

El futuro de la interacción aprendiz-interfaz, una visión desde la tecnología educativa

The learner-interface interaction's future, a vision from EdTech

Nayiv Amin Jesús Assaf Silva*

Recepción del artículo: 6/4/2020 | Aceptación para publicación: 14/8/2020 | Publicación: 29/9/2020

RESUMEN

A partir de las tres interacciones de Moore de la educación a distancia, Hillman, Willis y Gunawardena (1994) propusieron una interacción tecnológica en el dominio instruccional: la interacción aprendiz-interfaz. A veintiséis años de su propuesta, esta interacción está más vigente que nunca ante el alto grado de *tecnologización* de la tecnología educativa por su vinculación con la inteligencia artificial. En este artículo abordamos el pasado, presente y futuro de esta cuarta interacción, y exponemos los tres rubros tecnológicos *más importantes* en torno a la educación para el desarrollo futuro de la interacción aprendiz-interfaz: evaluación de interacciones tecnológicas en el dominio del aprendizaje (usabilidad y experiencia de usuario), capacidades de agentes inteligentes educativos (inteligencia artificial y procesamiento de lenguaje natural) y alcance de algoritmos predictivos en educación (*deep learning* y *big data*), elementos fundamentales, aunque no los únicos, para el diseño de la próxima generación de interfaces interactivas multimedia inteligentes 2&3D con propósito educativo. Planteamos la necesidad de un modelo interaccional unificado, basado en el modelo triangular Anderson-Moore, y recurrimos al teorema de equivalencia de Anderson para hipotetizar un posible escenario futuro a corto, mediano y largo plazo de la educación altamente tecnológica.

Abstract

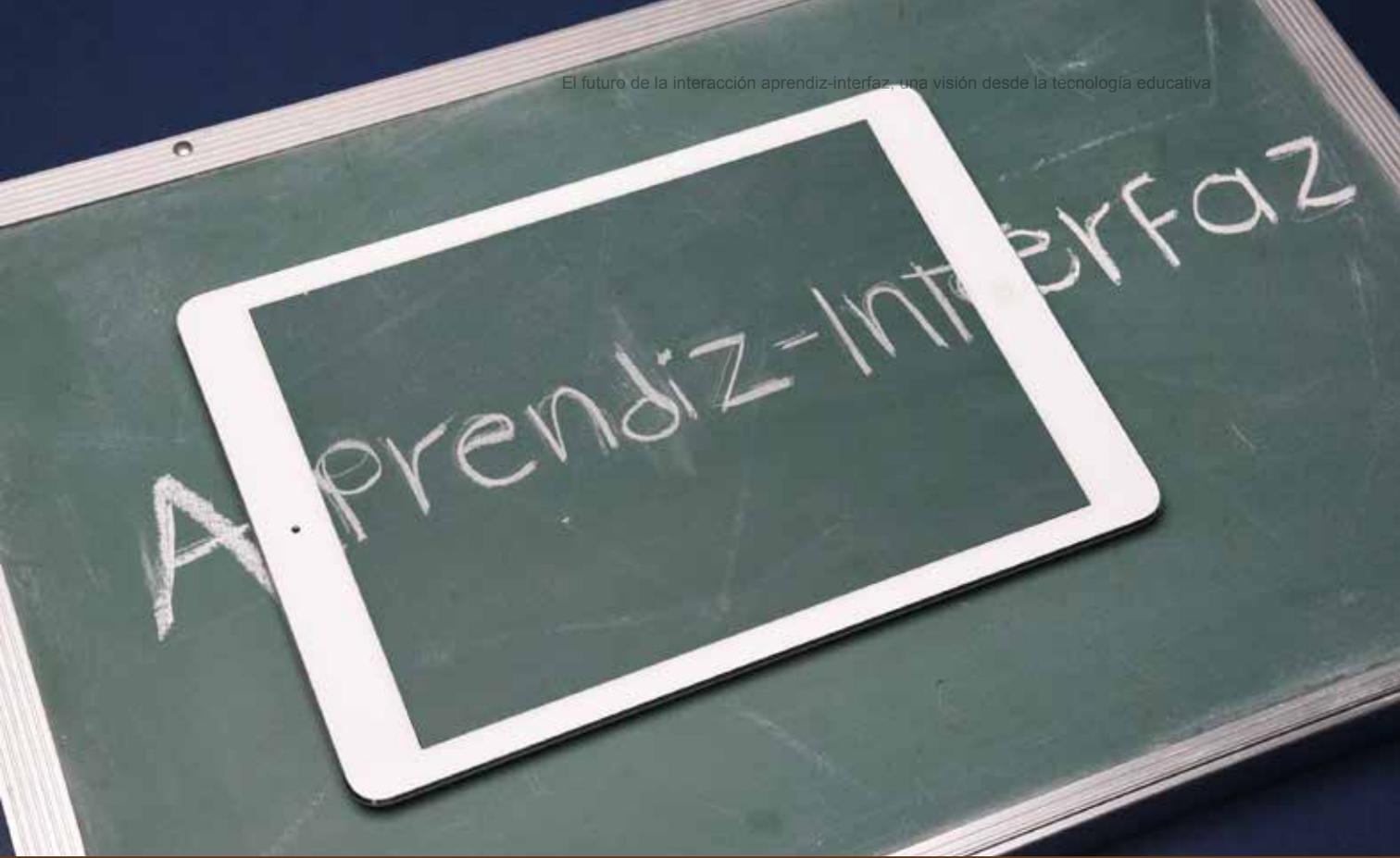
From Moore's three interactions of distance education, Hillman, Willis & Gunawardena (1994) proposed a technological interaction in the instructional domain, the learner-interface interaction. Twenty-six years after their proposal, due to the high degree of technologization of educational technology due to its link with artificial intelligence, this interaction is more valid than ever. This article develops the past, present and future of this fourth interaction. The three most important technological areas related to education are presented, for the future development of the learner-interface interaction: Evaluation of technological interactions in the learning domain (Usability and user experience), Capabilities of intelligent educational agents (Artificial intelligence and natural language processing) and Scope of predictive algorithms in education (Deep learning and big data), as fundamental elements, although not the only ones, for the design of the next generation of 2&3D intelligent multimedia interactive interfaces for educational purposes. The need for a unified interactional model, based on the Anderson-Moore triangular interactional model, is raised, and the Anderson equivalence theorem is taken to hypothesize a possible future scenario in the short, medium and long term for highly technological education.

Palabras clave

Interacción humano-computadora; interacción estudiante-interfaz; tecnología educativa; inteligencia artificial; agentes inteligentes; diseño tecnológico; Covid-19

Keywords

Human-computer interaction; learner-interface interaction; EdTech; AI; intelligent agents; tech design; Covid-19



INTRODUCCIÓN

No existe proceso educativo sin interacción, primordialmente, entre el estudiante y el contenido (Moore, 1989; Anderson & Garrison, 1998; Gunawardena, 1999; Anderson, 2003; Xiao, 2017). Este axioma educativo, que en el área de diseño de la interacción toma la forma de la interacción estudiante-contenido (*learner-content interaction*), una de las tres interacciones fundacionales de la educación a distancia (Moore, 1989), se considera el eslabón débil en la literatura especializada en lo que se refiere a investigación de la interacción (Xiao, 2017).

La historia de la interacción aprendiz-interfaz (*learner-interface interaction*), que es el medio de soporte tecnológico y conceptual de la interacción estudiante-contenido, era muy diferente, debido a que no había sido conceptualizada hasta

que Hillman, Willis y Gunawardena (1994) propusieron esta cuarta interacción, la primera interacción tecnológica que aparecía en la disciplina, para evidenciar la importancia y el papel cardinal que la tecnología también jugaba en toda formación mediada tecnológicamente (Danesh, Bailey & Whisenand, 2015). Esta interacción revelaba que la calidad del diseño de la interfaz, y no solo la de los contenidos vertidos en esta, podía potencializar o limitar de modo significativo el aprendizaje (Mayer, 2014).

Así, la faceta que cualquier tecnología presenta al ser humano y que está en contacto con él es la interfaz. A esta cara entre dos entes se le denomina interfaz de usuario en el ámbito tecnológico, y regularmente es definida como el lugar donde los seres humanos interactúan con los dispositivos digitales (Scolari, 2018). Desde la literatura especializada, una interfaz de usuario

es el conjunto de controles y canales sensoriales mediante los cuales un usuario puede interactuar con una máquina (Tidwell, Brewer & Valencia-Brooks, 2020).

En apariencia, el concepto y el papel de la interfaz han pasado inadvertidos en lo que respecta a la educación tecnológicamente mediada, incluida la presencial. No es sino hasta la última década que su importancia se ha vuelto motivo de atención e interés en la educación (Wang & Tsai, 2016). Estos motivos subyacen sobre todo en la sofisticación y complejidad de la interacción y en la respuesta que la interfaz está en posibilidades de brindar al estudiante (Luckin & Cukurova, 2019). Por la contribución de la inteligencia artificial a la educación y su capacidad de procesamiento de lenguaje natural, su abordaje es considerado relevante para su estudio desde la lógica de la tecnología educativa (Kumar & Reddy, 2019; Doleck *et al.*, 2019).

Desde finales de la década de los ochenta, Moore (1989) emitió un primer modelo tripartita de interacción en aras de conceptualizar y operacionalizar las estrategias, acciones y alcances en el campo de la educación a distancia. Moore

estimaba el tema como urgente y, a la vez, controversial, pues visualizaba espacios indefinidos en los nuevos procesos que la tecnología ponía a disposición de instructores y aprendices. Esfuerzos subsecuentes como el de Hillman *et al.* (1994) y el de Anderson y Garrison (1998) pusieron en evidencia que el concepto de interacción se complejizaría conforme los avances tecnológicos permitieran diferentes acciones en modelos de interacción entre la interfaz y estudiante-contenido-instructor, todo mediado con el uso de interfaces con cada vez más funcionalidades y prestaciones. Finalmente, Gunawardena (1999) manifestó la necesidad de un modelo que evaluara la facilidad con la que se realizaban las interacciones y la calidad de la experiencia de aprendizaje.

Lo cierto es que el modelo de interacción y el papel que desempeña la interfaz en este no ha sido consumado hoy, y quedan sin responder las preguntas planteadas por Moore (1989), en las que Gunawardena (1999) insistió y profundizó:

¿Qué tipo y nivel de interacción es esencial para un aprendizaje eficaz?, ¿cómo podemos lograr la interacción?, ¿qué aporta la interacción sincrónica (en tiempo



real) y asincrónica (en tiempo diferido)?, ¿qué tipo de interacción pueden proporcionar las nuevas tecnologías interactivas?, ¿vale la pena ese esfuerzo? (p. 3).

Por la multidireccionalidad de la evolución del tema, y por la prospectiva en cuanto al rápido avance de la tecnología para propósitos educativos, ha sido relevante hacer un alto en el camino para recapitular la evolución de la complejidad y el papel de la interfaz y la interacción en la educación. El objetivo de esta comunicación es hacer un repaso histórico de la interacción aprendiz-interfaz como elemento fundamental para el desarrollo conceptual y el avance técnico de la tecnología educativa, que le permitan aportar los conocimientos tecnológicos necesarios para enfrentar el futuro de la educación a corto, mediano y largo plazo.

Así, en orden cronológico y al considerar las etapas pasado (1989-2005), presente (2006-2020) y futuro (2021-2035), comunicaremos con una mayor precisión la evolución de este eslabón en el proceso de interacción en la educación tecnológicamente mediada. Tomamos como eje central de desarrollo la interacción aprendiz-interfaz, repasamos el fundamento histórico, reflexionamos sobre el estado actual, y proyectamos el futuro de un modelo que complete todas las interacciones tecnológicas en el dominio educativo; buscamos, así, responder a las preguntas que Moore (1989) planteó hace más de 30 años.

El pasado (1989-2005)

La interacción como tema fundamental de la educación, sea en la modalidad a distancia o presencial, ha sido teorizada por lo menos desde los tiempos de Dewey (1916). Su importancia se ha destacado por personajes como Piaget (1971) y Vygotsky (1980). Aunque el calificativo de “desconcertante” adjudicado por Moore (1989) pone de manifiesto los debates que a lo largo del tiempo se han suscitado en el campo educativo en torno a la interacción (Jia, 2020; Anderson, 2003; Moore, 1989), su importancia radica en comprender en detalle el papel

de la interfaz en todo proceso educativo mediado. A partir de la dinámica entre la interfaz y la interacción se definen la forma y los tiempos del proceso educativo, la dinámica entre los agentes involucrados en el proceso, y los resultados operacionales por alcanzar. Estos elementos son esenciales para entender la mediación en los procesos formativos a distancia (Moore, 1989; Anderson & Garrison, 1998; Gunawardena, 1999; Anderson, 2003; Akyol & Garrison, 2013; Cho & Cho, 2017; Xiao, 2017; Gunesekera, Bao & Kibelloh, 2019; Jia, 2020).

A finales de la década de los ochenta, Moore (1989) reflexionó sobre el problema de comunicar conceptos dentro de la educación a distancia. Indicó que términos como el de interacción se usaban de forma imprecisa y polisémica en la disciplina. Esto lo llevó a establecer una propuesta de clasificación que constó de tres tipos de interacción que la comunidad involucrada en la educación a distancia “debería distinguir y aceptar dentro de su práctica” (p. 1): la interacción estudiante-contenido (*learner-content interaction*), la interacción estudiante-instructor (*learner-instructor interaction*) y la interacción estudiante-par (*learner-learner interaction*).

Con base en el grupo de interacciones de Moore en el dominio social, definidas por él mismo como interacciones de diálogo (Akyol & Garrison, 2013) en su teoría de la distancia transaccional, Hillman *et al.* (1994) propusieron la interacción aprendiz-interfaz, una interacción estructural, como una forma de ampliar y mejorar la teoría de las interacciones en la educación a distancia en el dominio tecnológico. La denominada cuarta interacción (Gunawardena, 1999; Anderson, 2003; Cho & Cho, 2017; Xiao, 2017; Gunesekera *et al.*, 2019; Jia, 2020) emerge en un contexto donde la interacción del estudiante con el medio tecnológico no estaba teorizada (Gunawardena, 1999; Hillman *et al.*, 1994). La principal razón es que era suplida con la interacción estudiante-contenido, que se consideraba como lo único, en el medio tecnológico, con lo que el estudiante interactuaba (Xiao,

2017; Gunawardena, 1999; Jia, 2020; Hillman *et al.*, 1994); sin importar de qué tipo de medio o tecnología se tratara (Moore, 1989), se consideraba que la interfaz estaba constituida únicamente por los contenidos.

Para complementar las cuatro interacciones hasta ese momento existentes, Anderson y Garrison (1998) propusieron una segunda trilogía de interacciones: contenido-contenido (*content-content interaction*), instructor-instructor (*instructor-instructor interaction*) e instructor-contenido (*instructor-content interaction*), que volvía simétrico el modelo de Moore (1989), pero establecía un modelo interaccional que era difícil de conceptualizar con la tecnología disponible en el momento. Debido a que en la tecnología aplicada a la educación de ese tiempo no había más diseño de la interfaz que el predeterminado por el programador, la interacción contenido-contenido, entre otras limitaciones, no podía ser más que una figura teórica.

La fusión de los modelos de Moore (1989) y de Anderson y Garrison (1998) generaron el modelo interaccional triangular Anderson-Moore (ver figura 1), que completa las interacciones sociales posibles de la educación a distancia. Sin embargo, cabe destacar que este modelo unificado de la educación a distancia no se distinguía ni aportaba algo que no requiriera la educación presencial. Esta etapa de la educación a distancia y, en general, la tecnológicamente mediada adolece de la falta de una caracterización única en el nivel epistemológico de la interacción. Por esta razón, destaca la teorización de Hillman *et al.* (1994), debido a la relevancia que le dan a la interfaz como el lugar donde confluyen y el medio con el que interactúan el estudiante, el instructor y el contenido.

Al finalizar la etapa de definición de interacciones, incorporamos a la literatura el teorema de equivalencia de Anderson (2003), que plantea y explica dos formas

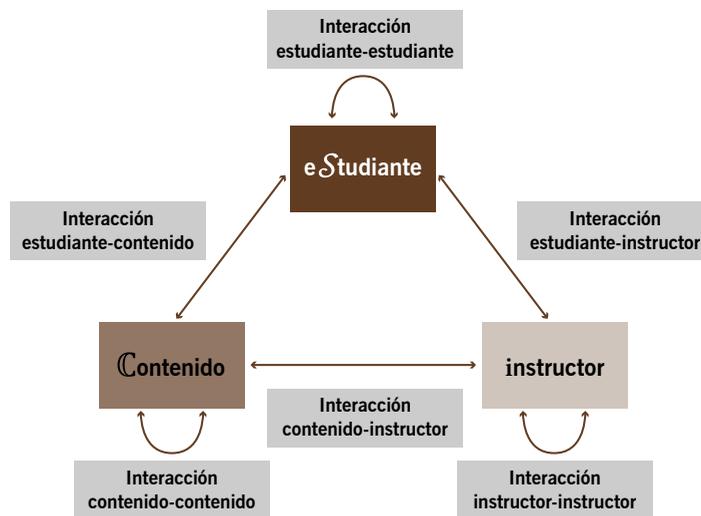


Figura 1. Modelo interaccional triangular Anderson-Moore.
Fuente: adaptado de Anderson (2003).

en las que se optimizan las interrelaciones de las interacciones de Moore (1989):

Se desarrolla aprendizaje formal profundo y significativo, siempre que una de las tres formas de interacción (estudiante-par; estudiante-educador; estudiante-contenido) se encuentre en un nivel alto. Las otras dos pueden existir en niveles mínimos, o incluso no existir, sin degradar la experiencia educativa. Los niveles altos de más de una de estas tres modalidades, probablemente proporcionarán una experiencia educativa más satisfactoria, aunque estas experiencias pueden no ser tan eficaces en costos o tiempo, como secuencias de aprendizaje menos interactivas (p. 4).

Este teorema abre la puerta a las formas óptimas de diseño tecnológico y diseño instruccional (Anderson, 2003), por su utilidad analítica. A continuación se traduce a lenguaje formal para considerar sus implicaciones en el futuro:

Teorema de equivalencia. Sea $(S \rightleftharpoons \mathbb{P})_i$ la interacción instruccional e**S**tudiante-**P**ar; $(S \rightleftharpoons e)_i$ la interacción instruccional e**S**tudiante-**E**ducador; $(S \rightleftharpoons \mathbb{C})_i$ la interacción instruccional e**S**tudiante-**C**ontenido; A_f , X_e , t , y $\$$, los factores: aprendizaje formal, e**X**periencia educativa, tiempo y costos. Si se optimiza el nivel de las interacciones y los factores, entonces las tesis \mathcal{T}_1 y \mathcal{T}_2 corresponden a como se muestra en la parte inferior de la página.

En este punto de la historia, una taxonomía de la interacción se tornó fundamental para que pudiera guiar el diseño y

la evaluación de la interacción y la experiencia de aprendizaje. Este eslabón teórico remarcó la necesidad del modelo de evaluación de Gunawardena (1999) y de diferenciar el doble papel de la interacción aprendiz-interfaz, como interacción estudiante-interfaz y como disciplina tecnológica en el dominio del aprendizaje: “Es importante hacer la distinción entre la percepción de la interfaz como un independiente, cuarto modo de interacción, y el uso de una interfaz como un elemento mediador de toda interacción” (p. 4).

Esta distinción quedó manifiesta en el desarrollo de los dos caminos que continuaron hacia la construcción del término de interacción aprendiz-interfaz: el educativo y el tecnológico. Desde el campo educativo, entendemos que la interacción aprendiz-interfaz completa el grupo de interacciones del estudiante con el instructor, el contenido y los pares; Hillman *et al.* (1994) evidencian la importancia de teorizar y trabajar sobre la integración de interacciones instruccionales con la interfaz como elemento educativo fundamental. A partir del campo tecnológico, el concepto de interacción entre el ser humano y la máquina evolucionó hacia el dominio del aprendizaje, que se conforma como una disciplina dentro de la tecnología educativa, contraparte de la interacción humano-computadora de la tecnología.

Para ilustrar cómo se ha ido modificando y enriqueciendo el concepto de interacción tecnológica hacia el aprendizaje, en la figura 2 (página siguiente) presentamos una

$$\mathcal{T}_1 (S \rightleftharpoons \mathbb{P}, e, \mathbb{C})_i := \overset{\square}{\text{Max}} (S \rightleftharpoons \mathbb{P})_i \oplus \text{Max} (S \rightleftharpoons e)_i \oplus \text{Max} (S \rightleftharpoons \mathbb{C})_i \Rightarrow (A_f) \left[\begin{array}{l} \text{significativo} \\ \text{profundo} \end{array} \right] \quad (1)$$

$$\mathcal{T}_2 (S \rightleftharpoons \mathbb{P}, e, \mathbb{C})_i := \text{Max} (S \rightleftharpoons \mathbb{P})_i \cdot \text{Max} (S \rightleftharpoons e)_i + \text{Max} (S \rightleftharpoons e)_i \cdot \text{Max} (S \rightleftharpoons \mathbb{C})_i + \dots + \text{Max} (S \rightleftharpoons \mathbb{P})_i \cdot \text{Max} (S \rightleftharpoons \mathbb{C})_i \Rightarrow \text{Max}(X_e) \neq (\min(t) + \min(\$)) \quad (2)$$



Figura 2. Evolución del concepto de interacción tecnológica hacia el dominio del aprendizaje.

Fuente: elaboración propia.

línea de tiempo que permite entender la evolución de término de interacción aprendiz-interfaz. Las dos líneas conceptuales relevantes de evolución son: hombre-humano-usuario-aprendiz y máquina-computadora-dispositivo-interfaz. Es importante resaltar que, a pesar de que los conceptos aprendiz e interfaz fueron implementados en la terminología de la interacción tecnológica desde 1985, no fue sino hasta 1994 que se fusionaron en la misma interacción con un enfoque en el aprendizaje.

El presente (2006-2020)

Después de la aparición del texto seminal de Hillman *et al.* (1994), y de una ventana de más de una década sin publicaciones sobre el término de interacción aprendiz-interfaz en los índices especializados, el texto de Rautopuro, Pöntinen y Kukkonen (2006) encabeza una serie de 17 publicaciones que inician la época actual de esta in-

teracción, y que finaliza con el texto de Bringula *et al.* (2017). Hicimos un mapeo de términos en los índices Scopus y Web of Science (WoS) hasta 2020 (ver tabla y figura 3, página siguiente) para ilustrar el estado actual de la interacción aprendiz-interfaz. Seleccionamos estos índices por la calidad de revistas que alojan orientadas al estudio de la tecnología educativa.

A diferencia de la visión de Hillman *et al.* (1994), los 16 subsecuentes estudios plantean la interacción aprendiz-interfaz en una forma operativa, enfocada únicamente en métricas, como número de clics, tiempo de respuesta y de uso. Una posible razón para esta interpretación es que la interacción aprendiz-interfaz nunca fue integrada al modelo Anderson-Moore; esto significa que el ámbito social de la educación mediada por tecnología no ha sido unificado con el ámbito tecnológico, una división gremial que perdura hasta el momento (Clark, 2020).

Tabla. Mapeo del término interacción aprendiz-interfaz

REFERENCIA	APARECE EN	EN SCOPUS	EN WoS	AÑO
Hillman, Willis & Gunawardena	Título y abstract	✓	✗	1994
Rautopuro, Pöntinen & Kukkonen	Abstract	✓	✗	2006
Bray, Aoki & Dlugosh		✓	✗	2008
Chang		✓	✗	2009
Alsharif & Roche		✓	✗	2010
Şimşek, Atman, Inceoğlu & Arikan		✓	✗	
Chou, Peng & Chang		✓	✓	2011
Cho		✓	✗	
Martin, Parker & Deale		✓	✗	2012
Luo & Lei		✓	✗	
Mladenova & Kirkova		✓	✗	2014
Wang, Rush, Wilkerson & Van Der Merwe		✓	✓	
Hsiao & Huang		✗	✓	
Lee		✓	✓	2015
Bringula, Basa, De la Cruz & Rodrigo		Título y abstract	✓	✓
Bringula, Álvarez, Evangelista & So	✓		✓	2017
Jancheski	Abstract	✗	✓	

Fuente: elaboración propia, con información tomada de Scopus y WoS (2020).

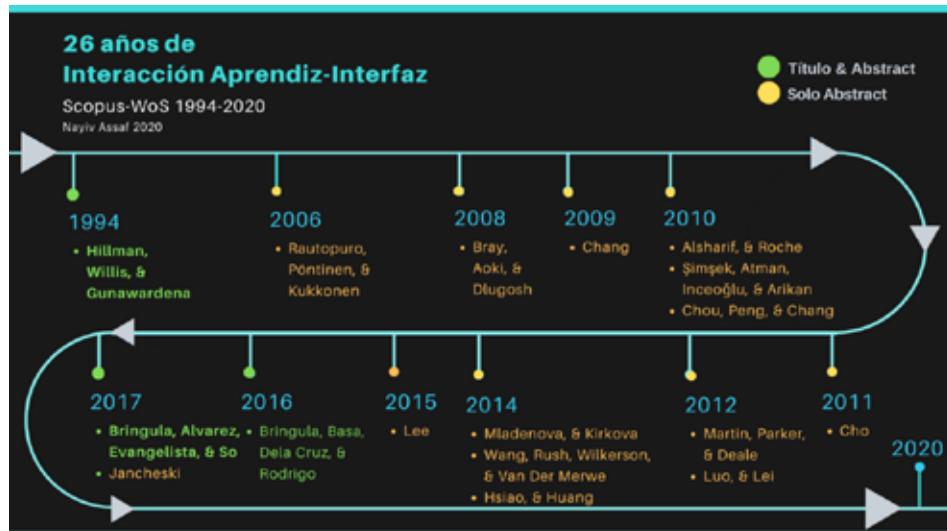


Figura 3. Línea de tiempo del término *interacción aprendiz-interfaz* en la literatura indexada en Scopus 1994-2020. Fuente: elaboración propia.

La ausencia de la interacción aprendiz-interfaz en los modelos teóricos podría interpretarse de múltiples formas; principalmente, denota un vacío conceptual en el funcionamiento de la interfaz como medio tecnológico y cimiento de la formación tecnológicamente mediada. Por tanto, inferimos que no ha sido asimilada por los educadores o tecnólogos educativos actuales, como advirtieron Hillman *et al.* (1994) y Gunawardena (1999) hace más de dos décadas.

La observación anterior refleja una carencia fundamental de la presencia y aportación de la tecnología educativa en el futuro de las interfaces educativas, las cuales son su principal objeto de estudio, además de la ausencia de contribuciones a temas instruccionales desde la educación. Esto se debe a la tendencia de la evolución tecnológica actual hacia las interfaces inteligentes con propósito educativo que ya no cuentan con la figura del educador humano, porque ha sido asumida por la interfaz misma, con alguna forma de inteligencia artificial configurada como agentes inteligentes, avatares, tutores virtuales o *bots* conversacionales (Cope, Kalantzis & Searsmith, 2020; Garg, 2020; Longo, 2020; Nappi & Cuocolo, 2020; Ramp-

ton, Mittelman & Goldhahn, 2020; Ricco, Guertani & Kolh, 2020; Villegas-Ch, Arias-Navarrete & Palacios-Pacheco, 2020; Walsh, 2020; Yang & Bai, 2020), basados en la conjunción de conceptos tecnológicos de identificación de patrones complejos y procesamiento de lenguaje natural (Luckin & Cukurova, 2019; Doleck *et al.*, 2019).

Un ejemplo de la aplicación de estrategias combinadas de enseñanza-aprendizaje, consideradas como capacidades ostensiblemente humanas, que son aplicadas de manera formal en interfaces educativas, es el aprendizaje basado en tutorías y el aula invertida, donde la interfaz inteligente solicita al estudiante humano que la guíe y le enseñe (Luckin & Cukurova, 2019). Estos desarrollos tecnológicos instruccionales son el inicio de la agenda que se espera para la educación, la tecnología educativa y la inteligencia artificial (Alexandru *et al.*, 2015); sin embargo, no implican en lo absoluto, ni lo harán durante décadas, la sustitución del profesor frente a grupo, aunque es posible en procesos instruccionales uno a uno, siempre y cuando el alumno interactúe de modo instruccional en el proceso de aprendizaje; en otras palabras, la tecnología de inteligencia artificial educativa requiere, por ahora, un estudiante ideal, enfocado e interesado (*engaged*) en lo que se le está enseñando.

Esta evolución tecnológica y educativa conlleva un nuevo papel de la interfaz en el presente, adicional a lo antes conceptualizado como medio de soporte de contenidos y como medio tecnológico de interacción. Ahora es considerada medio tecnológico de instrucción, que transforma la interacción instruccional aprendiz-interfaz instruccional ($\mathcal{S} \rightleftharpoons \mathfrak{ii}$)_i; en una meta-interacción instruccional aprendiz-interfaz instruccional $\langle \mathcal{S} \leftrightarrow \mathfrak{ii} \rangle$ _i; una interacción instruccional de interacciones instruccionales que conforma a la interacción estudiante-educador ($\mathcal{S} \rightleftharpoons e$)_i; a la interacción educador-educador (e^2)_i y a la interacción educador-contenido ($e \rightleftharpoons \mathbb{C}$)_i en una sola interacción expresada analíticamente como:

$$\langle \mathcal{S} \leftrightarrow \mathfrak{ii} \rangle_i = (\mathcal{S} \rightleftharpoons e)_i + (e^2)_i + (e \rightleftharpoons \mathbb{C})_i$$

La ausencia de la interacción aprendiz-interfaz en los modelos teóricos podría interpretarse de múltiples formas; principalmente, denota un vacío conceptual en el funcionamiento de la interfaz como medio tecnológico y cimiento de la formación tecnológicamente mediada

El desarrollo del estudio profundo de la interacción tecnológica instruccional y de interfaces instruccionales, como jurisdicción de la tecnología educativa y no de la tecnología ni de la educación, abre la puerta a la visión de un futuro que implica un viraje de dirección radical, que se marca y formaliza por el necesario y repentino cambio educativo que conllevó el cierre de escuelas a nivel global (Kennepohl, 2020), el cual tuvo su punto máximo en los primeros cinco días de abril de 2020 y que dejó fuera de las aulas a más del 91% de la matrícula mundial (UNESCO, 2020).

El futuro (2021-2035)

Durante los próximos quince años, en la educación y la tecnología educativa se llevarán a cabo programas de investigación para analizar los efectos educativos y las implicaciones tecnológicas del repentino cambio del formato digital aplicado durante los primeros meses de 2020 (Schlegelmilch & Douglas, 2020), y se desarrollarán líneas de investigación de nuevas formas de educación mediada como una estrategia de corto, mediano y largo plazo (Nacu, Martin & Pinkard, 2018) a fin de prevenir situaciones críticas como la que causó el confinamiento mundial por la pandemia global del Covid-19.

Asimismo, se vincularán los trabajos futuros con las formas, temas y aplicaciones que ya existen operacionalmente en tecnología educativa en por lo menos los tres rubros de principal desarrollo que impactarán el entendimiento y práctica educativa:

- Evaluación de interacciones tecnológico-instruccionales en el dominio del aprendizaje: como base de desarrollo de métodos de evaluación de usabilidad instruccional y experiencia de usuario-aprendiz para determinar el grado de instruccionalidad tecnológica de interfaces desarrolladas con un propósito educativo (Nathoo *et al.*, 2020; Nahar, Sulaiman & Jaafar, 2020; Raees & Ullah, 2020).

En un escenario futuro como el que se vislumbra, la interacción aprendiz-interfaz, como disciplina e interacción, se convierte en uno de los temas centrales de la tecnología educativa, y esta, a su vez, en uno de los temas centrales de la educación

- Capacidades de agentes inteligentes educativos: como base de desarrollo de algoritmos de determinación de patrones complejos, procesamiento de lenguaje natural para la comunicación entre el humano y la máquina, y emulación de tareas humanas en el dominio de la enseñanza (Dwivedi *et al.*, 2019; Mohan *et al.*, 2019; Koola, Ramachandran & Vadakkevedu, 2016).
- Alcance de algoritmos predictivos masivos en educación: como base de procesamiento de grandes volúmenes de datos complejos con algoritmos predictivos de aprendizaje profundo para la educación (Baykal, Bulut & Sahingoz, 2018; WBIS, 2018).

En un escenario futuro como el que se vislumbra, la interacción aprendiz-interfaz, como disciplina e interacción, se convierte en uno de los temas centrales de la tecnología educativa, y esta, a su vez, en una esfera central de la educación, y la educación en una disciplina solo detrás de la medicina, incluso por delante de la economía, como uno de los hitos fundamentales para enfrentar una contingencia mundial.

Para guiar la dinámica de interacciones en el futuro inmediato, es necesario extender el modelo

interaccional desarrollado a lo largo de los últimos 30 años, que permita gestionar la plétora de interacciones instruccionales que se han puesto de manifiesto con el aumento del uso de tecnología que media el proceso de enseñanza-aprendizaje (Morgan, 2020). Se propone el modelo interaccional básico unificado (ver figura 4) que abarca las interacciones tecnológico-instruccionales fundamentales: tecnológicas (1-6), sociales (7-10) y metacognitivas (11-15), que no están presentes en los modelos actuales aprendiz-interfaz instruccional para la educación mediada.

La primera consecuencia directa en el futuro a corto plazo será la modificación del teorema de equivalencia; las tesis \mathcal{T}_1 en (1) sería la misma, pero \mathcal{T}_2 en (2) bien podrían ser:

$$\mathcal{T}_2 (S \rightleftharpoons \mathbb{P}, e, \mathbb{C})_i := \text{Max} (S \rightleftharpoons \mathbb{P})_i \cdot \text{Max} (S \rightleftharpoons e)_i + \text{Max} (S \rightleftharpoons e)_i \cdot \text{Max} (S \rightleftharpoons \mathbb{C})_i + \dots + \text{Max} (S \rightleftharpoons \mathbb{P})_i \cdot \text{Max} (S \rightleftharpoons \mathbb{C})_i \Rightarrow \text{Max} (X_e) \cdot (\min (t) + \min (\$)) \quad (3)$$

Lo anterior significa que, para lograr el aprendizaje formal, se debe maximizar exclusivamente una de las tres interacciones debido a los altos costos, \mathcal{T}_2 en (1), y que los tiempos involucrados en la educación tecnológicamente mediada serán muy cortos en virtud de la funcionalidad de las tecnologías involucradas, \mathcal{T}_2 en (3). Esto podría cambiar en el futuro a mediano y largo plazo, lo que significa que la \mathcal{T}_1 en (4) se ampliaría a más de una interacción simultánea y \mathcal{T}_2 en (2) para la educación tecnológicamente mediada y para la tecnología educativa, sería falsa, lo que expresa que la maximización del aprendizaje formal se desarrollaría en un mínimo de tiempo y con un costo mínimo, \mathcal{T}_2 en (5, ver página siguiente).

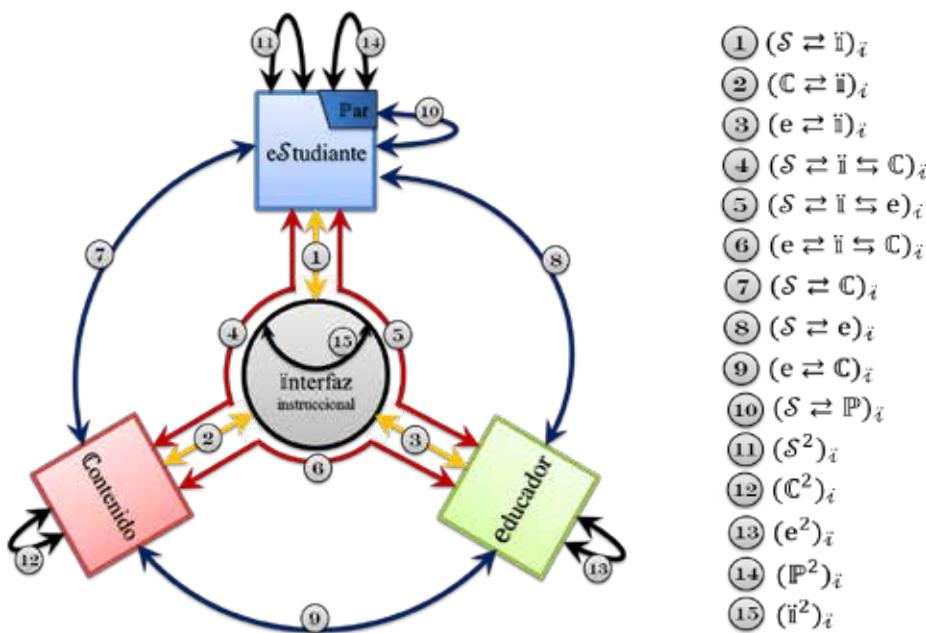


Figura 4. Modelo interaccional básico unificado.
Fuente: elaboración propia.

$$\mathcal{J}_1 (\mathcal{S} \rightleftharpoons \mathbb{P}, e, \mathbb{C})_i := \text{Max} (\mathcal{S} \rightleftharpoons \mathbb{P})_i + \overset{\square}{\text{Max}} (\mathcal{S} \rightleftharpoons e)_i + \text{Max} (\mathcal{S} \rightleftharpoons \mathbb{C})_i \Rightarrow (A_f) \quad \left[\begin{array}{l} \text{significativo} \\ \text{profundo} \end{array} \right. \quad (4)$$

$$\mathcal{J}_2 (\mathcal{S} \rightleftharpoons \mathbb{P}, e, \mathbb{C})_i := \text{Max} (\mathcal{S} \rightleftharpoons \mathbb{P})_i \cdot \text{Max} (\mathcal{S} \rightleftharpoons e)_i + \text{Max} (\mathcal{S} \rightleftharpoons e)_i \cdot \text{Max} (\mathcal{S} \rightleftharpoons \mathbb{C})_i + \dots + \text{Max} (\mathcal{S} \rightleftharpoons \mathbb{P})_i \cdot \text{Max} (\mathcal{S} \rightleftharpoons \mathbb{C})_i \Rightarrow \text{Max}(X_e) \cdot (\min(t) + \min(\$)) \quad (5)$$

Una consecuencia de la pérdida de validez del teorema de equivalencia, dentro de la tecnología educativa, es que se tendría que desarrollar uno en el contexto de la educación llevada a cabo por una inteligencia artificial. Este desarrollo debería basarse en la operacionalización de la meta-interacción aprendiz-interfaz y la interfaz instruccional inteligente, junto con los estándares tanto *de facto* como *de jure* que requerirán el diseño interactivo multimedia y la evaluación de interfaces gráficas 2D o 3D inteligentes que se diseñen con un propósito educativo. Esto implica que se producirá la necesidad en la población, en general, de un nivel de conocimiento básico del aprendizaje, pero principalmente con la inteligencia artificial (Wong *et al.*, 2020).

CONCLUSIONES

El propósito de nuestro trabajo es destacar el lugar que la interacción aprendiz-interfaz ha tenido y puede alcanzar como disciplina e interacción dentro de la tecnología educativa, y subrayar la función preponderante que puede y debe cumplir en el futuro de la educación mediada tecnológicamente, así como resaltar su aplicación en tiempos de crisis, como la que el mundo ha experimentado durante 2020. Esta aplicación puede determinar la diferencia a corto plazo entre un sistema educativo mundial mediado con tecnología que se encuentre, por lo menos, al mismo nivel que su antecesor presencial, o uno que produzca un estancamiento y retroceso en la educación global. Revertir estos procesos podría tomar décadas a los gobiernos del mundo.

La mayoría de los retos tecnológicos y educativos que se han expuesto recaen en la jurisdicción de la tecnología educativa, lo que convierte al tecnólogo educativo en el profesional disciplinar con las facultades de trabajar formalmente en términos de la interacción, que corresponde a la gestión de la interrelación Instruccionalidad \rightleftharpoons Interacción Aprendiz-Interfaz \rightleftharpoons tecnología educativa. Esto, a su vez, implica para el tecnólogo educativo un sinnúmero de retos técnicos, económicos y sociales para conciliar el futuro de dos mundos: el tecnológico y el educativo, hacia la tecnología educativa como una materia con sus propias motivaciones y problemática diferenciadas e independientes de sus dos disciplinas iniciadoras.

En este sentido, el tecnólogo educativo se encuentra en la posición de dimensionar mutuamente a los gremios educativo y tecnológico sobre las implicaciones tecnológicas en el campo educativo y las implicaciones instruccionales en el área tecnológica, como los temores que los educadores tienen sobre la sustitución del educador por la inteligencia artificial, o bien, determinar la forma en que los tecnólogos deben aplicar el diseño instruccional en el diseño de tecnología con propósito educativo.

Una de las mayores implicaciones mutuas que existen actualmente es la incursión que el campo tecnológico ha fijado al campo educativo en la forma de tecnología de inteligencia artificial educativa. El éxito de esta incursión requiere la conjugación interdisciplinaria de todos los expertos involucrados. Los tecnólogos ya avanzan por este camino con una dinámica incontenible; son los educadores, y específicamente los tecnólogos

educativos, quienes deben asumir el papel gremial que les corresponde en la conformación del campo disciplinar de la tecnología de inteligencia artificial educativa como dominio de estudio.

En esta dirección, la función de los profesionales de la educación es participar en este avance tecnológico, originar y aportar las teorías que expliquen los procesos de cognición y la investigación de procesos de enseñanza-aprendizaje y de diseño de contenidos, y que informen y formalicen el desarrollo técnico del diseño de las interfaces educativas altamente tecnológicas, que corresponde a los profesionales de la tecnología. A los profesionales de la tecnología educativa les corresponde fusionar la visión de ambos mundos y responder a la pregunta ¿qué tan instruccional es la tecnología de inteligencia artificial educativa como tecnología en sí misma? Esto, a partir de la evaluación del grado de interacción que la tecnología de inteligencia artificial educativa puede alcanzar con sus usuarios aprendices.

La tecnología educativa, como bastión de la educación, al apoyarse mutuamente en el camino hacia un futuro tecnologizado, tendrá que trabajar, más que nunca, modelos teóricos y prácticos que operacionalicen las formas en la que los humanos aprenden *de, con, entre y por* la tecnología. Lo anterior requiere desarrollar un programa de investigación específico, dentro de la tecnología educativa, para la interacción estudiante-interfaz que sea la puerta de entrada al futuro del extenso mundo de la tecnología inteligente aplicada a la educación. También resulta necesario que se definan el lugar y las facultades que a cada quien corresponden en la compleja orquesta educativa. Si estas líneas logran concienciar a la comunidad educativa y tecnología educativa sobre la dimensión

del futuro tecnológico de la educación y el papel que debe cumplir en ella, entonces su propósito se habrá cumplido. *—a'*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akyol, Z. & Garrison, D. R. (2013). *Educational communities of inquiry: Theoretical framework*. Research and practice. Information sciences reference, IGI Global.
- Alexandru, A.; Tîrziu, E.; Tudora, E. & Bica, O. (2015). Enhanced education by using intelligent agents in multi-agent adaptive e-learning systems. *Studies in Informatics and Control*, 24(1), 13-22. <http://doi.org/10.24846/v24i1y201502>
- Alsharif, N. Z. & Roche, V. F. (2010). Promoting key interactions in a distance medicinal chemistry course. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 2(2), 114-125. <http://doi.org/10.1016/j.cptl.2010.01.003>
- Anderson, T. (2003). Getting the mix right again: An updated and theoretical rationale for interaction. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 4(2).
- Anderson, T. & Garrison, D. R. (1998). Learning in a networked world: New roles and responsibilities, en *Distance Learners in Higher Education: Institutional responses for quality outcomes*. Madison, Wi.: Atwood.
- Baykal, S. I.; Bulut, D. & Sahingoz, O. K. (2018, April). Comparing deep learning performance on BigData by using CPUs and GPUs, en *2018 Electric Electronics, Computer Science, Bio-medical Engineerings' Meeting (EBBT)* (pp. 1-6). IEEE.
- Bray, E.; Aoki, K. & Dlugosh, L. (2008). Predictors of learning satisfaction in Japanese online distance learners. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 9(3).
- Bringula, R. P.; Álvarez, J. N.; Evangelista, M. A. & So, R. B. (2017). Learner-interface interactions with mobile-assisted learning in mathematics:

- Effects on and relationship with mathematics performance, en *K-12 STEM Education: Breakthroughs in Research and Practice* (pp. 305-321). IGI Global.
- Bringula, R. P.; Basa, R. S.; De la Cruz, C. & Rodrigo, M. M. T. (2016). Effects of prior knowledge in mathematics on learner-interface interactions in a learning-by-teaching intelligent tutoring system. *Journal of Educational Computing Research*, 54(4), 462-482.
- Chang, Y. (2009). An action research of integrating computer technology in academic writing for undergraduates. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 37, 981-984.
- Cho, M. H. & Cho, Y. (2017). Self-regulation in three types of online interaction: A scale development. *Distance Education*, 38(1), 70-83.
- Cho, T. (2011). The impact of types of interaction on student satisfaction in online courses. *International Journal on E-Learning: Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*, 10(2), 109-125.
- Chou, C.; Peng, H. & Chang, C. (2010). The technical framework of interactive functions for course-management systems: Students' perceptions, uses, and evaluations. *Computers and Education*, 55(3), 1004-1017. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.04.011>
- Clark, R. C. (2020). *Evidence-based training methods: A guide for training professionals*. American Society for Training and Development.
- Cope, B.; Kalantzis, M. & Searsmith, D. (2020). Artificial intelligence for education: Knowledge and its assessment in AI-enabled learning ecologies. *Educational Philosophy and Theory*. <http://doi.org/10.1080/00131857.2020.1728732>
- Danesh, A.; Bailey, A. & Whisenand, T. (2015). Technology and instructor-interface interaction in distance education. *International Journal of Business and Social Science*, 6(2).
- Dewey, J. (1916). *Democracy and education: An introduction to the philosophy of education*. Macmillan.
- Doleck, T.; Lemay, D. J.; Basnet, R. B. & Bazalais, P. (2019). Predictive analytics in education: A comparison of deep learning frameworks. *Education and Information Technologies*, 1-13. <http://doi.org/10.1007/s10639-019-10068-4>
- Dwivedi, Y. K.; Hughes, L.; Ismagilova, E.; Aarts, G.; Coombs, C.; Crick, T. & Galanos, V. (2019). Artificial intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 101994. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.002>
- Garg, T. (2020). Artificial intelligence in medical education. *American Journal of Medicine*, 133(2), e68. <http://doi.org/10.1016/j.amjmed.2019.08.017>
- Gunawardena, C. (1999). The challenge of designing and evaluating 'interaction' in web-based distance education, en *WebNet World Conference on the WWW and Internet* (pp. 451-456). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Gunesequera, A. I.; Bao, Y. & Kibelloh, M. (2019). The role of usability on e-learning user interactions and satisfaction: A literature review. *Journal of Systems and Information Technology*, 21(3), 368-394
- Hillman, D. C.; Willis, D. J. & Gunawardena, C. N. (1994). Learner-interface interaction in distance education: An extension of contemporary models and strategies for practitioners. *American Journal of Distance Education*, 8(2), 30-42.
- Hsiao, E. L. & Huang, X. (2014). Promoting interactivity in a distance course for nontraditional students. *RealLife Distance Education: Case Studies in Practice*, 235.
- Jancheski, M. (2017). *Interaction in distance education*, en *11th International Conference on Technology, Education and Development (IN-TEd)*. Location: Valencia, SPAIN: INTED2017: 11th international technology, education and development conference Book Series: INTED Proceedings.

- Jia, J. (2020). *Educational stages and interactive learning: From kindergarten to workplace training*. Information sciences reference, 437. IGI Global.
- Kennepohl, D. (2020). Editorial. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 21(2), i-iii. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v21i2.4812>
- Koola, P. M.; Ramachandran, S. & Vadakveedu, K. (2016). How do we train a stone to think? A review of machine intelligence and its implications. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 17(2), 211-238.
- Kumar, S. G. & Reddy, G. H. (2019). Prediction of education performance using deep learning. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(7), 361-364
- Lee, M. K. (2015). Effects of mobile phone-based app learning compared to computer-based web learning on nursing students: Pilot randomized controlled trial. *Healthcare Informatics Research*, 21(2), 125-133. <http://doi.org/10.4258/hir.2015.21.2.125>
- Longo, L. (2020). *Empowering qualitative research methods in education with artificial intelligence*. http://doi.org/10.1007/978-3-030-31787-4_1
- Luckin, R. & Cukurova, M. (2019). Designing educational technologies in the age of AI: A learning sciences-driven approach. *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 2824-2838.
- Luo, H. & Lei, J. (2012). Emerging technologies for interactive learning in the ICT age. *Educational stages and interactive learning: From kindergarten to workplace training* (pp. 73-91). <http://doi.org/10.4018/978-1-4666-0137-6.ch005>
- Martin, F.; Parker, M. A. & Deale, D. F. (2012). Examining interactivity in synchronous virtual classrooms. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 13(3), 228-261.
- Mayer, R. E. (ed.) (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge University Press.
- Mladenova, M. & Kirkova, D. (2014). Role of student interaction interface in web-based distance learning, en *ACHI 2014-7th International Conference on Advances in Computer-Human Interactions* (pp. 307-312).
- Mohan, S.; Ramea, K.; Price, B.; Shreve, M.; Eldardiry, H. & Nelson, L. (2019). *Building Jarvis-A learner-aware conversational trainer*. IUI Workshops on User-Aware Conversational Agents in conjunction with ACM Intelligent User Interfaces 2019, Los Angeles, California.
- Moore, M. G. (1989). Editorial: Three types of interaction. *The American Journal of Distance Education*, 3(2).
- Morgan, H. (2020). Best practices for implementing remote learning during a pandemic. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 93(3), 135-141. <https://doi.org/10.1080/00098655.2020.1751480>
- Nacu, D.; Martin, C. K. & Pinkard, N. (2018). Designing for 21st century learning online: A heuristic method to enable educator learning support roles. *Educational Technology Research and Development*, 66(4), 1029-1049. <http://doi.org/10.1007/s11423-018-9603-0>
- Nahar, L.; Sulaiman, R. & Jaafar, A. (2020). An interactive math braille learning application to assist blind students in Bangladesh. *Assistive Technology* (en prensa). <https://doi.org/10.1080/10400435.2020.1734112>
- Nappi, C. & Cuocolo, A. (2020). The machine learning approach: Artificial intelligence is coming to support critical clinical thinking. *Journal of Nuclear Cardiology*, 27(1), 156-158. <http://doi.org/10.1007/s12350-018-1344-2>
- Nathoo, A.; Bekaroo, G.; Gangabissoon, T. & Santokhee, A. (2020). Using tangible user interfaces for teaching concepts of internet of things. *Interactive Technology and Smart Education* (en prensa). <https://doi.org/10.1108/ITSE-09-2019-0061>
- Piaget, J. (1971). *Genetic epistemology*. Norton & Co Inc.
- Raees, M. & Ullah, S. (2020). THE-3DI: Tracing head and eyes for 3D interactions. *Multimedia Tools and Applications*, 79(1-2), 1311-1337.
- Rampton, V.; Mittelman, M. & Goldhahn, J. (2020). Implications of artificial intelligence for medical education. *The Lancet Digital Health*, 2(3), e111-e112. [http://doi.org/10.1016/S2589-7500\(20\)30023-6](http://doi.org/10.1016/S2589-7500(20)30023-6)
- Rautopuro, J.; Pöntinen, S. & Kukkonen, J. (2006). Towards the information society - the case of Finnish teacher education. *Informatics in Education*, 5(2), 285-300.
- Ricco, J.; Guetarni, F. & Kolh, P. (2020). Learning from artificial intelligence and big data in health care. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. <http://doi.org/10.1016/j.ejvs.2020.01.019>
- Schlegelmilch, J. & Douglas, C. (2020). Initial Covid-19 closure strategies adopted by a convenience sample of US school districts: Directions for future research. *Disaster*

- Medicine and Public Health Preparedness*, 1-4. <http://doi.org/10.1017/dmp.2020.147>
- Scolari, C. A. (2018). *Las leyes de la interfaz: diseño, ecología evolución, tecnología* (vol. 136). Editorial Gedisa.
- Şimşek, Ö.; Atman, N.; Inceoğlu, M. M. & Arıkan, Y. D. (2010). Diagnosis of learning styles based on active/reflective dimension of Felder and Silverman's learning style model in a learning management system, en *International Conference on Computational Science and Its Applications* (pp. 544-555). Springer, Berlin, Heidelberg. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-12165-4-43>
- Tidwell, J.; Brewer, C. & Valencia-Brooks, A. (2020). *Designing interfaces: Patterns for effective interaction design*. O'Reilly Media, Inc.
- UNESCO. (2020). *Covid-19 Impact on Education*. Recuperado de: <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>
- Villegas-Ch, W.; Arias-Navarrete, A. & Palacios-Pacheco, X. (2020). Proposal of architecture for the integration of a chatbot with artificial intelligence in a smart campus for the improvement of learning. *Sustainability (Switzerland)*, 12(4). <http://doi.org/10.3390/su12041500>
- Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Walsh, K. (2020). Artificial intelligence and healthcare professional education: Superhuman resources for health? *Postgraduate Medical Journal*, 96(1133), 121-122. <http://doi.org/10.1136/postgradmedj-2019-137132>
- Wang, C. & Tsai, W. (2016). Elucidating how interface design and cognitive function affect learning performance in the enterprise resource planning (ERP) software system. *Journal of Testing and Evaluation*, 44(1), 31-46. <http://doi.org/10.1520/JTE20140044>
- Wang, H.; Rush, B. R.; Wilkerson, M. & Van Der Merwe, D. (2014). Exploring the use of tablet pcs in veterinary medical education: Opportunity or obstacle? *Journal of Veterinary Medical Education*, 41(2), 122-131. <http://doi.org/10.3138/jvme.1013-145R1>
- WBIS (2018). Proceedings -2017 international workshop on big data and information security, en *Proceedings - WBIS 2017: 2017 International Workshop on Big Data and Information Security*.
- Wong, G. K. W.; Ma, X.; Dillenbourg, P. & Huen, J. (2020). Broadening artificial intelligence education in K-12: Where to start? *ACM Inroads*, 11(1), 20-29. <http://doi.org/10.1145/3381884>
- Xiao, J. (2017). Learner-content interaction in distance education: The weakest link in interaction research. *Distance Education*, 38(1), 123-135.
- Yang, S. & Bai, H. (2020). The integration design of artificial intelligence and normal students' education. *the Journal of Physics: Conference Series*, 1453(1). <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1453/1/012090>

Este artículo es de acceso abierto. Los usuarios pueden leer, descargar, distribuir, imprimir y enlazar al texto completo, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO:

Assaf Silva, Nayiv Amin Jesús. (2020). El futuro de la interacción aprendiz-interfaz, una visión desde la tecnología educativa. *Apertura*, 12(2), pp. 150-165. <http://dx.doi.org/10.32870/Ap.v12n2.1910>