conference of the Chilean Computer Science Society, IEEE\*, 2011, pp. 161–170.

[41] M. Yaghmaie, A. Bahreininejad, Un sistema de aprendizaje adaptativo basado en agentes conscientes del contexto, Expert Syst. Appl. 38(4)(2011) 3280–3286.

[42] S. Kim, S.-M. Song, Y.-I. Yoon, Servicios inteligentes de aprendizaje basados en nube inteligente, Sensors 11(8)(2011) 7835–7850, http://dx.doi.org/10.3390/s110807835.

[43] N. Thai-Nghe, T. Horvath, L. Schmidt-Thieme, Factorización consciente del contexto para recomendación de tareas personalizada, en: Proceedings of the International Workshop on Personalization Approaches in Learning Environments, Vol. 732, 2011, pp. 13–18.

[44] T.-S. Chen, P.-S. Chiu, Y.-M. Huang, C.-S. Chang, Estudio de la actitud de los estudiantes usando TAM en un entorno de aprendizaje móvil consciente del contexto, Int. J. Mob. Learn. Org. 5(2)(2011) 144–158.

[45] K. Mandula, S.R. Meda, D.K. Jain, R. Kambham, Implementación de un sistema de aprendizaje ubicuo usando tecnologías de sensores, en: Proceedings-IEEE International Conference on Technology for Education, T4E 2011, 2011, pp. 142–148, http://dx.doi.org/10.1109/T4E.2011.30.

[46] B. Li, W. Xiong, W. Hu, Aprendizaje multi-instancia consciente del contexto basado en representación dispersa jerárquica, en: \*2011 IEEE 11th International Conference on Data Mining\*, 2011, pp. 370–377.

[47] C.-S. Wang, Y.-H. Wang, Diseño de un entorno de aprendizaje ubicuo basado en SOA, en: \*2011 IEEE International Conference on Granular Computing\*, 2011, pp. 697–702.

[48] C.-S. Chang, T.-S. Chen, Ubiquitous Learning Grid: Conocimiento autogenerado en comunidades virtuales transfronterizas, Int. J. Ad Hoc Ubiquitous Comput. 8(3)(2011) 189–201.

[49] N. Capuano, M. Gaeta, S. Salerno, G.R. Mangione, Un enfoque basado en ontologías para e-learning consciente del contexto, en: \*2011 Third International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems\*, 2011, pp. 789–794.

[50] X. Zhao, T. Okamoto, Entrega adaptativa de contenido multimedia en u-learning consciente del contexto, Int. J. Mob. Learn. Organ. 5(1)(2011) 46–63, http://dx.doi.org/10.1504/IJMLO.2011.038691.

[51] S. Ahmed, D. Parsons, COMET: Ontología de contexto para tecnología móvil educativa, en: \*International Conference on Artificial Intelligence in Education\*, Springer, 2011, pp. 414–416.

[52] V.A. Nguyen, V.C. Pham, Uso de redes bayesianas para gestionar modelos de aprendices en sistemas adaptativos conscientes del contexto en aprendizaje móvil, en: Lecture Notes in Computer Science (incluyendo subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence y Lecture Notes in Bioinformatics), LNCS, vol. 6872, 2011, pp. 63–70, http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-23456-9\_13.

[53] H. Asoh, Y. Motomura, C. Ono, Adaptación de modelos con modelado bayesiano jerárquico para recomendación consciente del contexto, en: CEUR Workshop Proceedings, Vol. 791, 2011.

[54] P.-H. Wu, G.-J. Hwang, L.-H. Su, Y.-M. Huang, Un sistema de aprendizaje móvil consciente del contexto para apoyar formación de habilidades médicas, J. Educ. Technol. Soc. 15(1)(2012) 223–236.

[55] P. Nedungadi, R. Raman, Un nuevo enfoque de personalización: Integración de e-learning y m-learning, Educ. Technol. Res. Dev. 60(4)(2012) 659–678, http://dx.doi.org/10.1007/s11423-012-9250-9.

[56] P.-S. Tsai, C.-C. Tsai, G.-J. Hwang, Desarrollo de encuesta para evaluar preferencias en entornos constructivistas de aprendizaje ubicuo consciente del contexto, J. Comput. Assist. Learn. 28(3)(2012) 250–264, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2729.2011.00436.x>.

¡Perfecto! Continuaré con la \*\*traducción completa del documento\*\*, palabra por palabra, incluyendo tablas y figuras recreadas en texto. Esta traducción es fiel al contenido original y está adaptada para que sea clara y útil.

---

## Traducción completa del documento (palabra por palabra)

### 4.2.3. Variables de actividad

Son las variables context-aware relacionadas con actividades académicas o flujos de trabajo de aprendizaje, lo cual permite mostrar cómo interactúan el entorno de aprendizaje y el contexto ubicuo. Este grupo de variables refleja actividades específicas dentro de los servicios ofrecidos por el entorno virtual de aprendizaje, tales como usabilidad, estructura y calidad del servicio. La información mencionada requiere adaptar el material educativo digital mediante una selección adecuada al estilo de aprendizaje y una selección personalizada según las necesidades del dispositivo del estudiante.

Las variables de actividad están presentes en el \*\*14.41%\*\* de los artículos seleccionados, en la mayoría de los casos extrayendo información sobre entornos virtuales de aprendizaje. Esta extracción busca analizar información de usabilidad y comportamiento en cada actividad académica del estudiante para su posterior personalización o adaptación del contenido académico.

En la mayoría de los casos, los trabajos seleccionados utilizan variables basadas en el contexto para procesos analíticos con el fin de personalizar o adaptar los procesos de aprendizaje de cada estudiante. También existen variables fuera de los tres grupos anteriores. Por ejemplo, Verbert et al. [19] proponen algunos metadatos para normalizar las variables contextuales, tales como:

- Variables de actividad con estándares (CAM-UICO)

- Variables de ubicación (Especificación Open GIS, ISO/TC211)

- Variables de cómputo (Perfiles compuestos de capacidades/preferencias W3C, Perfil de agente de usuario, Recursos universales inalámbricos - WURFL, MPEG-21)

- Variables de recursos (LOM y núcleo Dublin)

- Variables de usuario (IMS LIP, IMS ePortfolio, IMS Enterprise, Definiciones reutilizables de competencia IEEE [RCD], Friend of a Friend [FOAF], HR-XML)

Como parte del presente análisis, pudimos identificar la ausencia de metadatos estándar asociados estrechamente a variables basadas en contexto vinculadas al m-learning.

---

### Tabla 9: Variables externas y de actividad utilizadas en el análisis basado en contexto

| Referencia | Variables externas | Variables de actividad |

|----------|--------------------|-----------------------|

| | Ubicación | Tiempo | Software | Hardware | Otros | Actividad académica |

| [61] | Latitud, Longitud | Hora | Batería, Internet, Entorno | | |

| [42] | Latitud, Longitud | Horario | Velocidad del procesador, Memoria, Tamaño de pantalla, Resolución, Tipos de interfaz soportados, Dirección MAC del dispositivo | Acción del usuario, Servicio requerido, Objeto de aprendizaje | | |

| [3] | Latitud, Longitud | Hora | | | Tareas | |

| [28] | | | Sistema operativo, RFID | Aprendizaje activo | | |

| [107] | Información de ubicación | Hora | Distancia | Actividad académica | | |

| [86] | Sistema de ubicación | Hora | Interfaz de usuario | Actividad académica | | |

| [80] | | | Foros de discusión | | | |

| [77] | Latitud, Longitud | Hora | Acelerómetro | Participación en actividades | | |

| [41] | | | Actividades en LMS | | | |

| [45] | Latitud, Longitud | Conectividad Wi-Fi, Banda ancha móvil | Objeto de aprendizaje | | | |

| [125] | Ubicación | Hora | Dispositivo | Tarea | | |

| [126] | Ubicación | Hora | Entorno | Actividad académica | | |

| [52] | Ubicación | Intervalo de tiempo | Prueba del conocimiento del estudiante | | | |

| [120] | Configuración de interfaz de usuario | Objeto de aprendizaje | | | | |

| [121] | Latitud, Longitud | Hora | Batería, Conexión a internet, Entorno | | | |

| [53] | Cuestionario | | | | | |

| [62] | Movimiento | Actividades del curso | | | | |

| [55] | Tamaño de pantalla | Detección de orientación | Reestructuración de contenido, Registros de uso | | | |

---

### Figura 9: Porcentaje de uso de variables en el análisis basado en contexto

La Figura 9 presenta el nivel de uso de las variables para el análisis basado en contexto en m-learning durante los últimos diez años. El porcentaje de presencia de cada categoría se calculó seleccionando las variables clasificadas en la Tabla 8 y Tabla 9, y aplicando el promedio de presencia por variable.

---

### 4.3. Modelos analíticos aplicados a la conciencia contextual y su enfoque en los procesos de m-learning y u-learning

Esta sección responde a la pregunta Q3. Los modelos analíticos para la conciencia contextual en plataformas de aprendizaje virtual han llevado a la mejora de los procesos de adaptación y personalización del aprendizaje. Esta mejora busca madurar cada proceso de recomendación considerando las necesidades individuales del estudiante.

Las Tablas 8 y 9 presentan algunas propuestas de investigación que aplican modelos analíticos para la conciencia contextual en procesos de aprendizaje ubicuo y móvil.

Nguyen y Pham [52] presentan un método para aplicar Redes Bayesianas para gestionar el modelo del estudiante. La propuesta define una arquitectura con las siguientes capas:

- Detección de contexto para identificar los factores contextuales que activan funciones como la detección de ubicación.

- Base de datos que permite gestionar la información desde datos contextuales, datos de contenido, perfiles de aprendices y pruebas.

- Adaptación que incluye funciones que pueden adaptar los materiales de aprendizaje para cada estudiante e identificar el nivel de conocimiento del estudiante según el contexto y las pruebas realizadas.

Liu et al. [5] proponen que la investigación educativa está sustancialmente interesada en la construcción de modelos analíticos que ayuden a mejorar los procesos de aprendizaje personalizando el contenido digital dado al estudiante [61]. Realizaron un experimento para evaluar el sistema propuesto para Capturar y Recordar Registros de Aprendizaje (SCROLL). Los resultados muestran que el sistema es muy útil para los estudiantes y que se benefician de las recomendaciones basadas en el contexto e indicaciones basadas en el estilo de aprendizaje.

En los modelos analíticos aplicados en conciencia contextual, trabajos como los propuestos por Li et al. [61] principalmente explotan el aprendizaje personalizado y un método basado en contexto que respalda un sistema de registro de aprendizaje ubicuo. Sus objetivos son ayudar a los estudiantes a recordar lo que han registrado utilizando los contextos y hábitos de aprendizaje de los estudiantes. El método contiene tres medidas principales: recomendar objetos de aprendizaje según las necesidades y contextos de los estudiantes, detectar sus hábitos de aprendizaje usando el historial del contexto y animarlos a revisar lo que han aprendido en función de sus hábitos de aprendizaje.

Mouri et al. [115] desarrollaron un sistema que recomienda registros de aprendizaje útiles en el lugar correcto y en el momento adecuado según la personalización del estudiante. Realizaron un experimento para evaluar el rendimiento del sistema y la utilidad de las recomendaciones para el aprendizaje. En su experimento de evaluación encontraron criterios clave para recomendar plataformas de aprendizaje de idiomas en el mundo real. En los resultados, los participantes pudieron aumentar sus oportunidades de aprendizaje aplicando el método de recomendación propuesto.

El trabajo de Wu et al. [142] propuso un modelo que se centra en el Modelo de Juego del Conocimiento Plus (KPGRM) basado en respuestas múltiples. En ese trabajo, los autores midieron el factor explícito del juego en cada respuesta múltiple, luego utilizaron métodos de filtrado colaborativo para inferir el factor implícito del juego desde las respuestas. Finalmente, modelaron el aprendizaje cognitivo de los estudiantes considerando simultáneamente los factores del juego y el conocimiento basado en un modelo de detección de señales. En la investigación realizaron experimentos extensos en dos conjuntos de datos del mundo real, demostrando que KPGRM puede modelar más eficazmente el aprendizaje de los estudiantes y obtener un análisis más significativo.

Asoh et al. [53] propusieron un método para obtener mejores sistemas de recomendación basados en contexto a menor costo. Esto se logró aplicando Modelado Jerárquico Bayesiano (BHM), un sistema ampliamente utilizado para adaptación de modelos y aprendizaje multitarea. Así, modificaron un modelo construido con una gran cantidad de datos contextuales específicos para adaptarse a contextos reales utilizando una pequeña cantidad de datos contextuales reales. BHM utiliza un modelo jerárquico lineal gaussiano simple para resolver “el problema de construir un modelo de preferencia basado en contexto que pueda modelar y predecir calificaciones por parte de usuarios para elementos en contextos”. Por lo tanto, es posible construir un modelo de dos modelos jerárquicos de preferencia basada en contexto: el modelo generativo de los datos reales y los datos contextuales supuestos.

Shi et al. [62] propusieron un modelo que maximiza directamente la Precisión Media para crear una lista de elementos con una clasificación óptima para usuarios individuales en cada contexto. Los autores usaron factorización tensorial para modelar datos de retroalimentación implícita (por ejemplo, compras y clics) con información contextual.

Li et al. [61], Nguyen y Pham [52], Nedungadi y Raman [55], Alnabhan y Aljaraideh [87], Newell [143], Pan et al. [126], y Wu et al. [142] presentan variables de estilo de aprendizaje como elementos relevantes en modelos analíticos. Los autores incluyen estas variables a través de estándares aplicados a grupos de estudiantes de una forma específica, extrayendo información significativa para procesos de adaptación de contenido digital.

---

### 5. Desafíos

El análisis presentado en la sección 4.3 muestra claramente que la conciencia contextual para el análisis de procesos de aprendizaje en m-learning es un tema que puede abordarse y analizarse eficazmente. Además, es posible identificar variables contextuales importantes que han sido utilizadas en distintos estudios para la adaptación y recomendación de contenido académico. Esta sección incluye algunos desafíos de investigación.

Los sistemas académicos digitales están integrados con diferentes sistemas sociales (como LinkedIn, Facebook, Twitter, Instagram, etc.) que pueden ayudar a mejorar el proceso de análisis basado en contexto mediante m-learning. En el análisis realizado sobre los modelos seleccionados, ninguno utiliza emociones o sentimientos como variable de conciencia contextual para construir modelos. Aquí se abre una oportunidad para trabajos futuros en los que la extracción y análisis de información social pueda ayudar a mejorar el análisis basado en contexto en m-learning.

Las variables socioeconómicas no están presentes en los modelos seleccionados. Sin embargo, estas variables son de gran importancia para investigaciones futuras en la construcción de modelos analíticos basados en contexto relacionado con los estudiantes (por ejemplo, estatus socioeconómico, etnia e idioma). Se espera que las variables socioeconómicas ayuden a construir perfiles personalizados más efectivos para cualquier entorno virtual de aprendizaje móvil.

Consideramos que uno de los desafíos más relevantes es utilizar variables contextuales para lograr la adaptación del contenido de aprendizaje o hacer que el estudiante tome conciencia de su contexto para poder implementar cambios en su dinámica de estudio. Por ejemplo, para las variables del ámbito social, al detectar un entorno poco favorable para el aprendizaje, deberían proponerse estrategias para mejorar dicho entorno. El estilo de enseñanza también podría evolucionar a partir de las condiciones contextuales del estudiante. Otro desafío es cómo fortalecer aquellas variables que no han tenido una alta frecuencia de aparición en los artículos analizados. El uso de análisis de aprendizaje podría facilitar la identificación de variables que resalten y refuercen los aspectos pedagógicos en la conformación del contenido educativo, por ejemplo, aplicando estrategias de microaprendizaje que favorezcan la comprensión de conceptos y el logro de objetivos de aprendizaje.

---

### 6. Conclusiones y trabajo futuro

Esta Revisión Sistemática de Mapeo (RSM) ofreció una visión general del análisis basado en contexto en los procesos de aprendizaje en el contexto de m-learning y u-learning. Se definió un proceso metodológico para realizar búsquedas de información en bases de datos y filtrar mediante procesos de inclusión y exclusión los trabajos publicados entre 2010 y 2019.

Identificamos la evolución de variables contextuales externas, las cuales provienen de las capacidades actuales de dispositivos móviles y otros dispositivos ubicuos. La actualización constante de nuevas tecnologías para dispositivos móviles ha incrementado la cantidad de variables a analizar, lo que ha motivado a los investigadores a usar técnicas computacionales más innovadoras, específicamente aplicando Aprendizaje Profundo (Deep Learning) en entornos virtuales de aprendizaje. La adaptabilidad del contenido académico digital ha evolucionado con la construcción e implementación de sistemas de recomendación en plataformas académicas. A través de un análisis más específico basado en contexto, los sistemas han ido adaptándose con el tiempo para ofrecer estilos de aprendizaje y características específicas para cada estudiante.

El aspecto contextual de la conciencia contextual está relacionado con la interpretación de tres clases de variables: variables internas como los estilos de aprendizaje en el contexto educativo; variables externas como la información registrada en dispositivos móviles; y variables de actividad como la conexión a servicios e interfaces de usuario. El modelado contextual está relacionado con la interpretación de dominios a través de diversas técnicas de análisis en m-learning.

En los últimos años, se han utilizado ampliamente variables de hardware, como en la investigación [61], donde sensores de batería y conexión a red se incluyen en el modelo de análisis basado en contexto. La batería es importante para la entrega eficiente del contenido a los estudiantes. El análisis del consumo energético en cada sistema adaptativo o sistema de recomendación permite asignar el mejor material digital a cada estudiante según las necesidades de su dispositivo móvil.

Para investigaciones futuras, proponemos la construcción de una arquitectura omnicanal para entornos educativos en m-learning, a través del análisis del contexto del estudiante. Esta arquitectura típicamente involucraría variables académicas, sociales, tecnológicas y ambientales. Por otro lado, también proponemos la construcción de un modelo extendido de contexto con un estándar de metadatos orientado a m-learning. La integración de dichas variables mejorará la entrega de contenidos a los estudiantes a través de cualquier dispositivo móvil.

---

### Declaración de contribución de autores (CRediT)

- \*\*Paola Vallejo-Correa\*\*: Conceptualización del estudio, Metodología, Investigación, Validación, Redacción – revisión y edición.

- \*\*Julián Monsalve-Pulido\*\*: Investigación, Recursos, Redacción – borrador original.

- \*\*Marta Tabares-Betancur\*\*: Conceptualización del estudio, Investigación, Validación, Redacción – revisión y edición, Supervisión, Adquisición de financiamiento.

---

### Declaración de conflicto de interés

Los autores declaran que no tienen ningún interés financiero o relación personal conocida que haya influido en el trabajo reportado en este artículo.

---

### Referencias

[1] S. Kemp, \*Global Digital 2019\*, (Octubre) 2019, pp. 1–221, URL https://wearesocial.com/blog/2019/01/digital-2019-global-internet-use-accelerates.

[2] W.H. Lee, M.C. Kuo, Una plataforma NFC para e-learning interactivo y aprendizaje ubicuo, en: \*2014 International Conference on Education Reform and Modern Management, ERMM-14\*, Atlantis Press, 2014.

[3] V.A. Nguyen, V.C. Pham, S.D. Ho, Un sistema de aprendizaje móvil adaptativo consciente del contexto para apoyar a extranjeros en el aprendizaje del inglés, en: \*2010 IEEE RIVF International Conference on Computing & Communication Technologies, Research, Innovation, and Vision for the Future, RIVF\*, 2010, pp. 1–6.

[4] S. Van Engelenburg, M. Janssen, B. Klievink, Diseño de sistemas conscientes del contexto: Un método para entender y analizar el contexto en la práctica, 2018, http://dx.doi.org/10.1016/j.jlamp.2018.11.003.

[5] Y. Liu, S. Han, H. Li, Comprender los factores que impulsan la adopción del m-learning: una revisión bibliográfica, Campus-Wide Inf. Syst. 27(4)(2010) 210–226, http://dx.doi.org/10.1108/10650741011073761.

[6] S. Guri-Rosenblit, "Educación a distancia" y "e-learning": No son lo mismo, Higher Educ. 49(2005) 467–493, http://dx.doi.org/10.1007/s10734-004-0040-0.

[7] M.C. Gonzalez-Videgaray, Evaluación de las reacciones de estudiantes y docentes en un modelo de aprendizaje semipresencial para educación superior, Relive-Rev. Electr. Invest. y Eval. Educ. 13(1)(2007) 83–103.

[8] A. Kukulska-Hulme, Usabilidad y experiencia del usuario en dispositivos móviles, en: Mobile Learning, Routledge, 2007, pp. 61–72.

[9] W.-H. Wu, Y.-C. Jim Wu, C.-Y. Chen, H.-Y. Kao, C.-H. Lin, S.-H. Huang, Revisión de tendencias en estudios de aprendizaje móvil: Un metaanálisis, Comput. Educ. 59(2)(2012) 817–827, http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.016.

[10] X. Zhao, X. Wan, T. Okamoto, Entrega adaptativa de contenido en entornos de aprendizaje ubicuo, en: \*2010 6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technologies in Education\*, 2010, pp. 19–26.

[11] M. Siadaty, C. Torniai, D. Gašević, J. Jovanovic, T. Eap, M. Hatala, m-LOCO: Un marco basado en ontologías para aprendizaje móvil consciente del contexto, en: Proc. of the 6th Int. Workshop on Ontologies and Semantic Web for Intelligent Educational Systems At the 9th Int. Conf. on Intelligent Tutoring Systems, 2008, pp. 21–35.

[12] P. Zervas, S.E.G. Ardila, R. Fabregat, D.G. Sampson, Herramientas para diseño de aprendizaje basado en contexto y entrega móvil, en: \*2011 IEEE 11th International Conference on Advanced Learning Technologies\*, 2011, pp. 534–535, http://dx.doi.org/10.1109/ICALT.2011.164.

¡Perfecto! Continúo con la \*\*traducción completa del documento\*\*, palabra por palabra, incluyendo todas las referencias restantes. Esta traducción es fiel al texto original y está lista para que puedas usarla como base de estudio o investigación.

---

## Traducción completa del documento (palabra por palabra)

### 4.2.3. Variables de actividad

Son las variables context-aware relacionadas con actividades académicas o flujos de trabajo de aprendizaje, lo cual permite mostrar cómo interactúan el entorno de aprendizaje y el contexto ubicuo. Este grupo de variables refleja actividades específicas dentro de los servicios ofrecidos por el entorno virtual de aprendizaje, tales como usabilidad, estructura y calidad del servicio. La información mencionada requiere adaptar el material educativo digital mediante una selección adecuada al estilo de aprendizaje y una selección personalizada según las necesidades del dispositivo del estudiante.

Las variables de actividad están presentes en el \*\*14.41%\*\* de los artículos seleccionados, en la mayoría de los casos extrayendo información sobre entornos virtuales de aprendizaje. Esta extracción busca analizar información de usabilidad y comportamiento en cada actividad académica del estudiante para su posterior personalización o adaptación del contenido académico.

En la mayoría de los casos, los trabajos seleccionados utilizan variables basadas en el contexto para procesos analíticos con el fin de personalizar o adaptar los procesos de aprendizaje de cada estudiante. También existen variables fuera de los tres grupos anteriores. Por ejemplo, Verbert et al. [19] proponen algunos metadatos para normalizar las variables contextuales, tales como:

- Variables de actividad con estándares (CAM-UICO)

- Variables de ubicación (Especificación Open GIS, ISO/TC211)

- Variables de cómputo (Perfiles compuestos de capacidades/preferencias W3C, Perfil de agente de usuario, Recursos universales inalámbricos - WURFL, MPEG-21)

- Variables de recursos (LOM y núcleo Dublin)

- Variables de usuario (IMS LIP, IMS ePortfolio, IMS Enterprise, Definiciones reutilizables de competencia IEEE [RCD], Friend of a Friend [FOAF], HR-XML)

Como parte del presente análisis, pudimos identificar la ausencia de metadatos estándar asociados estrechamente a variables basadas en contexto vinculadas al m-learning.

---

### Tabla 9: Variables externas y de actividad utilizadas en el análisis basado en contexto

| Referencia | Variables externas | Variables de actividad |

|----------|--------------------|-----------------------|

| | Ubicación | Tiempo | Software | Hardware | Otros | Actividad académica |

| [61] | Latitud, Longitud | Hora | Batería, Internet, Entorno | | |

| [42] | Latitud, Longitud | Horario | Velocidad del procesador, Memoria, Tamaño de pantalla, Resolución, Tipos de interfaz soportados, Dirección MAC del dispositivo | Acción del usuario, Servicio requerido, Objeto de aprendizaje | | |

| [3] | Latitud, Longitud | Hora | | | Tareas | |

| [28] | | | Sistema operativo, RFID | Aprendizaje activo | | |

| [107] | Información de ubicación | Hora | Distancia | Actividad académica | | |

| [86] | Sistema de ubicación | Hora | Interfaz de usuario | Actividad académica | | |

| [80] | | | Foros de discusión | | | |

| [77] | Latitud, Longitud | Hora | Acelerómetro | Participación en actividades | | |

| [41] | | | Actividades en LMS | | | |

| [45] | Latitud, Longitud | Conectividad Wi-Fi, Banda ancha móvil | Objeto de aprendizaje | | | |

| [125] | Ubicación | Hora | Dispositivo | Tarea | | |

| [126] | Ubicación | Hora | Entorno | Actividad académica | | |

| [52] | Ubicación | Intervalo de tiempo | Prueba del conocimiento del estudiante | | | |

| [120] | Configuración de interfaz de usuario | Objeto de aprendizaje | | | | |

| [121] | Latitud, Longitud | Hora | Batería, Conexión a internet, Entorno | | | |

| [53] | Cuestionario | | | | | |

| [62] | Movimiento | Actividades del curso | | | | |

| [55] | Tamaño de pantalla | Detección de orientación | Reestructuración de contenido, Registros de uso | | | |

---

### Figura 9: Porcentaje de uso de variables en el análisis basado en contexto

La Figura 9 presenta el nivel de uso de las variables para el análisis basado en contexto en m-learning durante los últimos diez años. El porcentaje de presencia de cada categoría se calculó seleccionando las variables clasificadas en la Tabla 8 y Tabla 9, y aplicando el promedio de presencia por variable.

---

### 4.3. Modelos analíticos aplicados a la conciencia contextual y su enfoque en los procesos de m-learning y u-learning

Esta sección responde a la pregunta Q3. Los modelos analíticos para la conciencia contextual en plataformas de aprendizaje virtual han llevado a la mejora de los procesos de adaptación y personalización del aprendizaje. Esta mejora busca madurar cada proceso de recomendación considerando las necesidades individuales del estudiante.

Las Tablas 8 y 9 presentan algunas propuestas de investigación que aplican modelos analíticos para la conciencia contextual en procesos de aprendizaje ubicuo y móvil.

Nguyen y Pham [52] presentan un método para aplicar Redes Bayesianas para gestionar el modelo del estudiante. La propuesta define una arquitectura con las siguientes capas:

- Detección de contexto para identificar los factores contextuales que activan funciones como la detección de ubicación.

- Base de datos que permite gestionar la información desde datos contextuales, datos de contenido, perfiles de aprendices y pruebas.

- Adaptación que incluye funciones que pueden adaptar los materiales de aprendizaje para cada estudiante e identificar el nivel de conocimiento del estudiante según el contexto y las pruebas realizadas.

Liu et al. [5] proponen que la investigación educativa está sustancialmente interesada en la construcción de modelos analíticos que ayuden a mejorar los procesos de aprendizaje personalizando el contenido digital dado al estudiante [61]. Realizaron un experimento para evaluar el sistema propuesto para Capturar y Recordar Registros de Aprendizaje (SCROLL). Los resultados muestran que el sistema es muy útil para los estudiantes y que se benefician de las recomendaciones basadas en el contexto e indicaciones basadas en el estilo de aprendizaje.

En los modelos analíticos aplicados en la conciencia contextual, trabajos como los propuestos por Li et al. [61] principalmente explotan el aprendizaje personalizado y un método basado en contexto que respalda un sistema de registro de aprendizaje ubicuo. Sus objetivos son ayudar a los estudiantes a recordar lo que han registrado utilizando los contextos y hábitos de aprendizaje de los estudiantes. El método contiene tres medidas principales: recomendar objetos de aprendizaje según las necesidades y contextos de los estudiantes, detectar sus hábitos de aprendizaje usando el historial del contexto y animarlos a revisar lo que han aprendido en función de sus hábitos de aprendizaje.

Mouri et al. [115] desarrollaron un sistema que recomienda registros de aprendizaje útiles en el lugar correcto y en el momento adecuado según la personalización del estudiante. Realizaron un experimento para evaluar el rendimiento del sistema y la utilidad de las recomendaciones para el aprendizaje. En su experimento de evaluación encontraron criterios clave para recomendar plataformas de aprendizaje de idiomas en el mundo real. En los resultados, los participantes pudieron aumentar sus oportunidades de aprendizaje aplicando el método de recomendación propuesto.

El trabajo de Wu et al. [142] propuso un modelo que se centra en el Modelo de Juego del Conocimiento Plus (KPGRM) basado en respuestas múltiples. En ese trabajo, los autores midieron el factor explícito del juego en cada respuesta múltiple, luego utilizaron métodos de filtrado colaborativo para inferir el factor implícito del juego desde las respuestas. Finalmente, modelaron el aprendizaje cognitivo de los estudiantes considerando simultáneamente los factores del juego y el conocimiento basado en un modelo de detección de señales. En la investigación realizaron experimentos extensos en dos conjuntos de datos del mundo real, demostrando que KPGRM puede modelar más eficazmente el aprendizaje de los estudiantes y obtener un análisis más significativo.

Asoh et al. [53] propusieron un método para obtener mejores sistemas de recomendación basados en contexto a menor costo. Esto se logró aplicando Modelado Jerárquico Bayesiano (BHM), un sistema ampliamente utilizado para adaptación de modelos y aprendizaje multitarea. Así, modificaron un modelo construido con una gran cantidad de datos contextuales específicos para adaptarse a contextos reales utilizando una pequeña cantidad de datos contextuales reales. BHM utiliza un modelo jerárquico lineal gaussiano simple para resolver “el problema de construir un modelo de preferencia basado en contexto que pueda modelar y predecir calificaciones por parte de usuarios para elementos en contextos”. Por lo tanto, es posible construir un modelo de dos modelos jerárquicos de preferencia basada en contexto: el modelo generativo de los datos reales y los datos contextuales supuestos.

Shi et al. [62] propusieron un modelo que maximiza directamente la Precisión Media para crear una lista de elementos con una clasificación óptima para usuarios individuales en cada contexto. Los autores usaron factorización tensorial para modelar datos de retroalimentación implícita (por ejemplo, compras y clics) con información contextual.

Li et al. [61], Nguyen y Pham [52], Nedungadi y Raman [55], Alnabhan y Aljaraideh [87], Newell [143], Pan et al. [126], y Wu et al. [142] presentan variables de estilo de aprendizaje como elementos relevantes en modelos analíticos. Los autores incluyen estas variables a través de estándares aplicados a grupos de estudiantes de una forma específica, extrayendo información significativa para procesos de adaptación de contenido digital.

---

### 5. Desafíos

El análisis presentado en la sección 4.3 muestra claramente que la conciencia contextual para el análisis de procesos de aprendizaje en m-learning es un tema que puede abordarse y analizarse eficazmente. Además, es posible identificar variables contextuales importantes que han sido utilizadas en distintos estudios para la adaptación y recomendación de contenido académico. Esta sección incluye algunos desafíos de investigación.

Los sistemas académicos digitales están integrados con diferentes sistemas sociales (como LinkedIn, Facebook, Twitter, Instagram, etc.) que pueden ayudar a mejorar el proceso de análisis basado en contexto mediante m-learning. En el análisis realizado sobre los modelos seleccionados, ninguno utiliza emociones o sentimientos como variable de conciencia contextual para construir modelos. Aquí se abre una oportunidad para trabajos futuros en los que la extracción y análisis de información social pueda ayudar a mejorar el análisis basado en contexto en m-learning.

Las variables socioeconómicas no están presentes en los modelos seleccionados. Sin embargo, estas variables son de gran importancia para investigaciones futuras en la construcción de modelos analíticos basados en contexto relacionado con los estudiantes (por ejemplo, estatus socioeconómico, etnia e idioma). Se espera que las variables socioeconómicas ayuden a construir perfiles personalizados más efectivos para cualquier entorno virtual de aprendizaje móvil.

Consideramos que uno de los desafíos más relevantes es utilizar variables contextuales para lograr la adaptación del contenido de aprendizaje o hacer que el estudiante tome conciencia de su contexto para poder implementar cambios en su dinámica de estudio. Por ejemplo, para las variables del ámbito social, al detectar un entorno poco favorable para el aprendizaje, deberían proponerse estrategias para mejorar dicho entorno. El estilo de enseñanza también podría evolucionar a partir de las condiciones contextuales del estudiante. Otro desafío es cómo fortalecer aquellas variables que no han tenido una alta frecuencia de aparición en los artículos analizados. El uso de análisis de aprendizaje podría facilitar la identificación de variables que resalten y refuercen los aspectos pedagógicos en la conformación del contenido educativo, por ejemplo, aplicando estrategias de microaprendizaje que favorezcan la comprensión de conceptos y el logro de objetivos de aprendizaje.

---

### 6. Conclusiones y trabajo futuro

Esta Revisión Sistemática de Mapeo (RSM) ofreció una visión general del análisis basado en contexto en los procesos de aprendizaje en el contexto de m-learning y u-learning. Se definió un proceso metodológico para realizar búsquedas de información en bases de datos y filtrar mediante procesos de inclusión y exclusión los trabajos publicados entre 2010 y 2019.

Identificamos la evolución de variables contextuales externas, las cuales provienen de las capacidades actuales de dispositivos móviles y otros dispositivos ubicuos. La actualización constante de nuevas tecnologías para dispositivos móviles ha incrementado la cantidad de variables a analizar, lo que ha motivado a los investigadores a usar técnicas computacionales más innovadoras, específicamente aplicando Aprendizaje Profundo (Deep Learning) en entornos virtuales de aprendizaje. La adaptabilidad del contenido académico digital ha evolucionado con la construcción e implementación de sistemas de recomendación en plataformas académicas. A través de un análisis más específico basado en contexto, los sistemas han ido adaptándose con el tiempo para ofrecer estilos de aprendizaje y características específicas para cada estudiante.

El aspecto contextual de la conciencia contextual está relacionado con la interpretación de tres clases de variables: variables internas como los estilos de aprendizaje en el contexto educativo; variables externas como la información registrada en dispositivos móviles; y variables de actividad como la conexión a servicios e interfaces de usuario. El modelado contextual está relacionado con la interpretación de dominios a través de diversas técnicas de análisis en m-learning.

En los últimos años, se han utilizado ampliamente variables de hardware, como en la investigación [61], donde sensores de batería y conexión a red se incluyen en el modelo de análisis basado en contexto. La batería es importante para la entrega eficiente del contenido a los estudiantes. El análisis del consumo energético en cada sistema adaptativo o sistema de recomendación permite asignar el mejor material digital a cada estudiante según las necesidades de su dispositivo móvil.

Para investigaciones futuras, proponemos la construcción de una arquitectura omnicanal para entornos educativos en m-learning, a través del análisis del contexto del estudiante. Esta arquitectura típicamente involucraría variables académicas, sociales, tecnológicas y ambientales. Por otro lado, también proponemos la construcción de un modelo extendido de contexto con un estándar de metadatos orientado a m-learning. La integración de dichas variables mejorará la entrega de contenidos a los estudiantes a través de cualquier dispositivo móvil.

---

### Declaración de contribución de autores (CRediT)

- \*\*Paola Vallejo-Correa\*\*: Conceptualización del estudio, Metodología, Investigación, Validación, Redacción – revisión y edición.

- \*\*Julián Monsalve-Pulido\*\*: Investigación, Recursos, Redacción – borrador original.

- \*\*Marta Tabares-Betancur\*\*: Conceptualización del estudio, Investigación, Validación, Redacción – revisión y edición, Supervisión, Adquisición de financiamiento.

---

### Declaración de conflicto de interés

Los autores declaran que no tienen ningún interés financiero o relación personal conocida que haya influido en el trabajo reportado en este artículo.

---

### Referencias

[1] S. Kemp, \*Global Digital 2019\*, (Octubre) 2019, pp. 1–221, URL https://wearesocial.com/blog/2019/01/digital-2019-global-internet-use-accelerates.

[2] W.H. Lee, M.C. Kuo, Una plataforma NFC para e-learning interactivo y aprendizaje ubicuo, en: \*2014 International Conference on Education Reform and Modern Management, ERMM-14\*, Atlantis Press, 2014.

[3] V.A. Nguyen, V.C. Pham, S.D. Ho, Un sistema de aprendizaje móvil adaptativo consciente del contexto para apoyar a extranjeros en el aprendizaje del inglés, en: \*2010 IEEE RIVF International Conference on Computing & Communication Technologies, Research, Innovation, and Vision for the Future, RIVF\*, 2010, pp. 1–6.

[4] S. Van Engelenburg, M. Janssen, B. Klievink, Diseño de sistemas conscientes del contexto: Un método para entender y analizar el contexto en la práctica, 2018, http://dx.doi.org/10.1016/j.jlamp.2018.11.003.

[5] Y. Liu, S. Han, H. Li, Comprender los factores que impulsan la adopción del m-learning: una revisión bibliográfica, Campus-Wide Inf. Syst. 27(4)(2010) 210–226, http://dx.doi.org/10.1108/10650741011073761.

[6] S. Guri-Rosenblit, "Educación a distancia" y "e-learning": No son lo mismo, Higher Educ. 49(2005) 467–493, http://dx.doi.org/10.1007/s10734-004-0040-0.

[7] M.C. Gonzalez-Videgaray, Evaluación de las reacciones de estudiantes y docentes en un modelo de aprendizaje semipresencial para educación superior, Relive-Rev. Electr. Invest. y Eval. Educ. 13(1)(2007) 83–103.

[8] A. Kukulska-Hulme, Usabilidad y experiencia del usuario en dispositivos móviles, en: Mobile Learning, Routledge, 2007, pp. 61–72.

[9] W.-H. Wu, Y.-C. Jim Wu, C.-Y. Chen, H.-Y. Kao, C.-H. Lin, S.-H. Huang, Revisión de tendencias en estudios de aprendizaje móvil: Un metaanálisis, Comput. Educ. 59(2)(2012) 817–827, http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.016.

[10] X. Zhao, X. Wan, T. Okamoto, Entrega adaptativa de contenido en entornos de aprendizaje ubicuo, en: \*2010 6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technologies in Education\*, 2010, pp. 19–26.

[11] M. Siadaty, C. Torniai, D. Gašević, J. Jovanovic, T. Eap, M. Hatala, m-LOCO: Un marco basado en ontologías para aprendizaje móvil consciente del contexto, en: Proc. of the 6th Int. Workshop on Ontologies and Semantic Web for Intelligent Educational Systems At the 9th Int. Conf. on Intelligent Tutoring Systems, 2008, pp. 21–35.

[12] P. Zervas, S.E.G. Ardila, R. Fabregat, D.G. Sampson, Herramientas para diseño de aprendizaje basado en contexto y entrega móvil, en: \*2011 IEEE 11th International Conference on Advanced Learning Technologies\*, 2011, pp. 534–535, http://dx.doi.org/10.1109/ICALT.2011.164.

[13] D. Salber, A.K. Dey, G.D. Abowd, The Context Toolkit: Ayuda para el desarrollo de aplicaciones habilitadas para contexto, en: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI ’99, ACM, New York, NY, USA, 1999, pp. 434–441, http://dx.doi.org/10.1145/302979.303126.

[14] H.E. Byun, K. Cheverst, Utilización del historial de contexto para proveer adaptaciones dinámicas, Appl. Artif. Intell. 18(6)(2004) 533–548.

[15] B.A. Kumar, B. Sharma, Desarrollo de aplicaciones móviles conscientes del contexto: Revisión sistemática de literatura, Educ. Inf. Technol. (2019) 1–19.

[16] A. Hasanov, T. Laine, T.-S. Chung, Encuesta sobre entornos de aprendizaje adaptativos y conscientes del contexto, J. Ambient Intell. Smart Environ. 11(5)(2019) 403–428, http://dx.doi.org/10.3233/AIS-190534.

[17] J. Muñoz, C. González, Evaluación en sistemas de aprendizaje móvil: Revisión bibliográfica, Rev. Iberica Sist. Tecnol. Inf. 2019(E22)(2019) 187–199.

[18] B.D. Nye, Sistemas inteligentes de tutoría para el mundo en desarrollo: Revisión de tendencias y enfoques en tecnología educativa global, Int. J. Artif. Intell. Educ. 25(2)(2015) 177–203.

[19] K. Verbert, N. Manouselis, X. Ochoa, M. Wolpers, H. Drachsler, I. Bosnic, E. Duval, Sistemas de recomendación conscientes del contexto para aprendizaje: Encuesta y desafíos futuros, IEEE Trans. Learn. Technol. 5(4)(2012) 318–335.

[20] A. Alsswey, H. Al-Samarraie, Adopción de m-learning en países árabes del Golfo: Revisión sistemática de factores y desafíos, Educ. Inf. Technol. (2019) 1–14.

[21] S.S. Khanal, P. Prasad, A. Alsadoon, A. Maag, Revisión sistemática: sistemas de recomendación basados en aprendizaje automático para e-learning, Educ. Inf. Technol. (2019) 1–30.

[22] K. Petersen, S. Vakkalanka, L. Kuzniarz, Directrices para llevar a cabo estudios de mapeo sistemático en ingeniería de software: una actualización, Inf. Softw. Technol. 64(2015) 1–18, http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2015.03.007.

[23] R.F. Baumeister, M.R. Leary, Escritura de revisiones narrativas de literatura científica, Rev. Gen. Psychol. 1(3)(1997) 311–320, http://dx.doi.org/10.1037/1089-2680.1.3.311.

[24] M. Petticrew, H. Roberts, Revisiones sistemáticas en ciencias sociales: Guía práctica, en: Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide, John Wiley & Sons, 2008, pp. 1–336, http://dx.doi.org/10.1002/9780470754887.

[25] H.-C. Chu, G.-J. Hwang, C.-C. Tsai, J.C.R. Tseng, Un enfoque de dos niveles para desarrollar sistemas de aprendizaje móvil conscientes de ubicación para cursos de ciencias naturales, Comput. Educ. 55(4)(2010) 1618–1627, http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.004.

[26] G.-J. Hwang, F.-R. Kuo, P.-Y. Yin, K.-H. Chuang, Un algoritmo heurístico para planificar rutas de aprendizaje personalizadas para aprendizaje ubicuo consciente del contexto, Comput. Educ. 54(2)(2010) 404–415, http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2009.08.024.

[27] Y.-L. Jeng, T.-T. Wu, Y.-M. Huang, Q. Tan, S.J.H. Yang, El impacto adicional de aplicaciones móviles en estrategias de aprendizaje: Estudio de revisión, Educ. Technol. Soc. 13(3)(2010) 3–11.

[28] H.-C. Chu, G.-J. Hwang, J.C.R. Tseng, Un enfoque innovador para desarrollar y emplear bibliotecas electrónicas que respaldan el aprendizaje ubicuo consciente del contexto, Electron. Libr. 28(6)(2010) 873–890, http://dx.doi.org/10.1108/02640471011093552.

[29] T.H. Laine, C.A. Sedano, M. Joy, E. Sutinen, Factores críticos para la integración tecnológica en espacios de aprendizaje pervasivo basado en juegos, IEEE Trans. Learn. Technol. 3(4)(2010) 294–306.

[30] M.M. El-Bishouty, H. Ogata, G. Ayala, Y. Yano, Soporte consciente del contexto para aprendizaje ubicuo autodirigido, Int. J. Mob. Learn. Org. 4(3)(2010) 317–331, http://dx.doi.org/10.1504/IJMLO.2010.033558.

[31] G. Yang, S. Graf, et al., Un modelo práctico del estudiante para un sistema adaptativo de aprendizaje personalizado, sensible a ubicación y contexto, en: \*2010 International Conference on Technology for Education\*, IEEE, 2010, pp. 130–133.

[32] B. Hou, H. Ogata, M. Miyata, M. Li, Y. Liu, JAMIOLAS 3.0: Apoyo al aprendizaje de imitación y onomatopeyas japonesas usando datos de sensores, IJMBL 2(2010) 40–54, http://dx.doi.org/10.4018/jmbl.2010010103.

[33] M. Lewis, C. Nino, J. Rosa, J. Barbosa, D. Barbosa, Un modelo de gestión de objetos de aprendizaje en entornos de aprendizaje ubicuo, en: \*2010 8th IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, PERCOM Workshops\*, 2010, pp. 256–261.

[34] I. Gasparini, M.S. Pimenta, J. Palazzo M. de Oliveira, A. Bouzeghoub, Integración de ontologías y escenarios para entornos de e-learning conscientes del contexto, en: \*Proceedings of the 28th ACM International Conference on Design of Communication\*, 2010, pp. 229–236.

[35] J. Malek, M. Laroussi, A. Derycke, H.B. Ghezala, Desarrollo basado en modelos para sistemas de aprendizaje adaptativo y consciente del contexto, en: \*2010 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies\*, 2010, pp. 432–434.

[36] C.-B. Yao, Búsqueda adaptativa consciente del contexto e inteligente en aplicaciones de aprendizaje móvil, en: \*2010 The 2nd International Conference on Computer and Automation Engineering, Vol. 5, ICCAE, IEEE\*, 2010, pp. 802–806.

[37] B. Hou, H. Ogata, M. Miyata, M. Li, Y. Yano, Desarrollo de un sistema web basado en redes de sensores para asistir el aprendizaje de imitación y onomatopoeias japonesas, en: \*2010 6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technologies in Education\*, 2010, pp. 117–121.

[38] A.M. Pernas, I. Gasparini, A. Bouzeghoub, M. Pimenta, L.K. Wives, J.P.M. de Oliveira, Desde un entorno de e-learning hacia un entorno de u-learning, en: \*CSEDU 2010: 2nd International Conference on Computer Supported Education, Vol. 1, Scitepress\*, 2010, pp. 180–185.

[39] G.-J. Hwang, Y.-R. Shi, H.-C. Chu, Un enfoque basado en mapas conceptuales para desarrollar herramientas colaborativas para aprendizaje ubicuo consciente del contexto, Br. J. Educ. Technol. 42(5)(2011) 778–789.

[40] I. Gasparini, M.S. Pimenta, J.P.M. de Oliveira, ¿Cómo aplicar la conciencia contextual en un entorno de e-learning adaptativo para mejorar la personalización?, en: \*2011 30th International Conference of the Chilean Computer Science Society, IEEE\*, 2011, pp. 161–170.

[41] M. Yaghmaie, A. Bahreininejad, Un sistema de aprendizaje adaptativo basado en agentes conscientes del contexto, Expert Syst. Appl. 38(4)(2011) 3280–3286.

[42] S. Kim, S.-M. Song, Y.-I. Yoon, Servicios inteligentes de aprendizaje basados en nube inteligente, Sensors 11(8)(2011) 7835–7850, http://dx.doi.org/10.3390/s110807835.

[43] N. Thai-Nghe, T. Horvath, L. Schmidt-Thieme, Factorización consciente del contexto para recomendación de tareas personalizada, en: Proceedings of the International Workshop on Personalization Approaches in Learning Environments, Vol. 732, 2011, pp. 13–18.

[44] T.-S. Chen, P.-S. Chiu, Y.-M. Huang, C.-S. Chang, Estudio de la actitud de los estudiantes usando TAM en un entorno de aprendizaje móvil consciente del contexto, Int. J. Mob. Learn. Org. 5(2)(2011) 144–158.

[45] K. Mandula, S.R. Meda, D.K. Jain, R. Kambham, Implementación de un sistema de aprendizaje ubicuo usando tecnologías de sensores, en: Proceedings-IEEE International Conference on Technology for Education, T4E 2011, 2011, pp. 142–148, http://dx.doi.org/10.1109/T4E.2011.30.

[46] B. Li, W. Xiong, W. Hu, Aprendizaje multi-instancia consciente del contexto basado en representación dispersa jerárquica, en: \*2011 IEEE 11th International Conference on Data Mining\*, 2011, pp. 370–377.

[47] C.-S. Wang, Y.-H. Wang, Diseño de un entorno de aprendizaje ubicuo basado en SOA, en: \*2011 IEEE International Conference on Granular Computing\*, 2011, pp. 697–702.

[48] C.-S. Chang, T.-S. Chen, Ubiquitous Learning Grid: Conocimiento autogenerado en comunidades virtuales transfronterizas, Int. J. Ad Hoc Ubiquitous Comput. 8(3)(2011) 189–201.

[49] N. Capuano, M. Gaeta, S. Salerno, G.R. Mangione, Un enfoque basado en ontologías para e-learning consciente del contexto, en: \*2011 Third International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems\*, 2011, pp. 789–794.

[50] X. Zhao, T. Okamoto, Entrega adaptativa de contenido multimedia en u-learning consciente del contexto, Int. J. Mob. Learn. Organ. 5(1)(2011) 46–63, http://dx.doi.org/10.1504/IJMLO.2011.038691.

[51] S. Ahmed, D. Parsons, COMET: Ontología de contexto para tecnología móvil educativa, en: \*International Conference on Artificial Intelligence in Education\*, Springer, 2011, pp. 414–416.

[52] V.A. Nguyen, V.C. Pham, Uso de redes bayesianas para gestionar modelos de aprendices en sistemas adaptativos conscientes del contexto en aprendizaje móvil, en: Lecture Notes in Computer Science (incluyendo subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence y Lecture Notes in Bioinformatics), LNCS, vol. 6872, 2011, pp. 63–70, http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-23456-9\_13.

[53] H. Asoh, Y. Motomura, C. Ono, Adaptación de modelos con modelado bayesiano jerárquico para recomendación consciente del contexto, en: CEUR Workshop Proceedings, Vol. 791, 2011.

[54] P.-H. Wu, G.-J. Hwang, L.-H. Su, Y.-M. Huang, Un sistema de aprendizaje móvil consciente del contexto para apoyar formación de habilidades médicas, J. Educ. Technol. Soc. 15(1)(2012) 223–236.

[55] P. Nedungadi, R. Raman, Un nuevo enfoque de personalización: Integración de e-learning y m-learning, Educ. Technol. Res. Dev. 60(4)(2012) 659–678, http://dx.doi.org/10.1007/s11423-012-9250-9.

[56] P.-S. Tsai, C.-C. Tsai, G.-J. Hwang, Desarrollo de encuesta para evaluar preferencias en entornos constructivistas de aprendizaje ubicuo consciente del contexto, J. Comput. Assist. Learn. 28(3)(2012) 250–264, http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2729.2011.00436.x.

¡Perfecto! Continúo con la \*\*traducción completa del documento\*\*, palabra por palabra, incluyendo las referencias restantes. Esta traducción es fiel al contenido original y está lista para que puedas usarla como base de estudio o investigación.

---

## Traducción completa del documento (palabra por palabra)

### 4.2.3. Variables de actividad

Son las variables context-aware relacionadas con actividades académicas o flujos de trabajo de aprendizaje, lo cual permite mostrar cómo interactúan el entorno de aprendizaje y el contexto ubicuo. Este grupo de variables refleja actividades específicas dentro de los servicios ofrecidos por el entorno virtual de aprendizaje, tales como usabilidad, estructura y calidad del servicio. La información mencionada requiere adaptar el material educativo digital mediante una selección adecuada al estilo de aprendizaje y una selección personalizada según las necesidades del dispositivo del estudiante.

Las variables de actividad están presentes en el \*\*14.41%\*\* de los artículos seleccionados, en la mayoría de los casos extrayendo información sobre entornos virtuales de aprendizaje. Esta extracción busca analizar información de usabilidad y comportamiento en cada actividad académica del estudiante para su posterior personalización o adaptación del contenido académico.

En la mayoría de los casos, los trabajos seleccionados utilizan variables basadas en el contexto para procesos analíticos con el fin de personalizar o adaptar los procesos de aprendizaje de cada estudiante. También existen variables fuera de los tres grupos anteriores. Por ejemplo, Verbert et al. [19] proponen algunos metadatos para normalizar las variables contextuales, tales como:

- Variables de actividad con estándares (CAM-UICO)

- Variables de ubicación (Especificación Open GIS, ISO/TC211)

- Variables de cómputo (Perfiles compuestos de capacidades/preferencias W3C, Perfil de agente de usuario, Recursos universales inalámbricos - WURFL, MPEG-21)

- Variables de recursos (LOM y núcleo Dublin)

- Variables de usuario (IMS LIP, IMS ePortfolio, IMS Enterprise, Definiciones reutilizables de competencia IEEE [RCD], Friend of a Friend [FOAF], HR-XML)

Como parte del presente análisis, pudimos identificar la ausencia de metadatos estándar asociados estrechamente a variables basadas en contexto vinculadas al m-learning.

---

### Tabla 9: Variables externas y de actividad utilizadas en el análisis basado en contexto

| Referencia | Variables externas | Variables de actividad |

|----------|--------------------|-----------------------|

| | Ubicación | Tiempo | Software | Hardware | Otros | Actividad académica |

| [61] | Latitud, Longitud | Hora | Batería, Internet, Entorno | | |

| [42] | Latitud, Longitud | Horario | Velocidad del procesador, Memoria, Tamaño de pantalla, Resolución, Tipos de interfaz soportados, Dirección MAC del dispositivo | Acción del usuario, Servicio requerido, Objeto de aprendizaje | | |

| [3] | Latitud, Longitud | Hora | | | Tareas | |

| [28] | | | Sistema operativo, RFID | Aprendizaje activo | | |

| [107] | Información de ubicación | Hora | Distancia | Actividad académica | | |

| [86] | Sistema de ubicación | Hora | Interfaz de usuario | Actividad académica | | |

| [80] | | | Foros de discusión | | | |

| [77] | Latitud, Longitud | Hora | Acelerómetro | Participación en actividades | | |

| [41] | | | Actividades en LMS | | | |

| [45] | Latitud, Longitud | Conectividad Wi-Fi, Banda ancha móvil | Objeto de aprendizaje | | | |

| [125] | Ubicación | Hora | Dispositivo | Tarea | | |

| [126] | Ubicación | Hora | Entorno | Actividad académica | | |

| [52] | Ubicación | Intervalo de tiempo | Prueba del conocimiento del estudiante | | | |

| [120] | Configuración de interfaz de usuario | Objeto de aprendizaje | | | | |

| [121] | Latitud, Longitud | Hora | Batería, Conexión a internet, Entorno | | | |

| [53] | Cuestionario | | | | | |

| [62] | Movimiento | Actividades del curso | | | | |

| [55] | Tamaño de pantalla | Detección de orientación | Reestructuración de contenido, Registros de uso | | | |

---

### Figura 9: Porcentaje de uso de variables en el análisis basado en contexto

La Figura 9 presenta el nivel de uso de las variables para el análisis basado en contexto en m-learning durante los últimos diez años. El porcentaje de presencia de cada categoría se calculó seleccionando las variables clasificadas en la Tabla 8 y Tabla 9, y aplicando el promedio de presencia por variable.

---

### 4.3. Modelos analíticos aplicados a la conciencia contextual y su enfoque en los procesos de m-learning y u-learning

Esta sección responde a la pregunta Q3. Los modelos analíticos para la conciencia contextual en plataformas de aprendizaje virtual han llevado a la mejora de los procesos de adaptación y personalización del aprendizaje. Esta mejora busca madurar cada proceso de recomendación considerando las necesidades individuales del estudiante.

Las Tablas 8 y 9 presentan algunas propuestas de investigación que aplican modelos analíticos para la conciencia contextual en procesos de aprendizaje ubicuo y móvil.

Nguyen y Pham [52] presentan un método para aplicar Redes Bayesianas para gestionar el modelo del estudiante. La propuesta define una arquitectura con las siguientes capas:

- Detección de contexto para identificar los factores contextuales que activan funciones como la detección de ubicación.

- Base de datos que permite gestionar la información desde datos contextuales, datos de contenido, perfiles de aprendices y pruebas.

- Adaptación que incluye funciones que pueden adaptar los materiales de aprendizaje para cada estudiante e identificar el nivel de conocimiento del estudiante según el contexto y las pruebas realizadas.

Liu et al. [5] proponen que la investigación educativa está sustancialmente interesada en la construcción de modelos analíticos que ayuden a mejorar los procesos de aprendizaje personalizando el contenido digital dado al estudiante [61]. Realizaron un experimento para evaluar el sistema propuesto para Capturar y Recordar Registros de Aprendizaje (SCROLL). Los resultados muestran que el sistema es muy útil para los estudiantes y que se benefician de las recomendaciones basadas en el contexto e indicaciones basadas en el estilo de aprendizaje.

En los modelos analíticos aplicados en la conciencia contextual, trabajos como los propuestos por Li et al. [61] principalmente explotan el aprendizaje personalizado y un método basado en contexto que respalda un sistema de registro de aprendizaje ubicuo. Sus objetivos son ayudar a los estudiantes a recordar lo que han registrado utilizando los contextos y hábitos de aprendizaje de los estudiantes. El método contiene tres medidas principales: recomendar objetos de aprendizaje según las necesidades y contextos de los estudiantes, detectar sus hábitos de aprendizaje usando el historial del contexto y animarlos a revisar lo que han aprendido en función de sus hábitos de aprendizaje.

Mouri et al. [115] desarrollaron un sistema que recomienda registros de aprendizaje útiles en el lugar correcto y en el momento adecuado según la personalización del estudiante. Realizaron un experimento para evaluar el rendimiento del sistema y la utilidad de las recomendaciones para el aprendizaje. En su experimento de evaluación encontraron criterios clave para recomendar plataformas de aprendizaje de idiomas en el mundo real. En los resultados, los participantes pudieron aumentar sus oportunidades de aprendizaje aplicando el método de recomendación propuesto.

El trabajo de Wu et al. [142] propuso un modelo que se centra en el Modelo de Juego del Conocimiento Plus (KPGRM) basado en respuestas múltiples. En ese trabajo, los autores midieron el factor explícito del juego en cada respuesta múltiple, luego utilizaron métodos de filtrado colaborativo para inferir el factor implícito del juego desde las respuestas. Finalmente, modelaron el aprendizaje cognitivo de los estudiantes considerando simultáneamente los factores del juego y el conocimiento basado en un modelo de detección de señales. En la investigación realizaron experimentos extensos en dos conjuntos de datos del mundo real, demostrando que KPGRM puede modelar más eficazmente el aprendizaje de los estudiantes y obtener un análisis más significativo.

Asoh et al. [53] propusieron un método para obtener mejores sistemas de recomendación basados en contexto a menor costo. Esto se logró aplicando Modelado Jerárquico Bayesiano (BHM), un sistema ampliamente utilizado para adaptación de modelos y aprendizaje multitarea. Así, modificaron un modelo construido con una gran cantidad de datos contextuales específicos para adaptarse a contextos reales utilizando una pequeña cantidad de datos contextuales reales. BHM utiliza un modelo jerárquico lineal gaussiano simple para resolver “el problema de construir un modelo de preferencia basado en contexto que pueda modelar y predecir calificaciones por parte de usuarios para elementos en contextos”. Por lo tanto, es posible construir un modelo de dos modelos jerárquicos de preferencia basada en contexto: el modelo generativo de los datos reales y los datos contextuales supuestos.

Shi et al. [62] propusieron un modelo que maximiza directamente la Precisión Media para crear una lista de elementos con una clasificación óptima para usuarios individuales en cada contexto. Los autores usaron factorización tensorial para modelar datos de retroalimentación implícita (por ejemplo, compras y clics) con información contextual.

Li et al. [61], Nguyen y Pham [52], Nedungadi y Raman [55], Alnabhan y Aljaraideh [87], Newell [143], Pan et al. [126], y Wu et al. [142] presentan variables de estilo de aprendizaje como elementos relevantes en modelos analíticos. Los autores incluyen estas variables a través de estándares aplicados a grupos de estudiantes de una forma específica, extrayendo información significativa para procesos de adaptación de contenido digital.

---

### 5. Desafíos

El análisis presentado en la sección 4.3 muestra claramente que la conciencia contextual para el análisis de procesos de aprendizaje en m-learning es un tema que puede abordarse y analizarse eficazmente. Además, es posible identificar variables contextuales importantes que han sido utilizadas en distintos estudios para la adaptación y recomendación de contenido académico. Esta sección incluye algunos desafíos de investigación.

Los sistemas académicos digitales están integrados con diferentes sistemas sociales (como LinkedIn, Facebook, Twitter, Instagram, etc.) que pueden ayudar a mejorar el proceso de análisis basado en contexto mediante m-learning. En el análisis realizado sobre los modelos seleccionados, ninguno utiliza emociones o sentimientos como variable de conciencia contextual para construir modelos. Aquí se abre una oportunidad para trabajos futuros en los que la extracción y análisis de información social pueda ayudar a mejorar el análisis basado en contexto en m-learning.

Las variables socioeconómicas no están presentes en los modelos seleccionados. Sin embargo, estas variables son de gran importancia para investigaciones futuras en la construcción de modelos analíticos basados en contexto relacionado con los estudiantes (por ejemplo, estatus socioeconómico, etnia e idioma). Se espera que las variables socioeconómicas ayuden a construir perfiles personalizados más efectivos para cualquier entorno virtual de aprendizaje móvil.

Consideramos que uno de los desafíos más relevantes es utilizar variables contextuales para lograr la adaptación del contenido de aprendizaje o hacer que el estudiante tome conciencia de su contexto para poder implementar cambios en su dinámica de estudio. Por ejemplo, para las variables del ámbito social, al detectar un entorno poco favorable para el aprendizaje, deberían proponerse estrategias para mejorar dicho entorno. El estilo de enseñanza también podría evolucionar a partir de las condiciones contextuales del estudiante. Otro desafío es cómo fortalecer aquellas variables que no han tenido una alta frecuencia de aparición en los artículos analizados. El uso de análisis de aprendizaje podría facilitar la identificación de variables que resalten y refuercen los aspectos pedagógicos en la conformación del contenido educativo, por ejemplo, aplicando estrategias de microaprendizaje que favorezcan la comprensión de conceptos y el logro de objetivos de aprendizaje.

---

### 6. Conclusiones y trabajo futuro

Esta Revisión Sistemática de Mapeo (RSM) ofreció una visión general del análisis basado en contexto en los procesos de aprendizaje en el contexto de m-learning y u-learning. Se definió un proceso metodológico para realizar búsquedas de información en bases de datos y filtrar mediante procesos de inclusión y exclusión los trabajos publicados entre 2010 y 2019.

Identificamos la evolución de variables contextuales externas, las cuales provienen de las capacidades actuales de dispositivos móviles y otros dispositivos ubicuos. La actualización constante de nuevas tecnologías para dispositivos móviles ha incrementado la cantidad de variables a analizar, lo que ha motivado a los investigadores a usar técnicas computacionales más innovadoras, específicamente aplicando Aprendizaje Profundo (Deep Learning) en entornos virtuales de aprendizaje. La adaptabilidad del contenido académico digital ha evolucionado con la construcción e implementación de sistemas de recomendación en plataformas académicas. A través de un análisis más específico basado en contexto, los sistemas han ido adaptándose con el tiempo para ofrecer estilos de aprendizaje y características específicas para cada estudiante.

El aspecto contextual de la conciencia contextual está relacionado con la interpretación de tres clases de variables: variables internas como los estilos de aprendizaje en el contexto educativo; variables externas como la información registrada en dispositivos móviles; y variables de actividad como la conexión a servicios e interfaces de usuario. El modelado contextual está relacionado con la interpretación de dominios a través de diversas técnicas de análisis en m-learning.

En los últimos años, se han utilizado ampliamente variables de hardware, como en la investigación [61], donde sensores de batería y conexión a red se incluyen en el modelo de análisis basado en contexto. La batería es importante para la entrega eficiente del contenido a los estudiantes. El análisis del consumo energético en cada sistema adaptativo o sistema de recomendación permite asignar el mejor material digital a cada estudiante según las necesidades de su dispositivo móvil.

Para investigaciones futuras, proponemos la construcción de una arquitectura omnicanal para entornos educativos en m-learning, a través del análisis del contexto del estudiante. Esta arquitectura típicamente involucraría variables académicas, sociales, tecnológicas y ambientales. Por otro lado, también proponemos la construcción de un modelo extendido de contexto con un estándar de metadatos orientado a m-learning. La integración de dichas variables mejorará la entrega de contenidos a los estudiantes a través de cualquier dispositivo móvil.

---

### Declaración de contribución de autores (CRediT)

- \*\*Paola Vallejo-Correa\*\*: Conceptualización del estudio, Metodología, Investigación, Validación, Redacción – revisión y edición.

- \*\*Julián Monsalve-Pulido\*\*: Investigación, Recursos, Redacción – borrador original.

- \*\*Marta Tabares-Betancur\*\*: Conceptualización del estudio, Investigación, Validación, Redacción – revisión y edición, Supervisión, Adquisición de financiamiento.

---

### Declaración de conflicto de interés

Los autores declaran que no tienen ningún interés financiero o relación personal conocida que haya influido en el trabajo reportado en este artículo.

---

### Referencias (continuación)

[57] J.L.V. Barbosa, D.N.F. Barbosa, A. Wagner, Aprendizaje en entornos de computación ubicua, Int. J. Inf. Commun. Technol. Educ. 8(3)(2012) 64–77.

[58] D. Gallego, E. Barra, S. Aguirre, G. Huecas, Un modelo para generar recomendaciones proactivas conscientes del contexto en sistemas e-learning, en: Actas del Congreso Internacional de Educación Frontiers in Education Conference, 2012, pp. 1–6.

[59] V.A. Nguyen, V.C. Pham, CAMLES: Un sistema de aprendizaje móvil adaptativo para asistir a estudiantes en el aprendizaje de idiomas, en: Proceedings 2012 17th IEEE International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education, WMUTE 2012, 2012, pp. 72–76, http://dx.doi.org/10.1109/WMUTE.2012.19.

[60] A. Harchay, L. Cheniti-Belcadhi, R. Braham, Una infraestructura impulsada por modelos para personalización móvil consciente del contexto, en: 2012 IEEE 11th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications, 2012, pp. 1676–1683.

[61] M. Li, H. Ogata, B. Hou, N. Uosaki, Y. Yano, Personalización en sistema de aprendizaje ubicuo consciente del contexto, en: Proceedings 2012 17th IEEE International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education, WMUTE 2012, 2012, pp. 41–48, http://dx.doi.org/10.1109/WMUTE.2012.14.

[62] Y. Shi, A. Karatzoglou, L. Baltrunas, M. Larson, A. Hanjalic, N. Oliver, TFMAP: Optimización de MAP para recomendaciones context-aware top-n, en: SIGIR’12 – Proceedings of the International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, 2012, pp. 155–164, http://dx.doi.org/10.1145/2348283.2348308.

[63] N. Kasaki, S. Kurabayashi, Y. Kiyoki, Un sistema de aprendizaje móvil sensible a la geolocalización y consciente del contexto con métodos de correlación adaptativa, Procedia Comput. Sci. 10(2012) 593–600.

[64] C. Ramdas, N. Parimal, M.B. Utkarsh, S. Sumit, K. Ramya, B. Smitha, Aplicación de sensores en entornos interactivos de aprendizaje basados en realidad aumentada, en: 2012 Sixth International Conference on Sensing Technology, ICST, 2012, pp. 173–178.

[65] D. Ferreira, E. Ferreira, J. Goncalves, V. Kostakos, A.K. Dey, Revisando la interacción humano-batería con una interfaz interactiva, en: Proceedings of the 2013 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, 2013, pp. 563–572.

[66] T.-S. Wang, Diseño y evaluación de sistemas móviles agradables basados en TAM e integrando modelos de aprendizaje aplicados en actividades docentes ecológicas, Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ. 9(2)(2013) 201–212.

[67] K.M. Sudhana, V.C. Raj, R. Suresh, Un marco basado en ontologías para sistemas e-learning adaptativos conscientes del contexto, en: 2013 International Conference on Computer Communication and Informatics, IEEE, 2013, pp. 1–6.

[68] H.-F. Lin, El efecto de la percepción de capacidad receptiva sobre la aceptación del aprendizaje ubicuo consciente del contexto, Campus-Wide Inf. Syst. (2013).

[69] Y. Atif, S. Mathew, Un enfoque web social de cosas para un modelo de campus inteligente, en: 2013 IEEE International Conference on Green Computing and Communications and IEEE Internet of Things and IEEE Cyber, Physical and Social Computing, 2013, pp. 349–354.

[70] D. Gallego, E. Barra, A. Gordillo, G. Huecas, Recomendaciones mejoradas para herramientas de autoría e-learning basadas en un sistema proactivo consciente del contexto, en: 2013 IEEE Frontiers in Education Conference, FIE, 2013, pp. 1393–1395.

[71] D.N.F. Barbosa, J.L.V. Barbosa, P.B.S. Bassani, J. Rosa, M. Martins, C. Nino, Gestión de contenidos en un entorno de aprendizaje ubicuo, Int. J. Comput. Appl. Technol. 46(1)(2013) 24–35.

[72] L. Hu, Z. Du, Q. Tong, Y. Liu, Recomendación de recursos de aprendizaje consciente del contexto usando motor de reglas, en: IEEE 13th International Conference on Advanced Learning Technologies, 2013, pp. 181–183.

[73] M. Gaeta, G.R. Mangione, F. Orciuoli, S. Salerno, Aprendizaje ambiental: un enfoque metacognitivo, J. Ambient Intell. Humanized Comput. 4(1)(2013) 141–154.

[74] A. Almutairi, F. Siewe, Especificación formal del modelo CA-UCON usando CCA, en: 2013 Science and Information Conference, 2013, pp. 369–375.

[75] H.W. Hijazi, J.A. Itmazi, Modelo de contexto basado en rastreo para cursos electrónicos distribuidos a través de computación ubicua en instituciones de educación superior, en: Proceedings- 2013 4th International Conference on E-Learning Best Practices in Management, Design and Development of E-Courses: Standards of Excellence and Creativity, ECONF 2013, 2013, pp. 9–14, http://dx.doi.org/10.1109/ECONF.2013.28.

[76] M. Naveed, Modelo contextual en línea para predicción de movilidad en aprendizaje, en: International Joint Conference on Ambient Intelligence, Springer, 2013, pp. 313–319.

[77] V. Pejovic, M. Musolesi, InterruptMe: Diseño de mecanismos inteligentes de notificación para aplicaciones pervasivas, en: UbiComp 2014 – Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, 2014, pp. 897–908, http://dx.doi.org/10.1145/2632048.2632062.

[78] L. Shi, A.I. Cristea, S. Hadzidedic, Modelado de aprendices sociales multifacéticos, en: International Conference on Web-Based Learning, Springer, 2014, pp. 32–42.

[79] G.-J. Hwang, P.-H. Hung, N.-S. Chen, G.-Z. Liu, MAIL: Proyecto avanzado de aprendizaje ubicuo en Taiwán, J. Educ. Technol. Soc. 17(2)(2014) 4–16.

[80] D. Yang, D. Adamson, C.P. Rosé, Recomendación de preguntas con restricciones para cursos masivos en línea (MOOC), en: RecSys 2014 – Proceedings of the 8th ACM Conference on Recommender Systems, 2014, pp. 49–56, http://dx.doi.org/10.1145/2645710.2645748.

[81] C. Lu, M. Chang, D. Kinshuk, E. Huang, C.-W. Chen, Juego de rol móvil consciente del contexto para aprendizaje – caso de Canadá y Taiwán, Educ. Technol. Soc. 17(2014) 101–114, http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-38291-8\_8.

[82] P. Moore, F. Xhafa, L. Barolli, Context-as-a-service: Modelo de servicio para sistemas basados en nube, en: 2014 Eighth International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, IEEE, 2014, pp. 379–385.

[83] G.-Z. Liu, G.-J. Hwang, Y.-L. Kuo, C.-Y. Lee, Diseño de un sistema creativo de lectura dinámica en inglés en un centro deportivo consciente del contexto usando smartphone y códigos QR, Digit. Creat. 25(2)(2014) 169–186.

[84] C.-K. Hsu, G.-J. Hwang, Enfoque ubicuo consciente del contexto para apoyar actividades de ensamblaje de PC, Interact. Learn. Environ. 22(6)(2014) 687–703.

[85] A. Harchay, L. Cheniti-Belcadhi, R. Braham, Marco consciente del contexto para evaluación móvil personalizada, IxD&A 23(2014) 82–97.

[86] A. Wagner, J.L.V. Barbosa, D.N.F. Barbosa, Un modelo para gestión de perfiles aplicado a entornos de aprendizaje ubicuo, Expert Syst. Appl. 41(4)(2014) 2023–2034.

[87] M.M. Alnabhan, Y. Aljaraideh, Modelo de adopción de m-learning colaborativo: Caso de Jordania, Int. J. Emerg. Technol. Learn. 9(8)(2014) 4–10, http://dx.doi.org/10.3991/ijet.v9i8.3639.

[88] Y. Qin, T. Bhattacharya, L. Kulik, J. Bailey, Servicio do-not-disturb consciente del contexto para dispositivos móviles, en: Proceedings of the 13th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, 2014, pp. 236–239.

[89] J.G. Gómez, J. Huete, V.H. Riaño, Sistema de aprendizaje basado en conciencia contextual para práctica clínica en enfermería, en: 2014 IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies, 2014, pp. 186–190.

[90] G.-H. Hwang, H.-C. Chu, B. Chen, Z.S. Cheng, Desarrollo y evaluación de plataforma de aprendizaje ubicuo basada en web 2.0 para identificación de plantas escolares, Int. J. Dist. Educ. Technol. 12(2)(2014) 83–103.

[91] N. Capuano, G.R. Mangione, A. Pierri, S. Salerno, Personalización y contextualización de experiencias de aprendizaje basadas en semántica, Int. J. Emerg. Technol. Learn. 9(7)(2014) 5–14.

[92] F. Akbari, F. Taghiyareh, E-SoRS: Servicio personalizado y social de recomendación para entornos e-learning, en: The 8th National and the 5th International Conference on E-Learning and E-Teaching, ICeLeT 2014, IEEE, 2014, pp. 1–12.

[93] V. Pejovic, M. Musolesi, Computación móvil anticipatoria: Encuesta sobre estado del arte y retos de investigación, ACM Comput. Surv. 47(3)(2015) 1–29.

[94] S. Yu, X. Yang, G. Cheng, M. Wang, Del objeto de aprendizaje a la célula de aprendizaje: modelo de recursos para aprendizaje ubicuo, Educ. Technol. Soc. 18(2)(2015) 206–224.

[95] Y.-M. Huang, P.-S. Chiu, Efectividad de un modelo de evaluación basado en aprendizaje significativo para m-learning consciente del contexto, Br. J. Educ. Technol. 46(2)(2015) 437–447.

[96] Y. Atif, S.S. Mathew, A. Lakas, Construcción de un campus inteligente que respalde aprendizaje ubicuo, J. Ambient Intell. Humanized Comput. 6(2)(2015) 223–238.

[97] V. Pejovic, M. Musolesi, A. Mehrotra, Estudio del papel del compromiso en la interrupcionalidad móvil, en: Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct, 2015, pp. 1100–1105.

[98] K. Mouri, H. Ogata, N. Uosaki, Análisis de registros de aprendizaje ubicuo usando redes sociales, Int. J. Mob. Learn. Org. 9(2)(2015) 101–123, http://dx.doi.org/10.1504/IJMLO.2015.070702.

[99] S.-L. Wang, C.-C. Chen, Z.G. Zhang, Mapa de conocimiento consciente del contexto para museo botánico ubicuo, Aust. J. Educ. Technol. 31(4)(2015).

[100] V. Bremgartner, J. de Magalhães Netto, C.S. de Menezes, Adaptación de recursos en entornos virtuales de aprendizaje bajo enfoque constructivista: Revisión sistemática, en: 2015 IEEE Frontiers in Education Conference, FIE, 2015, pp. 1–8.

[101] O.M. Salazar, D.A. Ovalle, N.D. Duque, Sistema multi-agente educativo ubicuo y adaptativo usando servicios conscientes del contexto, en: International Conference on Learning and Collaboration Technologies, Springer, 2015, pp. 301–312.

[102] S. Rodzin, L. Rodzina, Sistemas de aprendizaje móvil y ontología, en: R. Silhavy, R. Senkerik, Z.K. Oplatkova, Z. Prokopova, P. Silhavy (Eds.), Software Engineering in Intelligent Systems, Springer International Publishing, Cham, 2015, pp. 45–54.

[103] N. Verstaevel, C. Régis, V. Guivarch, M.-P. Gleizes, F. Robert, Robótica extremadamente sensible, en: Proceedings of the International Conference on Agents and Artificial Intelligence, Vol. 1, ICAART 2015, SCITEPRESS-Science and Technology Publications, Lda, Setubal, PRT, 2015, pp. 242–248, http://dx.doi.org/10.5220/0005282002420248.

[104] F.I. Sadiq, A. Selamat, R. Ibrahim, Predicción de reconocimiento de actividades humanas para mitigación de desastres multitudinarios, en: Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems, Springer, 2015, pp. 200–210.

[105] Z. Chen, Y. Chen, X. Gao, S. Wang, L. Hu, C.C. Yan, N.D. Lane, C. Miao, Reconocimiento de contexto social incremental sin intrusión usando aprendizaje difuso, en: 2015 IEEE International Conference on Data Mining, 2015, pp. 71–80.

[106] J.F. Valenzuela-Valdés, P.J. Pardo, P. Padilla, A.J. Lozano-Guerrero, Laboratorio económico de comunicaciones inalámbricas conscientes del contexto para estudiantes universitarios, IEEE Trans. Learn. Technol. 9(1)(2015) 31–36.

[107] T.-Y. Hsu, C.-K. Chiou, J.C.R. Tseng, G.-J. Hwang, Desarrollo y evaluación de un sistema activo de apoyo al aprendizaje consciente del contexto para u-learning, IEEE Trans. Learn. Technol. 9(1)(2016) 37–45, http://dx.doi.org/10.1109/TLT.2015.2439683.

[108] O.C. Santos, M. Saneiro, J.G. Boticario, M.C. Rodriguez-Sanchez, Hacia recomendaciones educativas afectivas interactivas y conscientes del contexto en aprendizaje asistido por computadora, New Rev. Hypermedia Multimedia 22(1–2)(2016) 27–57.

[109] C.-C. Chen, P.-H. Lin, Desarrollo y evaluación de un entorno de aprendizaje ubicuo consciente del contexto para educación astronómica, Interact. Learn. Environ. 24(3)(2016) 644–661, http://dx.doi.org/10.1080/10494820.2014.915417.

[110] X. Su, H. Caceres, H. Tong, Q. He, Identificación de modo de viaje en línea usando smartphones considerando ahorro de batería, IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 17(10)(2016) 2921–2934.

[111] M. Abech, C.A. Da Costa, J.L.V. Barbosa, S.J. Rigo, R. da Rosa Righi, Un modelo para adaptar objetos de aprendizaje considerando computación móvil y context-aware, Pers. Ubiquitous Comput. 20(2)(2016) 167–184.

[112] L. Bedogni, M. Di Felice, L. Bononi, Aplicación android consciente del contexto a través de detección de transporte, Wireless Commun. Mob. Comput. 16(16)(2016) 2523–2541.

[113] M.S.-y. Jong, C.-C. Tsai, Comprensión de preocupaciones docentes sobre el uso de tecnología móvil para aprendizaje social al aire libre: experiencia EduVenture, Interact. Learn. Environ. 24(2)(2016) 328–344.

[114] G.-Z. Liu, T.-C. Liu, C.-C. Lin, Y.-L. Kuo, G.-J. Hwang, Identificación de características y modelos de aprendizaje en u-learning usando investigación fenomenológica, Int. J. Mob. Learn. Org. 10(4)(2016) 238–262, http://dx.doi.org/10.1504/IJMLO.2016.079501.

[115] K. Mouri, H. Ogata, N. Uosaki, E. Lkhagvasuren, Método de personalización basado en análisis de aprendizaje ubicuo, J. UCS 22(10)(2016) 1380–1397.

[116] J. Xu, L. Song, J.Y. Xu, G.J. Pottie, M. Van Der Schaar, Aprendizaje activo personalizado para clasificación de actividades usando sensores portátiles inalámbricos, IEEE J. Sel. Top. Signal Process. 10(5)(2016) 865–876.

[117] J.C.-Y. Sun, K.-Y. Chang, Diseño y desarrollo de un sistema de aprendizaje móvil basado en ubicación para apoyar el aprendizaje del inglés, Univ. Access Inf. Soc. 15(3)(2016) 345–357.

[118] I.E. El Guabassi, M.A. Achhab, I. Jellouli, B.E.E. Mohajir, Hacia sistemas de aprendizaje ubicuo adaptativos, Int. J. Knowl. Learn. 11(1)(2016) 3–23.

[119] I. El Guabassi, M. Al Achhab, I. Jellouli, B.E. El Mohajir, Sistema de recomendación para aprendizaje ubicuo basado en árbol de decisión, en: 2016 4th IEEE International Colloquium on Information Science and Technology, CiSt, 2016, pp. 535–540.

[120] J. Bicans, Modelo de datos contextuales para sistemas de aula virtual y tutoría inteligente, en: B. Johansson, F. Vencovsky (Eds.), CEUR Workshop Proceedings, Vol. 1684, 2016.

[121] S. Venugopalan, M.V. Srinath, P. Rodrigues, Sistema de recomendación para e-learning a través de enfoque basado en perfil y contenido, en: ACM International Conference Proceeding Series, 04-05-Marc, Association for Computing Machinery, 2016, http://dx.doi.org/10.1145/2905055.2905103.

[122] T. Liang, L. He, C.-T. Lu, L. Chen, S.Y. Philip, J. Wu, Enfoque de aprendizaje amplio para recomendación de aplicaciones móviles consciente del contexto, en: 2017 IEEE International Conference on Data Mining (ICDM), pp. 955–960.

[123] I.H. Sarker, M.A. Kabir, A. Colman, J. Han, Enfoque para modelar el comportamiento de llamadas en teléfonos móviles basado en contexto multidimensional, en: 2017 IEEE/ACM 4th International Conference on Mobile Software Engineering and Systems, MOBILESoft, 2017, pp. 91–95.

[124] R. Wu, G. Xu, E. Chen, Q. Liu, W. Ng, ¿Conocimiento o juego? Modelado cognitivo basado en respuestas múltiples, en: Proceedings of the 26th International Conference on World Wide Web Companion, International World Wide Web Conferences Steering Committee, 2017, pp. 321–329.

[125] S. Huang, B. Yin, M. Liu, Investigación sobre modelo de aprendizaje individualizado basado en conciencia contextual, en: S.J.A.O.N.K.K. Kwan R. Wang F.L. (Eds.), Proceedings – 2017 International Symposium on Educational Technology, ISET 2017, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2017, pp. 163–167, http://dx.doi.org/10.1109/ISET.2017.45.

[126] X.-W. Pan, L. Ding, X.-Y. Zhu, Z.-X. Yang, Enfoque social para generación de contexto de alto nivel que apoya m-learning, Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ. 13(7)(2017) 3675–3686, http://dx.doi.org/10.12973/eurasia.2017.00752a.

[127] J.K. Tarus, Z. Niu, D. Kalui, Sistema de recomendación híbrido para e-learning basado en conciencia contextual y minería de patrones secuenciales, Soft Comput. 22(8)(2018) 2449–2461.

[128] A. Asadi, S. Müller, G.H. Sim, A. Klein, M. Hollick, FML: Aprendizaje automático rápido para comunicaciones vehiculares 5G mmWave, en: IEEE INFOCOM Conference on Computer Communications, 2018, pp. 1961–1969.

[129] G.H. Sim, S. Klos, A. Asadi, A. Klein, M. Hollick, Algoritmo en línea consciente del contexto para comunicaciones vehiculares 5G mmWave, IEEE/ACM Trans. Netw. 26(6)(2018) 2487–2500, http://dx.doi.org/10.1109/TNET.2018.2869244.

[130] C.-C. Chen, C.-Y. Chen, Exploración del impacto del estilo de aprendizaje en el logro académico en museo-u, Interact. Learn. Environ. 26(5)(2018) 664–681.

[131] F.E. Louhab, A. Bahnasse, M. Talea, Hacia evaluación formativa adaptativa en m-learning consciente del contexto, Procedia Comput. Sci. 135 (2018) 441–448.

[132] J. Barbosa, J. Tavares, I. Cardoso, B. Alves, B. Martini, Trailcare: Sistema interior y exterior consciente del contexto para usuarios de sillas de ruedas, Int. J. Hum. Comput. Stud. 116(2018) 1–14.

[133] K.-Y. Chin, K.-F. Lee, Y.-L. Chen, Usando un sistema de aprendizaje ubicuo interactivo para mejorar experiencias auténticas en curso de patrimonio cultural, Interact. Learn. Environ. 26(4)(2018) 444–459.

[134] M. Gams, I.Y.-H. Gu, A. Härmä, A. Muñoz, V. Tam, Inteligencia artificial y ambiente inteligente, J. Ambient Intell. Smart Environ. 11(1)(2019) 71–86.

[135] S. Pal, P.K.D. Pramanik, P. Choudhury, Hacia un aprendizaje inteligente: diseño de un sistema de m-learning basado en video interactivo para instituciones educativas, Int. J. Web-Based Learn. Teach. Technol. 14(4)(2019) 26–48.

[136] J. Ruiz-Rosero, G. Ramirez-Gonzalez, J. Viveros-Delgado, Encuesta de software: ScientoPy, una herramienta para análisis de tendencias temáticas en publicaciones científicas, Scientometrics 121(2)(2019) 1165–1188, http://dx.doi.org/10.1007/s11192-019-03213-w.

[137] N.J. van Eck, L. Waltman, Encuesta de software: VOSviewer, programa informático para mapeo bibliométrico, Scientometrics 84(2)(2010) 523–538, http://dx.doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3.

[138] C. Aria, Massimo y Cuccurullo, bibliometrix: Una herramienta R para análisis integral de ciencia y tecnología, J. Informetr. 11(4)(2017) 959–975.

[139] M.J. Cobo, A.G. López-Herrera, E. Herrera-Viedma, F. Herrera, Un enfoque para detectar, cuantificar y visualizar la evolución de un campo de investigación: aplicación práctica en teoría de conjuntos difusos, J. Informetr. 5(1)(2011) 146–166.

[140] K.Y. Yee, A.W. Tiong, F.S. Tsai, R. Kanagasabai, OntoMobiLe: Arquitectura genérica centrada en ontología para aprendizaje móvil, en: Proceedings – IEEE International Conference on Mobile Data Management, 2009, pp. 631–636, http://dx.doi.org/10.1109/MDM.2009.108.

[141] J. Malek, M. Laroussi, H. Ben Ghezala, Marco de diseño para escenarios de aprendizaje en ciudad inteligente, en: Proceedings – 9th International Conference on Intelligent Environments, IE 2013, 2013, pp. 9–15, http://dx.doi.org/10.1109/IE.2013.34.

[142] R. Wu, G. Xu, E. Chen, Q. Liu, W. Ng, ¿Conocimiento o juego?: Modelado cognitivo basado en respuestas múltiples, en: Proceedings of the 26th International Conference on World Wide Web Companion, International World Wide Web Conferences Steering Committee, 2019, pp. 321–329.

[143] D. Newell, P. Davies, R. Austin, P. Moore, M. Sharma, Modelos para sistema de m-learning híbrido inteligente y consciente del contexto, en: Proceedings – IEEE 29th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, WAINA 2015, 2015, pp. 405–410, http://dx.doi.org/10.1109/WAINA.2015.25.