

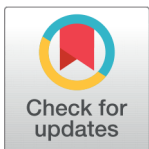
Smart Learning Environments y ergonomía: una aproximación al estado de la cuestión

Pedro Antonio García-Tudela , María Paz Prendes-Espinosa  and Isabel María Solano-Fernández 

Universidad de Murcia, Departamento de Didáctica y Organización Escolar, España

RESUMEN

La tecnología educativa se ve de forma continua transformada en función de las tecnologías innovadoras que vamos incorporando, pero siempre con la vista puesta en la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje. Para ello, los *Smart Learning Environments* (SLE) se convierten en una alternativa óptima a la enseñanza tradicional, puesto que a través de la ergonomía se brinda una perspectiva inclusiva que mejorará la experiencia educativa de cualquier estudiante. Por lo tanto, el principal objetivo de este trabajo consiste en realizar un análisis del estado del arte en relación con la ergonomía, la inclusión y los SLE. El método utilizado se basa en una revisión sistemática de literatura que nos ha permitido analizar en profundidad una muestra final de 19 documentos tras una revisión inicial de 633, habiendo sido todos los trabajos publicados entre 2013 y 2019. El análisis de los resultados se realiza a través de una red semántica generada con atlas.ti. v.8, a partir de la cual se extraen 3 categorías, 10 códigos y 33 citas. Principalmente, los resultados reflejan el carácter emergente de la línea temática investigada y cómo la ergonomía se relaciona con la inclusión y se posiciona como uno de los principales componentes para diseñar una propuesta educativa basada en los SLE.



Recibido 2020-03-19
Revisado 2020-04-03
Aceptado 2020-05-21
Publicado 2020-07-15

Autor para correspondencia
Pedro Antonio García-Tudela,
pedroantonio.garcia4@um.es

Facultad de Educación,
C/Campus Universitario, 12,
30100, Murcia, España.

DOI <https://doi.org/10.7821/naer.2020.7.562>

Páginas: 261-275

Distributed under
Creative Commons CC BY 4.0

Copyright: © The Author(s)

Palabras clave TECNOLOGÍA EDUCACIONAL, CONTEXTO DE APRENDIZAJE, INSTALACIÓN EDUCATIVA, EDUCACIÓN INCLUSIVA, ERGONOMÍA

1 INTRODUCCIÓN

Es un hecho constatable en informes nacionales e internacionales (INE., 2019; UIT., 2015) que las tecnologías impregnan nuestra sociedad del siglo XXI, algo fácilmente observable en la evolución que se ha venido produciendo en las ciudades con alta densidad de población, según señalan Buchem y Pérez (2013). Esta evolución condicionada por las tecnologías nos conduce al concepto de ciudad inteligente o *smart city*, es decir, la redefinición de la ciudad a través de la inclusión de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) con el fin de mejorar su sostenibilidad y la calidad de vida de sus ciudadanos (García-Rubio, 2014; Sarmiento, 2016).

OPEN ACCESS

De la misma manera, las tecnologías impregnan los contextos escolares, hecho visible por la inclusión de recursos digitales (hardware y software), pero también por los cambios metodológicos y las innovaciones educativas apoyadas en tecnologías (Cabero y Barroso, 2016; Martínez-Sánchez, 2009; Prendes-Espinosa, 2018). Por el contrario, el simple hecho de contemplar la utilización de herramientas digitales en el aula, bien de manera cotidiana o bien puntualmente, no tiene por qué suponer una mejora significativa en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Cariaga, 2018; Luque, 2016).

La integración curricular de las TIC es el principio básico para la reorientación de las mismas y así evitar usos inapropiados en cualquier aula. A lo largo del tiempo, este objetivo se ha pretendido alcanzar –entre otras opciones– definiendo un espacio escolar como *tech-rich*, o espacio enriquecido con tecnologías. Sin embargo, actualmente existe una posibilidad de progresar en torno a dicho concepto evolucionando hacia lo que se denomina *Smart Learning Environments* (SLE a partir de ahora) o entornos inteligentes de aprendizaje. Este concepto deriva directamente de la educación inteligente, la cual no solo consiste en la digitalización de la educación o en tender hacia una formación plenamente virtual (Ordov, Madiyarova, Ermilov, Tovma, y Murzagulova, 2019), sino que también se contempla la presencialidad, donde la tecnología y la interconexión entre estudiantes es fundamental (Achenkunjujohn y Venkatesh, 2020).

En su trabajo, Zhu, Yu, y Riezebos (2016) señalan que este concepto de SLE supone un nuevo paradigma educativo que sirve para describir el aprendizaje en la actual era digital, pues los nuevos aprendices necesitan las nuevas competencias del siglo XXI (Prendes-Espinosa, Castañeda, Gutiérrez, y Sánchez, 2017), en línea con el concepto de *Technology Enhanced Learning* (TEL) y las aplicaciones educativas de la inteligencia artificial, los dispositivos móviles, la minería de datos, o Internet de las cosas, entre otros desarrollos tecnológicos.

A través del desarrollo de los SLE se afirma que el aprendizaje no se limita a un único espacio, sino que se puede hablar de entornos o ambientes de aprendizaje. Ello es posible gracias a las posibilidades que nos brindan los avances tecnológicos a la hora de acortar distancias y facilitar la formación en cualquier lugar y momento (Norris y Soloway, 2013; Prendes-Espinosa, 2004; Prendes-Espinosa et al., 2017; Tikhomirov, Dneprovskaya, y Yankovskaya, 2015). Además, el uso de dispositivos digitales tal y como se plantea en los SLE también proveerá la información necesaria para evaluar y retroalimentar la tarea docente y discente (Koper, 2014; Simonova, 2019).

Existen algunos principios fundamentales sobre los que se ha de sustentar cualquier espacio de enseñanza y aprendizaje que pretenda convertirse en inteligente. Bautista y Borges (2013) establecen nueve: flexibilidad de los elementos físicos, adaptabilidad, comodidad, multiplicidad, conectividad, personalización, orden/organización, apertura y seguridad.

De manera más sintetizada, Bdiwi, de Runz, Faiz, y Cherif (2019) señalan que es preciso cumplir tres requisitos para desarrollar un entorno inteligente de aprendizaje: la tecnología y conectividad, las metodologías educativas pertinentes y, por último, la ergonomía.

En referencia al último componente, el cual es el foco de atención del presente trabajo, se ha de señalar que la ergonomía es la disciplina que garantiza la adaptación de un espacio -físico o virtual- a las características individuales de los usuarios (Reyes y Piñero, 2003). A través de la ergonomía no solo se favorece la flexibilización o la personalización del entorno de estudio o trabajo, sino que también se focaliza en el bienestar de la persona y su seguridad (Giakoumis et al., 2019). Por ello, la ergonomía también está directamente relacionada con el diseño del mobiliario escolar, puesto que a través de éste se mejora la comodidad de los estudiantes y del profesorado en el entorno físico y, por consiguiente, la predisposición hacia la acción educativa (Alibegović, Hadžiomerović, Pašalić, y Domljan, 2020).

El concepto de ergonomía puede ampliar el enfoque inclusivo del proceso de enseñanza-aprendizaje en un SLE, pues se configura como en un espacio en el cual la distribución, sus dispositivos y el uso que se haga de ellos facilitará el desarrollo de un entorno inteligente óptimo para cualquier persona –un objetivo esencial de estos espacios enriquecidos con tecnología.

Existen definiciones de SLE cuyo acento está en el carácter inclusivo, puesto que a través de los mismos se debe garantizar una óptima atención a la diversidad para lograr un aprendizaje más funcional y efectivo. Un ejemplo de este tipo de definiciones es la realizada por Gambo y Shakir (2019), quienes entienden que los SLE son espacios donde la tecnología adquiere su importancia porque contribuye a construir experiencias de aprendizaje personalizadas e inclusivas para cualquier persona, en cualquier momento y en cualquier lugar.

Otros trabajos afirman que es necesario contar en los SLE con tecnologías de asistencia (Bakken, Varidireddy, y Uskov, 2019) y tecnologías adaptativas (Spector, 2014), puesto que de otra manera será imposible generar una experiencia efectiva para cualquier estudiante que se encuentre en un entorno inteligente de aprendizaje.

2 METODOLOGÍA

2.1 Problema y objetivo

El presente trabajo pretende dar respuesta a la pregunta de investigación: ¿se ha analizado la ergonomía en los trabajos sobre SLE? En caso positivo, ¿cómo influye la ergonomía en los entornos inteligentes de aprendizaje? En consecuencia, el principal objetivo que nos planteamos es analizar la relevancia de la ergonomía en las investigaciones y experiencias sobre entornos inteligentes de aprendizaje.

2.2 Método

Para ello, se opta por emplear un método basado en una revisión sistemática de literatura o *systematic literature review* (SLR). De esta manera, se garantizará una primera aproximación a la información científica disponible sobre el objeto de estudio. A partir de esta revisión inicial, se podrá identificar si es un área de interés que demanda una mayor profundización, en línea con el planteamiento de González, Urrútia, y Alonso-Coello (2011).

2.3 Fases de la investigación

Como primer paso, es necesario establecer unos criterios que determinen qué producciones se van a seleccionar como parte de la muestra final y cuáles no. Para ello, se tienen en cuenta los principios recogidos en la declaración PRISMA (Urrútia y Bonfill, 2010) y en el marco SALSA (Codina, 2015). Además, para garantizar una sistematicidad del proceso se sigue la estrategia PICO_S (Pertegal-Vega, Oliva-Delgado, y Rodríguez-Meirinhos, 2019), la cual está constituida por cuatro elementos: población, fenómeno de interés, contexto y diseño de estudio.

Siguiendo a estos autores citados, el proceso que se tiene en cuenta en la fase de búsqueda se apoya en los siguientes filtros: búsqueda a través de diferentes bases de datos, en este caso dos referentes internacionalmente (WoS y Scopus), para evitar posibles sesgos e identificar el mayor número de documentos científicos relacionados con el tema de la revisión sistemática; utilización de descriptores bilingües (inglés y español); eliminación de duplicidades; acotación de área, idioma y tiempo.

Además hemos utilizado operadores booleanos. La configuración aplicada de descriptores bilingües y operadores booleanos ha sido la siguiente: en primer lugar “smart learning environments OR smart classrooms AND ergonomics”, y la segunda búsqueda ha sido “smart learning environments OR smart classrooms AND inclusive education OR special needs education”. Todos los descriptores han sido buscados también en español y en ambos casos en referencia al título, resumen o palabras clave. Se han realizado dos búsquedas booleanas con el objetivo de aumentar el número de trabajos que estuviesen relacionados con la inclusión educativa en los SLE, pero que no apareciesen vinculados a la ergonomía por la concisión de dicho concepto.

En relación a la acotación temporal, se ha fijado en los últimos 6 años, es decir, en el periodo 2013-2019, ya que hemos comprobado que la bibliografía anterior es mínima y se vela por mantener el carácter actual de las publicaciones elegidas. En cuanto a las dos limitaciones restantes, es decir, el tipo de documento y el área, se han seleccionado artículos, capítulos de libro y actas de congreso de la disciplina de las Ciencias Sociales, tanto en inglés como en español.

Una vez extraída la muestra definitiva, el análisis cualitativo de los resultados se estructura a partir de una representación gráfica (una red semántica) diseñada con Atlas.ti V.8. En la misma aparecen codificadas y categorizadas las diferentes unidades de información más significativas de cada documento. En total, son 33 citas asociadas a 10 códigos libres, los cuales están relacionados con los 3 contextos identificados (contexto físico, virtual y físico-virtual).

2.4 Muestra seleccionada

El diagrama de flujo (véase la Figura 1) presenta la población inicial (N=633) y la muestra resultante (n=19) tras aplicar los diferentes criterios explicitados en la estrategia PICO_S: población (búsqueda booleana según la acotación temporal, tipo de documento e idiomas), fenómenos de interés (lectura de títulos y palabras clave para identificar el objeto de estudio), contexto (lectura de resúmenes para decidir la pertinencia si el contenido se centra en

la ergonomía o la óptica inclusiva de los SLE) y diseño de estudio (trabajos con una rigurosa metodología, tanto cuantitativa, como cualitativa). A pesar de emplear una doble cadena de búsqueda, una vez eliminadas las duplicidades, éstas se unifican, generando así un análisis conjunto de las publicaciones a través de las fases mencionadas.

Una de las fases que más documentos ha eliminado de la población inicial - concretamente 387- ha sido el fenómeno de interés, debido a que todos los trabajos se alejaban del problema de investigación planteado. La fase posterior (contexto) ha descartado 30 trabajos por varias razones: ejemplos relacionados con el uso puntual de herramientas “inteligentes” para escolares con necesidades educativas específicas o especiales, pero sin ser implementadas en un entorno inteligente (Ekin, Cagiltay, y Karasu, 2018); la ausencia de elementos relacionados con la ergonomía o la inclusión educativa (Thomas, Parsons, y Whitcombe, 2019) y el tratamiento de los entornos inteligentes sin estar vinculados a la educación (Kumar et al., 2019).

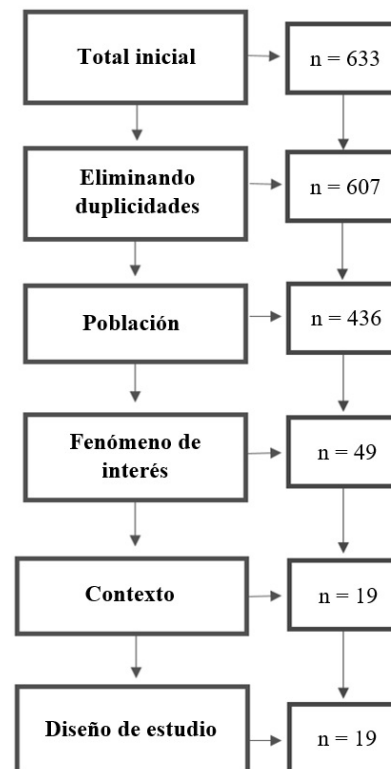


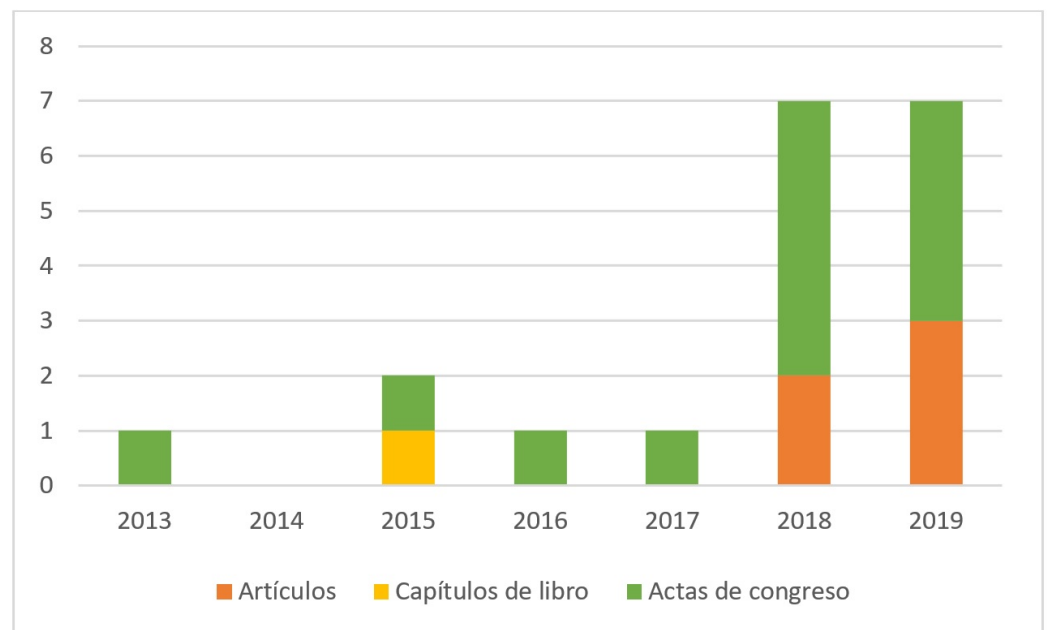
Figura 1 Diagrama de flujo de la muestra seleccionada

En forma de tabla y ordenados cronológicamente se presentan los 19 manuscritos que representan a la muestra seleccionada (véase Tabla 1).

De manera complementaria, en la Figura 2 se muestra un gráfico de figuras apiladas que expone la muestra en relación a su año de publicación y al tipo de documento científico que es (artículo, capítulo de libro o acta de congreso).

Tabla 1 Trabajos analizados en la revisión sistemática

Nº de trabajo	Cita	Tipo de trabajo
Trabajo 1	Gelsomini (2019)	Actas de congreso
Trabajo 2	Gambo y Shakir (2019)	Actas de congreso
Trabajo 3	Bakken et al. (2019)	Artículo
Trabajo 4	G. Liu et al. (2019)	Actas de congreso
Trabajo 5	Tissenbaum y Slotta (2019)	Artículo
Trabajo 6	Chorfi y Al-hudhud (2019)	Artículo
Trabajo 7	An (2019)	Actas de congreso
Trabajo 8	Kanagarajan y Ramakrishnan (2018)	Artículo
Trabajo 9	Wang y Yeh (2018)	Actas de congreso
Trabajo 10	Ani et al. (2018); Elkoubaiti y Mrabet (2018)	Actas de congreso
Trabajo 11	Elkoubaiti y Mrabet (2018)	Actas de congreso
Trabajo 12	Anderson (2018)	Actas de congreso
Trabajo 13	Sutjaritthamm et al. (2018)	Actas de congreso
Trabajo 14	Miraoui (2018)	Artículo
Trabajo 15	Zhong et al. (2017)	Actas de congreso
Trabajo 16	Soliman y Elsaadany (2016)	Actas de congreso
Trabajo 17	Avdeeva et al. (2015)	Capítulo de libro
Trabajo 18	Pesare (2015)	Actas de congreso
Trabajo 19	Bouslama y Kalota (2013)	Actas de congreso

**Figura 2** Distribución de la muestra por año y tipo de trabajo

De la muestra finalmente seleccionada, ocho documentos pertenecen a la Educación Superior, un documento a la Educación Secundaria, dos documentos a Primaria y ocho de los documentos no se corresponden con ninguna de las etapas educativas, sino que tratan la temática desde una perspectiva general.

3 RESULTADOS

La progresiva publicación de documentos científicos relacionados con los entornos inteligentes de aprendizaje (SLE) y la ergonomía refleja el carácter emergente de la línea de investigación (Figura 2). No obstante, ocho documentos de los elegidos no presentan una implementación educativa, ni la exposición de criterios de diseño de clases inteligentes desde una perspectiva ergonómica, sino que exponen de manera general el problema de investigación.

Tampoco son numerosos los trabajos que se centran en los diferentes niveles educativos (Infantil, Primaria y Secundaria). La única excepción es la Educación Superior, puesto que es una etapa sobre la que se focalizan diversos artículos y actas de congreso.

Los 19 artículos de la muestra contemplan directa o indirectamente diversos aspectos que favorecen la ergonomía de un SLE, haciendo de este espacio educativo inteligente un lugar más accesible y beneficioso para todos los agentes relacionados con el mismo.

De manera previa se ha expuesto que estos entornos favorecen la fusión entre la presencialidad y la virtualidad. Por lo tanto, al analizar los resultados se establecieron tres categorías relacionadas con los contextos de enseñanza y aprendizaje y su ergonomía: contexto físico, contexto virtual y contexto físico-virtual. Los dos primeros aparecen referenciados en diversa literatura sobre la temática de los SLE (D. Liu, Huang, y Wosinski, 2017; Serrano-Iglesias, Bote-Lorenzo, Gómez-Sánchez, Asensio-Pérez, y Vega-Gorgojo, 2019), mientras que el último es la vinculación del contexto físico y virtual, el cual contiene los códigos que engloban aspectos que deben de estar asociados presencial y virtualmente.

Los diferentes códigos son unidades de información textual que se han extraído directamente del análisis de contenido de la perspectiva ergonómica de los SLE. Una vez recopilados los datos que reflejan cualquier característica vinculada al favorecimiento de la inclusión educativa desde los SLE, han sido reducidos a unidades significativas de información para, de esta forma, facilitar su estructuración en torno a las categorías elaboradas.

Por último, las citas que aparecen vinculadas a cada uno de los códigos son las referencias bibliográficas que lo justifican.

En la Figura 3 se expone la red semántica extraída con las categorías descritas y sus respectivos códigos y citas. Asimismo, dicha representación gráfica se complementa con la Tabla 2, la cual refleja la frecuencia absoluta de los códigos asociados a sus categorías.

En primer lugar, hemos de señalar que el contexto físico es la categoría que más códigos (5) y citas (17) tiene asociados. En este caso, se agrupan todos los aspectos relacionados con la ergonomía que favorecen una mejora del aula ordinaria de referencia, es decir, el espacio físico donde se desarrolla la tarea educativa. A continuación, se analizan los códigos pertenecientes a dicho contexto.

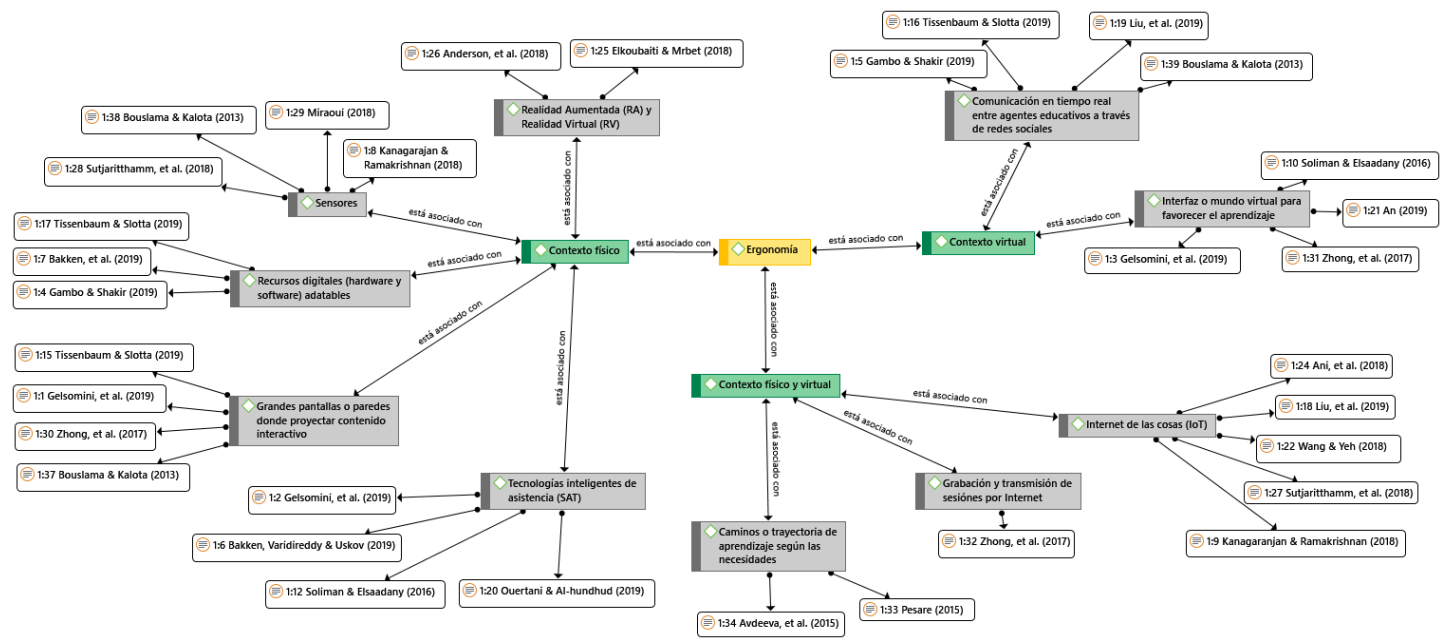


Figura 3 Red semántica de los resultados

Tabla 2 Frecuencias de códigos

Categorías	Códigos	f
Contexto físico	Tecnologías inteligentes de asistencia (SAT)	4
	Grandes pantallas o paredes donde proyectar contenido interactivo	4
	Recursos digitales (hardware y software) adaptables	3
	Sensores	4
	Realidad aumentada (AR) y realidad virtual (AV)	2
Contexto virtual	Comunicación en tiempo real entre agentes educativos a través de redes sociales	4
	Interfaz o mundo virtual para favorecer el aprendizaje	4
Contexto físico y virtual	Internet de las cosas (IoT)	5
	Grabación y transmisión de sesiones por Internet	1
	Caminos o trayectoria de aprendizaje según las necesidades	2

Uno de los códigos más evidentes en cuanto a mejorar el acceso y el manejo de la información es “tecnologías inteligentes de asistencia (SAT)”. Las mismas están relacionadas con los dispositivos electrónicos que a través de diferentes estímulos, favorecen el proceso educativo de cualquier agente dependiendo de la diversidad funcional que presente (trabajos 1,3, 6 y 16).

Muy relacionado con el código mencionado, el código “recursos digitales (hardware y software) adaptables” también está orientado a apoyar a la persona que la utiliza, puesto que son tecnologías que presentan mejoras complementarias para mejorar la experiencia de quienes las usan dependiendo de sus características personales (trabajos 2,3 y 5).

“Grandes pantallas o paredes donde proyectar contenido interactivo” es un código relacionado con la ampliación física de la información para así beneficiar la óptima visualización desde cualquier punto de la clase inteligente (trabajos 1, 5, 15 y 19).

La utilización de “sensores” para favorecer la automatización de algunas tareas en el aula, por ejemplo: encender la luz, controlar la humedad o la temperatura, etc. es otro de los códigos que se cita en gran medida (trabajos 8, 13, 15 y 19).

El último código relacionado con la categoría del contexto físico es el menos citado, es decir, “realidad aumentada (AR) y realidad virtual (VR)”, el cual se define como un recurso digital inteligente que proyecta el contenido para hacerlo más accesible (trabajos 11 y 12).

La categoría “contexto virtual” tiene asociado solamente dos códigos, uno de ellos es “comunicación en tiempo real entre agentes educativos a través de redes sociales”. A partir del cual se facilita la interacción inclusiva entre los miembros de la comunidad educativa siempre y cuando se cuente con el dispositivo móvil pertinente y las aplicaciones correspondientes (trabajos 2, 4, 5 y 19).

De manera muy relacionada con el anterior, “interfaz o mundo virtual para favorecer el aprendizaje” posibilita la creación de espacios digitales a través de los que el docente podrá definir el proceso de aprendizaje de cada escolar según la información recibida. Además, la interfaz utilizada debe favorecer la personalización y la adaptabilidad (trabajos 1, 7, 15 y 16).

Por último, la tercera categoría, es decir, “contexto físico y virtual” presenta tres códigos. El primero de ellos, el más numeroso, es “Internet de las cosas (IoT)”, aunque no es un código tan específico como el resto, a través del mismo se expone la necesaria conectividad que debe de existir entre los dispositivos empleados en un SLE para garantizar la automatización de ciertas tareas y optimizar diferentes procesos (trabajos 4, 8, 9, 10 y 13).

Seguidamente, el código menos citado no solo de la categoría, sino de la red semántica, es “grabación y transmisión de sesiones por Internet”, para así crear una biblioteca virtual de todas las sesiones desarrolladas en el contexto físico (trabajo 15).

El último código de la categoría “contexto físico y virtual” es “camino o trayectoria de aprendizaje según las necesidades”. A través de este descriptor se pretenden diseñar rutas para beneficiar la flexibilidad y la personalización en cuanto al proceso de aprendizaje. Las mismas han de estar presentes físicamente y ser transferibles al contexto virtual (trabajos 17 y 18).

4 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El presente trabajo analiza la documentación científica más reciente sobre los SLE desde la perspectiva de la ergonomía, para así poder reflexionar sobre cómo dicha disciplina influye en el diseño inclusivo de un entorno inteligente de aprendizaje.

En primer lugar, debe aludirse a la escasez de trabajos de investigación en los cuales se estudien los SLE desde la perspectiva de su ergonomía como componente esencial para contemplar la perspectiva inclusiva. Por lo tanto, ha sido necesario ampliar el campo de búsqueda para obtener unos resultados significativos a la hora de alcanzar el objetivo pro-

puesto.

A pesar de este hecho y teniendo en cuenta la relevancia del concepto de la ergonomía (Alibegović et al., 2020; Giakoumis et al., 2019), se considera que la mirada inclusiva de los SLE debe responder a una perspectiva ergonómica, puesto que la ergonomía nos permite centrar la atención en el diseño del espacio, el uso de tecnologías adaptativas o de asistencia, entre otros factores de interés para este nuevo enfoque de los entornos enriquecidos con tecnología e inclusivos. En otras palabras, la ergonomía es una disciplina fundamental para garantizar que un SLE sea adaptable a las necesidades específicas de cada estudiante, tanto a nivel de acceso, como de desarrollo del proceso educativo.

Tal y como se evidencia en la categoría del contexto físico, los SLE son una posibilidad de mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje siempre y cuando esté presente la tecnología adaptativa necesaria y las características innovadoras necesarias para hacer este hecho extensible a la totalidad de un grupo (Bakken et al., 2019; Spector, 2014).

También, relacionado con el contexto físico, el código “Realidad Aumentada (AR) y Realidad Virtual (RV)” es uno de los menos citados, pero son diversas las oportunidades que pueden brindar al alumnado con diversidad funcional (Chocarro, Lainez, Busto, y López, 2018; Marín, 2018). De la misma manera, “grandes pantallas donde proyectar contenido interactivo” es un código clave para facilitar el acceso a la información y permitir su manipulación a partir de diversos dispositivos de entrada.

Por otro lado, la comunicación (analizada dentro de la categoría del contexto virtual) también es un elemento destacable, ya que diferentes autores (Koper, 2014; Simonova, 2019) señalan que en los SLE se debe de garantizar una retroalimentación constante para así optimizar el entorno de aprendizaje y beneficiar tanto al alumnado, como al equipo docente. De esta forma, se está brindando la flexibilidad, horizontalidad y eficacia que deberían caracterizar a los entornos inteligentes de aprendizaje (Escofet, Gros, López, y Marimon-Martí, 2019; Pal, Pramanik, y Choudhury, 2019).

Tal y como se está exponiendo, son muy diferentes los elementos que favorecen la perspectiva ergonómica de los SLE. Por ello, una posibilidad para reducir la distancia entre la virtualidad y la presencialidad, favoreciendo el carácter inteligente y vinculando una extensa cantidad de variables a considerar, podría ser el uso de un *Learning Management System (LMS)* o sistema para la gestión del aprendizaje.

Dicho recurso digital aparece ligado a numerosos trabajos que exponen las herramientas inteligentes que deben de estar presentes en un SLE (Al-Hamad, 2016; Dascalu, Bodea, Moldoveanu, y Dragoi, 2017), por lo tanto, también podría ser una oportunidad a través de la que interconectar diferentes aspectos propios de la ergonomía en los entornos inteligentes de aprendizaje.

A partir de los hallazgos mostrados, se sugiere el interés de ampliar esta investigación aplicando unos descriptores diferentes, tales como “personalized”, “adaptive” o “assistive technology”, entre otros, que puedan arrojar resultados relacionados con la mirada inclusiva de los SLE y así construir un concepto sólido de la ergonomía en relación a estos.

Además, sería pertinente investigar y profundizar en el desarrollo de algunos códigos y su relación con los SLE para garantizar la perspectiva ergonómica, ya que su implementación

en la realidad no está tan extendida como otros. Algunos ejemplos podrían ser: la utilización de sensores en el contexto físico para automatizar determinadas acciones, tanto del docente, como de los estudiantes; la personalización a través de trayectorias de aprendizaje, sobre las cuales existen algunas experiencias presenciales (García-Tudela, 2019), etc.

En este trabajo hemos demostrado el rol crucial que posee la ergonomía en cuanto al desarrollo de un entorno inteligente de aprendizaje, sin embargo se considera necesario completar la investigación para poder generar un modelo óptimo que contemple la ergonomía como un componente esencial de los SLE. En conclusión, la implementación de una entorno inteligente desde una perspectiva en la que la ergonomía esté presente en la acción educativa beneficiará la docencia, la investigación y la innovación en cualquier nivel y contexto, aspectos claves de cualquier experiencia en el marco de la Tecnología Educativa (Prendes-Espinosa, 2018).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de un proyecto para desarrollar un modelo de smart learning environments y así diseñar propuestas didácticas para trabajar la igualdad de género en Educación Primaria. Este proyecto está financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades a través de la ayuda del Programa de Formación del Profesorado Universitario (FPU).

REFERENCIAS

- Achenkunjujohn, A., y Venkatesh, P. (2020). A new concept of smart universities using internet of things (IoT). *International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(3), 6147–6151.
- Al-Hamad, A. Q. (2016). Students' perception of implementing a Smart Learning System (SLS) based on Moodle at Fujairah College. *13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)* (pp. 315–318). <https://doi.org/10.1109/rev.2016.7444490>
- Alibegović, A., Hadžimerović, A. M., Pašalić, A., y Domljan, D. (2020). School Furniture Ergonomics in Prevention of Pupils' Poor Sitting Posture. *Drvna industrija*, 71(1), 88–99. <https://doi.org/10.5552/drvind.2020.1920>
- An, Y. (2019). Creatint Smart Learning Environments with Virtual Worlds. En M. Chang (Ed.), *Foundations and Trends in Smart Learning* (pp. 89–92). Recuperado de <http://bit.ly/2ndSCa4>
- Anderson, G. J. (2018). Kid Space: Interactive Learning in a Smart Environment. En ACM. (Ed.), *Proceedings of the group interaction frontiers in technology*. <https://doi.org/10.1145/3279981.3279986>
- Ani, R., Krishna, S., Aknil, H., y Arun, U. (2018). An approach towards buildings an IoT Based Smart Classroom. En IEEE. (Ed.), *International Conference on advances in computing, communications and informatics* (pp. 2098–2102). <https://doi.org/10.1109/icacci.2018.8554869>
- Avdeeva, Z., Omarova, N. O., y Taratuhina, Y. V. (2015). Smart Educational Environment as a Platform for Individualized Learning Adjusted to Student's Cultural-Cognitive Profile. En L. Uskov, V. Howlett, y L. Jain (Eds.), *Smart Education and Smart e-Learning. Smart Innovation, Systems and Technologies* (pp. 219–229). Recuperado de <http://bit.ly/2pytV8R>
- Bakken, J. P., Varidireddy, N., y Uskov, V. L. (2019). Analysis and classification of university centers for students with disabilities. *Smart Innovation, System and Technologies*, 144, 445–459.

- Recuperado de <http://bit.ly/2pzue3r>
- Bautista, G., y Borges, F. (2013). Smart classrooms: Innovation in formal learning spaces to transform learning experiences. *Bulletin of the Technical Committee on Learning Technology*, 15(3), 18–21. Recuperado de <https://bit.ly/2Wf0ruT>
- Bdiwi, R., de Runz, C., Faiz, S., y Cherif, A. A. (2019). Smart learning environment: Teacher's role in assessing classroom attention. *Research in Learning Technology*, 27. <https://doi.org/10.25304/rlt.v27.2072>
- Bousslama, F., y Kalota, F. (2013). Creating smart classrooms to benefit from innovative technologies and learning space design. En IEEE. (Ed.), *International Conference on current trends in information technology* (pp. 102–106). <https://doi.org/10.1109/ctit.2013.6749486>
- Buchem, I., y Pérez, M. (2013). *Personal Learning Environments in Smart Cities: Current Approaches and Future Scenarios. eLearning Papers*, 35. Recuperado de <http://bit.ly/33p6gpV>
- Cabero, J., y Barroso, J. (2016). ICT teacher training: a view of the TPACK model /Formación del profesorado en TIC: una visión del modelo TPACK. *Cultura y Educación*, 28(3), 633–663. <https://doi.org/10.1080/11356405.2016.1203526>
- Cariaga, R. (2018). Experiencias en el uso de las TIC. Análisis de relatos de docentes. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 56, 131–155. Recuperado de <http://bit.ly/2o8WOrA>
- Chocarro, E., Lainez, B., Busto, J. H., y López, J. (2018). Aportaciones de la Realidad Aumentada en la inclusión en el aula de estudiantes con Trastorno del Espectro Autista. *EDMETIC*, 7(2), 120–120. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v7i2.10134>
- Chorfi, H. O., y Al-hudhud, G. (2019). Optimizing E-Learning Cognitive Ergonomics Based on Structural Analysis of Dynamic Responses. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET)*, 14(10), 150–150. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i10.10134>
- Codina, L. (2015). *No lo llame análisis bibliográfico, llámelo revisión sistematizada, Y cómo llevarla a cabo con garantías: systematized reviews + SALSA framework*. Recuperado de <http://bit.ly/2AQirjw>
- Dascalu, M. L., Bodea, C. N., Moldoveanu, y Dragoi, G. (2017). Towards a Smart University through the adoption of a social e-learning platform to increase graduates' employability. En E. Popescu, Kinshuk, M. Koutheair, R. Huang, y M. Jemni (Eds.), *Innovations in Smart Learning* (pp. 23–28). https://doi.org/10.1007/978-981-10-2419-1_4
- Ekin, C. C., Cagiltay, K., y Karasu, N. (2018). Effectiveness of smart toy applications in teaching children with intellectual disability. *Journal of Systems Architecture*, 89, 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2018.07.001>
- Elkoubaiti, H., y Mrabet, R. (2018). How are augmented and virtual reality used in smart classrooms? En ACM. (Ed.), *2nd International Conference on Smart Digital Environment* (pp. 189–196). <https://doi.org/10.1145/3289100.3289131>
- Escofet, A., Gros, B., López, M., y Marimon-Martí, M. (2019). Percepción del profesorado sobre la integración de la tecnología en el espacio escolar. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 6. <https://doi.org/10.6018/riite.360631>
- Gambo, Y., y Shakir, M. Z. (2019). New development and evaluation model for self-regulated smart learning environment in higher education. En IEEE. (Ed.), *IEEE Global Engineering Education Conference* (pp. 990–994). <https://doi.org/10.1109/educon.2019.8725268>
- García-Rubio, F. (2014). *Planeamiento, movilidad y sostenibilidad urbana. Un análisis desde las Smart Cities. Práctica urbanística: revista mensual de urbanismo*, 131, 38–53. Recuperado de <http://bit.ly/2QXp2lw>
- García-Tudela, P. A. (2019). Gamificación e inclusión: rutas de aprendizaje en Educación Primaria. En F. J. Murillo y C. Martínez-Garrido (Eds.), *Actas del XIX Congreso Internacional de Investigación Educativa* (Vol. 5, pp. 78–85). Recuperado de <https://bit.ly/2WG2oPE>

- Gelsomini, M. (2019). Magika, a Multisensory Environment for Play, Education and Inclusion. En ACM. (Ed.), *Conference on Human Factors in Computing Systems*. <https://doi.org/10.1145/3290607.3312753>
- Giakoumis, D., Segkouli, S., Votis, K., Paliokas, I., Altsitsiadis, y Tzouvaras, D. (2019). Smart, personalized and adaptive ICT solutions for active, healthy and productive ageing with enhance workability. En F. Makedon (Ed.), *PETRA '19: The 12th Pervasive technologies related to assistive environments conference* (pp. 442–447). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3316782.3322767>
- González, I. F., Urrútia, G., y Alonso-Coello, P. (2011). Revisiones sistemáticas y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Revista Española de Cardiología*, 64(8), 688–696. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2011.03.029>
- INE. (2019). *Encuesta sobre equipamiento y uso de tecnologías de información y comunicación en los hogares*. Recuperado de <https://bit.ly/3dIUiwQ>
- Kanagarajan, S., y Ramakrishnan, S. (2018). Ubiquitous and Ambient Intelligence Assisted Learning Environment Infrastructures Development - a review. *Education and Information Technologies*, 23(1), 569–598. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9618-x>
- Koper, R. (2014). Conditions for effective smart learning environments. *Smart Learning Environments*, 1(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0005-4>
- Kumar, S., Kumar, V., Kaiwartya, O., Dohare, U., Kumar, N., y Lloret, J. (2019). Towards green communication in wireless sensor network: GA enabled distributed zone approach. *Ad Hoc Networks*, 93, 101903–101903. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2019.101903>
- Liu, D., Huang, R., y Wosinski, M. (2017). Contexts of Smart Learning Environments. En D. Liu, R. Huang, y M. Wosinski (Eds.), *Smart Learning in Smart Cities* (pp. 15–29). https://doi.org/10.1007/978-981-10-4343-7_2
- Liu, G., Liu, Z., Lu, F., Ye, Q., y Liu, Z. (2019). Design and application of University Intelligent Learning Environment Centered on Improving User Experience. En A. Marcus y W. Wang (Eds.), *Design, user experience, and usability, application domains* (pp. 457–471).
- Luque, F. J. (2016). Las TIC en educación: caminando hacia las TAC. 3 c TIC: cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC, 5(4), 55–62. Recuperado de <http://bit.ly/2oW0eOT>
- Marín, V. (2018). La realidad aumentada al servicio de la inclusión educativa. Estudio de caso. *Retos XXI: revista educativa de trabajos orientados al Siglo XXI*, 2, 60–72. <https://doi.org/10.33412/retosxxi.v2.1.2060>
- Martínez-Sánchez, F. (2009). Mitología de las TIC en la sociedad y la enseñanza. *Educatio siglo XXI: Revista de la Facultad de Educación*, 27(2), 33–42. Recuperado de <http://bit.ly/35CRkVv>
- Miraoui, M. (2018). A Context-aware Smart Classroom for Enhanced Learning Environment. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, 11(1), 1–8. <https://doi.org/10.21307/ijssis-2018-007>
- Norris, C., y Soloway, E. (2013). Substantive Educational Change is in the palm of our children's hands. En Z. L. Berge y L. Muilenburg (Eds.), *Handbook of Mobile Learning* (pp. 109–118). New York: Routledge.
- Ordov, K., Madiyarova, A., Ermilov, V., Tovma, N., y Murzagulova, M. (2019). New trends in education as the aspect of digital technologies. *International journal of mechanical engineering and technology*, 10(2), 1319–1330. Recuperado de <https://bit.ly/3fpOY37>
- Pal, S., Pramanik, P. K. D., y Choudhury, P. (2019). A step towards smart learning: designing an interactive video-based m-learning system for educational institutes. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, 14(4), 26–48. <https://doi.org/10.4018/ijwltt.2019100102>
- Portegal-Vega, M. A., Oliva-Delgado, A., y Rodríguez-Meirinhos, A. (2019). Revisión sistemática

- del panorama de la investigación sobre redes sociales: taxonomía sobre experiencias de uso. *Comunicar*, 60(37), 81–91. <https://doi.org/10.3916/C60-2019-08>
- Pesare, E. (2015). Smart Learning environments for social learning. En ACM. (Ed.), *Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on Applied Computing* (pp. 273–274). Recuperado de <http://bit.ly/2nbCohF>
- Prendes-Espinosa, M. P. (2004). 2001: una odisea en el ciberespacio. En F. Martínez-Sánchez y M. P. Prendes-Espinosa (Eds.), *Nuevas Tecnologías y Educación* (pp. 171–194). Pearson Educación.
- Prendes-Espinosa, M. P. (2018). La Tecnología Educativa en la Pedagogía del siglo XXI: una visión en 3D. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 4, 6–16. <https://doi.org/10.6018/riite/2018/335131>
- Prendes-Espinosa, M. P., Castañeda, L., Gutiérrez, I., y Sánchez, M. M. (2017). Personal Learning Environments in Future Professionals: Not Natives or Residents, Just Survivors. *International Journal of Information and Education Technology*, 7(3), 172–178. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2017.7.3.861>
- Reyes, M. M., y Piñero, R. (2003). *Nuevas tecnologías en atención a la diversidad: reflexiones teóricas. Fuentes*, 4, 79–90. Recuperado de <http://bit.ly/2XR5Ffd>
- Sarmiento, J. R. (2016). Ciudades y ciudadanos inteligentes. El componente humano de las smart cities. *Telos: Cuadernos de comunicación e innovación*, 105, 76–83.
- Serrano-Iglesias, S., Bote-Lorenzo, M. L., Gómez-Sánchez, E., Asensio-Pérez, J., y Vega-Gorgojo, G. (2019). Towards the enactment of learning situations connecting formal and non-formal learning in SLEs. En M. Chang et al. (Eds.), *Foundations and trends in smart learning* (pp. 187–190). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6908-7_27
- Simonova, I. (2019). Learning English grammar in the smart learning environment. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 99, 142–150. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92363-5_13
- Soliman, M., y Elsaadany, A. (2016). Smart immersive education for smart cities: with support via intelligent pedagogical agents. En IEEE. (Ed.), *39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics* (pp. 789–795). Recuperado de <http://bit.ly/2oH1mFV>
- Spector, J. M. (2014). Conceptualizing the emerging field of smart learning environments. *Smart Learning Environments*, 1(2). <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0002-7>
- Sutjaritthamm, T., Gharakheili, H. H., Kanhere, S. S., y Sivaraman, V. (2018). Realizing a smart university campus: visión, architecture, and implementaion. En IEEE. (Ed.), *International Conference on advanced networks and telecommunications Systems* (pp. 102–106). Recuperado de <http://bit.ly/2n9HKtL>
- Thomas, L. J., Parsons, M., y Whitcombe, D. (2019). Assessment in Smart Learning Environments: Psychological factors affecting perceived learning. *Computers in Human Behavior*, 95, 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.11.037>
- Tikhomirov, V., Dneprovskaya, N., y Yankovskaya, E. (2015). Three Dimensions of Smart Education. En V. Uskov, R. J. Howlett, y L. C. Jain (Eds.), *Smart Education and Smart e-Learning* (pp. 47–56). New York: Springer.
- Tissenbaum, M., y Slotta, J. D. (2019). Developing a smart classroom infrastructure to support real-time student collaboration and inquiry: a 4-year design study. *Instructional Science*, 47(4), 423–462. <https://doi.org/10.1007/s11251-019-09486-1>
- UIT. (2015). *Informe sobre Medición de la Sociedad de la Información 2015*. Recuperado de <https://bit.ly/2AqHYTx>
- Urrútia, G., y Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina Clínica*, 135(11), 507–511. <https://doi.org/>

[10.1016/j.medcli.2010.01.015](https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015)

- Wang, S. M., y Yeh, P. C. (2018). Smart space and service management with IoT Architecture- an application in educational context. En IEEE. (Ed.), *International Cognitive Cities Conference* (pp. 221–222). <https://doi.org/10.1109/ic3.2018.00-18>
- Zhong, Z. L., Li, H. X., Xu, J.-H. Y., y Song, S. Q. (2017). Interactive teaching support systems in smart classrooms: research and practice. En IEEE. (Ed.), *International Conference on Computer Science and Education* (pp. 9–11). <https://doi.org/10.1109/iccse.2017.8085454>
- Zhu, Z.-T., Yu, M.-H., y Riezebos, P. (2016). A research framework of smart education. *Smart Learning Environments*, 3. <https://doi.org/10.1186/s40561-016-0026-2>