

Inteligencia Artificial para personalizar el aprendizaje de Matemática. Una mirada a un curso de ALEKS para docentes de Educación Media de Uruguay

Artificial Intelligence to personalize Mathematics learning. A look at an ALEKS course for secondary education teachers in Uruguay

Gustavo Bentancor Biagas¹, Lily Velázquez¹, Paola Noguera Rosas¹

¹CEIBAL, Montevideo, Uruguay

gubentancor@ceibal.edu.uy, lvelazquez@ceibal.edu.uy, pnoguera@ceibal.edu.uy

Recibido: 19/01/2024 | Aceptado: 21/02/2024

Cita sugerida: G. Bentancor Biagas, L. Velázquez, P. Noguera Rosas, "Inteligencia Artificial para personalizar el aprendizaje de Matemática. Una mirada a un curso de ALEKS para docentes de Educación Media de Uruguay," *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, no. 37, pp. 223-236, 2024. doi:10.24215/18509959.37.e22.

Esta obra se distribuye bajo **Licencia Creative Commons CC-BY-NC 4.0**

Resumen

El artículo que se presenta se basa en una investigación en la que participaron los tres autores y cuyo principal objetivo fue comprender y describir las prácticas docentes de uso del componente de personalización basado en Inteligencia Artificial de la plataforma ALEKS para promover la enseñanza de la Matemática en Educación Media. El diseño metodológico fue mixto y combinó instrumentos cuantitativos y cualitativos (encuesta digital aplicada a 86 profesores y 11 entrevistas en profundidad). Se identificaron tres estrategias de uso (ejercitación, construcción y resignificación) de acuerdo a las zonas de la plataforma que los docentes promueven en el aula y a las acciones pedagógicas que persiguen. El uso que realizan los docentes del componente de Inteligencia Artificial es limitado, dado que 6 de cada 10 docentes muestran

estrategias de uso principalmente para la ejercitación. Se constató que existen diferencias estadísticamente significativas entre las estrategias que despliegan los docentes y los docentes ($\chi^2 = 18,486, p = ,000$) no así de las variables posgrado ($\chi^2 = 1,023, p = ,600$), grupo etario ($\chi^2 = 1,297, p = ,862$) y experiencia ($\chi^2 = 5,427, p = ,246$) respecto a las estrategias seleccionadas por los docentes con ALEKS.

Palabras clave: Inteligencia artificial; Personalización del aprendizaje; Plataformas educativas; Enseñanza de la matemática; CEIBAL

Abstract

The article is derived from research involving the three authors whose primary objective was to understand and

describe teaching practices related to the use of the Artificial Intelligence-based personalization components of the ALEKS platform to promote mathematical learning in secondary education. The methodological design was mixed, incorporating both quantitative and qualitative instruments (a digital survey administered to 86 teachers and 11 in-depth interviews). Three usage strategies (practice, construction, and reinterpretation) were identified based on the platform areas that teachers promote in the classroom and the pedagogical actions they pursue. Teachers' use of the AI component is limited, as 6 out of 10 teachers primarily employ strategies for practice. Statistically significant differences were found between the strategies deployed by male and female teachers ($\chi^2 = 18,486, p = ,000$), but not in relation to variables such as postgraduate education ($\chi^2 = 1,023, p = ,600$), age group ($\chi^2 = 1,297, p = ,862$), and experience ($\chi^2 = 5,427, p = ,246$) regarding the strategies selected by teachers using ALEKS.

Keywords: Artificial intelligence; Personalization of learning; Educational platforms; Teaching of mathematics; CEIBAL.

1. Introducción

Las políticas públicas de inclusión de tecnología digital en los sistemas educativos de los países de América Latina y el Caribe muestra gran heterogeneidad, debido a las diferencias de ideas y propuestas de implementación que han venido llevando adelante desde hace más de dos décadas [1].

En este contexto, Uruguay se destaca como uno de los países con altas tasas de cobertura de Internet, un plan nacional de educación digital apoyado en la innovación tecnológica y con una universalización de acceso de los dispositivos digitales. Asimismo, hogares y centros de estudio han podido mejorar, gracias al desarrollo de las nuevas tecnologías que el país viene incorporando, la mejora en el ancho de banda (cantidad de información que se recibe por segundo) y la velocidad (que tan rápido viaja la información). Estas mejoras han impactado significativamente en la calidad de la conexión, permitiendo un desarrollo sostenido de las tecnologías digitales, aplicaciones y videoconferencias, al tiempo que han incrementado la platformización de la educación uruguaya [1] [2].

En 2006 Uruguay implementó una estrategia nacional de educación digital conocida como Plan para la Conectividad Educativa de Informática Básica para el Aprendizaje en Línea, en la actualidad CEIBAL, con un alto apoyo político y como una iniciativa que buscó reducir la brecha de acceso a las tecnologías digitales [2]. Esta estrategia favoreció el uso de dispositivos y plataformas educativas con el propósito de garantizar el derecho a la educación y la cultura [3], y el desarrollo de habilidades y competencias digitales para la vida [2].

En la última década, CEIBAL no solo se constituyó en un referente de propuestas formativas para el desarrollo de la competencia digital docente, sino que también promovió espacios para la innovación y el aprendizaje.

En la actualidad, las propuestas de CEIBAL se caracterizan por impulsar un uso crítico, creativo y con sentido de la tecnología digital, facilitando el desarrollo de habilidades y competencias digitales, especialmente de aquellos grupos más desfavorecidos [3].

Una de las iniciativas tecnológicas que CEIBAL ha implementado recientemente, que se basa en un modelo de inteligencia artificial (IA), que acompaña el aprendizaje de los estudiantes, fomentando el aprendizaje autónomo, es la plataforma personalizada ALEKS para la Enseñanza Primaria, Media y Media Superior.

En la última década, asistimos a un fenómeno de migración de los conocimientos, competencias y rutas de aprendizaje, al mundo digital, lo que ha posibilitado una mayor comprensión de los ritmos y las formas en que los estudiantes aprenden [4] [5]. Esta digitalización ha llevado a un proceso de mayor complejidad, como lo es la datificación de la educación, que ha facilitado profundizar en estrategias pedagógicas como la personalización de los aprendizajes [2] [6]. El aprendizaje pasó de ser estático y lento, donde los alumnos siguen todos al mismo ritmo, a un sistema en el que las plataformas proporcionan el escenario para un aprendizaje iterativo, en el que los algoritmos de aprendizaje, las *Big Data* y la IA organizan sistemas orgánicos de crecimiento continuo [2].

Los sistemas orgánicos utilizan los metadatos [6] para ofrecer retroalimentación personalizada en tiempo real para los estudiantes. Este aprendizaje basado en algoritmos permite predecir los resultados del aprendizaje de los alumnos y actuar en consecuencia modificándolo para que puedan aprender a su propio ritmo [4].

Recientemente, CEIBAL ha elaborado y puesto a disposición del sistema educativo uruguayo el Marco de referencia para la enseñanza de la inteligencia artificial, con el propósito de contribuir a formar ciudadanos críticos y éticos en el uso y la comprensión de esta nueva tecnología. Asimismo, busca servir de marco para el diseño de planes y programas de estudio que fomenten una comprensión profunda de la IA y para que los estudiantes puedan analizar, diseñar y resolver situaciones problemáticas a través de los principios computacionales [7].

Con el objetivo de comprender y describir las prácticas docentes basadas en el uso del modelo de IA de la plataforma ALEKS, para personalizar los aprendizajes en Matemática en Educación Media de las instituciones de Uruguay, se buscó responder, entre otras, las siguientes preguntas:

¿Qué estrategias basadas en el uso de los componentes de personalización de la plataforma ALEKS declaran utilizar los docentes de Matemática para la enseñanza?

¿Cómo impactan en las prácticas de enseñanza de la Matemática los usos que los docentes realizan de los componentes de personalización que ofrece la plataforma ALEKS? ¿Qué tipo de decisiones pedagógicas toma el docente a partir de los reportes que ofrece la plataforma?

¿Cuáles son las diferencias entre las estrategias utilizadas por los docentes basados en el uso de los componentes de personalización de la plataforma ALEKS según el género, su edad, la experiencia docente y su posible formación de posgrado?

2. Aproximación teórica y contextual

Para comprender y describir las prácticas docentes de uso del componente adaptativo y personalizado de aprendizaje de la plataforma ALEKS, es necesario conocer los componentes que los definen. La experiencia de aprendizaje adaptativo se basa en la posibilidad que brinda la plataforma de personalizar el contenido y la experiencia de aprendizaje de cada estudiante.

ALEKS es una plataforma que utiliza la IA para abordar el aprendizaje personalizado, en el aula de Matemática, mediante algoritmos inteligentes. A través de una secuencia de pasos finitos bien definidos, y la interacción inicial del estudiante con la plataforma, se analizan: patrones de aprendizaje, estilos cognitivos, preferencias y avances, para luego adaptar el contenido y las experiencias a las necesidades y habilidades personales de cada estudiante. Así es que la plataforma define una ruta de aprendizaje única para cada estudiante.

2.1. Inteligencia Artificial e Inteligencia Artificial en la Educación

La IA es un campo de la informática centrado en el desarrollo de sistemas que pueden realizar tareas que habitualmente requieren una inteligencia humana, como: comprensión, lenguaje natural, reconocimiento de patrones, razonamiento y toma de decisiones basadas en grandes volúmenes de datos. Estos sistemas, que utilizan algoritmos y modelos matemáticos, tienen la capacidad de adaptarse a nuevas situaciones, resolver problemas, responder preguntas y una gran variedad de otras funciones que son propias de los seres humanos [8]. Estas capacidades les permiten a los sistemas aprender automáticamente, es decir, de manera autónoma, a partir de datos masivos sin la necesidad de que un ser humano los programe [6] [9] [10].

En los últimos años, los sistemas de IA se han puesto al servicio de las personas para colaborar en una gran diversidad de tareas, tales como: reconocimiento visual y de voz, traducción automática de idiomas [10], sistemas de control y robots integrados a la industria, motores de búsqueda en Internet, asistentes personales digitales de los teléfonos móviles smartphones, sistemas de seguridad en vehículos, análisis de grandes cantidades de datos que impulsan nuevos descubrimientos médicos [9].

La educación no ha quedado al margen de la incursión de la IA. Diversos autores [11] [12] [13] [14] señalan las ventajas del uso de sistemas que incorporan la Inteligencia Artificial en la Educación (IAEd). Destacan la utilidad para, la mejora del aprendizaje centrado en el alumno [14] y la evaluación continua, proporcionando información en tiempo real del desempeño de los estudiantes e identificando áreas del conocimiento que se deben mejorar [12]. Sobresalen por su capacidad para: a) diseñar contenidos personalizados a partir de identificar fortalezas, debilidades y estilos de aprendizaje de cada estudiante [13]; b) fomentar la participación e interactividad a través de elementos gestionados por la IA, como simulaciones, laboratorios virtuales y propuestas gamificadas [11] y c) personalizar rutas de aprendizaje adaptadas a cada estudiante [13].

En este artículo nos centraremos en el componente adaptativo y personalizado de aprendizaje de la plataforma ALEKS, procurando entender y caracterizar como el sistema de IA que dispone, colabora con los docentes para crear entornos de aprendizaje eficaces, que estimulan la voluntad de aprender Matemática y alcanzar su máximo potencial de los estudiantes en el aula.

Los estilos de aprendizaje de cada estudiante, las singularidades cognitivas y los conocimientos que trae consigo al acto educativo (debilidades y fortalezas), hacen del sistema de tutoría individual una herramienta que contribuye activamente en la promoción del potencial de cada estudiante [15].

La personalización de las rutas de aprendizaje, se manifiesta a partir de dos componentes: a) el análisis de los datos, que surge de una prueba inicial de verificación de conocimientos que le ofrece la plataforma (desempeños de los estudiantes) y b) los algoritmos de IA, que identifican las brechas en los conocimientos del alumno. Identificada la brecha, el sistema ofrece tareas y actividades para ejercitar y mitigar esa diferencia. De este modo, los estudiantes ponen foco en aquellas actividades que les ofrecen mayor dificultad, optimizando el tiempo de estudio para maximizar los resultados [15] [3].

2.2. Plataforma ALEKS para la enseñanza de la Matemática

Para poder determinar con precisión lo que cada estudiante sabe y/o lo que cada estudiante está listo para aprender, ALEKS emplea *Knowledge Space Theory*. Esta teoría tiene su origen en la Ciencia Matemática Cognitiva y establece que una evaluación efectiva y factible debería revelar el estado de conocimiento de un individuo, es decir, el conjunto exacto de conceptos que domina [16]. Los conceptos son el tipo de problema que los estudiantes dominan, por ejemplo, resolver una ecuación cuadrática de coeficientes enteros.

El dominio de un determinado conocimiento implica relaciones de dependencia entre los conceptos que lo conforman. A modo de ejemplo, para dominar 650 conceptos, el espacio de aprendizaje necesariamente debe contener millones de otras nociones matemáticas más simples y relacionadas entre sí, conformando una estructura de conocimientos centrado en la dependencia entre unos y otros [16].

2.3. Aprendizaje adaptativo y aprendizaje personalizado

El informe que emana de la *Global Education Monitoring* (GEM) del año 2023, realizado por UNESCO en Montevideo (Uruguay), señala aspectos fundamentales vinculados a las tecnologías digitales y el aprendizaje. Enfatiza sobre la necesidad de considerar las tecnologías como herramientas que potencialmente desarrollen aprendizajes, así como que generen espacios de intercambio entre los docentes y los estudiantes. En el informe se insiste, en aprovechar los beneficios que brinda la IA, especialmente la generativa, para personalizar los aprendizajes. La educación camina hacia ese horizonte, constituyéndose en un aliado del docente, aportando en tiempo real, mediante los procesos de adaptabilidad de las plataformas y la posibilidad de construir rutas de aprendizaje personalizadas para cada estudiante [2].

La adaptabilidad en la enseñanza busca superar la aproximación tradicional de talla única para todos, ofreciendo a cada estudiante una experiencia de aprendizaje ajustada a sus necesidades y a las evidencias que ha logrado intercambiar [17] con, por ejemplo, el uso de una plataforma. Las plataformas adaptativas buscan maximizar el potencial de cada estudiante al proporcionar recursos y desafíos adaptados a sus necesidades. Implica que, en lugar de seguir un enfoque de enseñanza único para todos, se ajustan de manera dinámica según el progreso, el ritmo y el estilo de aprendizaje de cada estudiante. En este sentido, la posibilidad de adaptabilidad en el contexto de las plataformas de enseñanza refiere a la capacidad de personalizar la experiencia de aprendizaje y así atender e impactar en las necesidades individuales para el aprendizaje de cada estudiante. Las plataformas de

enseñanza adaptativas utilizan tecnologías como la IA, el aprendizaje automático y el análisis de datos, para identificar los desempeños y el progreso de cada estudiante y ajustar el contenido, la dificultad y el ritmo de aprendizaje de manera personalizada. Estas plataformas comparten algunas características, como lo son la personalización de contenidos, retroalimentación inmediata, ajuste de dificultad, monitoreo continuo y ritmo personalizado [18].

La personalización del contenido permite que el material de estudio y las actividades se adapten al nivel de desempeño, los intereses y al estilo de aprendizaje predominante de cada estudiante. Esto puede incluir la presentación de nuevos conceptos, la profundización en temas específicos o la revisión de áreas en las que el alumno pueda tener dificultades [18] [17].

No solo en la selección de materiales se puede visualizar la adaptabilidad o personalización, sino también en las devoluciones que la plataforma ofrece, dado que proporciona retroalimentación instantánea sobre el desempeño del estudiante, identificando áreas de fortalezas y debilidades, que incluye información sobre las áreas en las que está haciendo bien y las áreas que necesita mejorar. Siendo esto en la mayoría de las plataformas adaptativas, uno de los aspectos más relevantes, dado que además de los reportes personalizados, ofrecen una serie de actividades que permiten consolidar los aspectos fuertes del aprendizaje y fortalecer los aún débiles, colaborando en las posibles decisiones sobre re enseñanzas o generación de procesos de recursividad [17].

Dentro de los procesos a cargo de la IA, se presenta la posibilidad de ajustar automáticamente la dificultad de las tareas y ejercicios según el progreso del estudiante, brindando desafíos adecuados para mantener el interés y fomentar el crecimiento, sin generar frustración que inmovilice. Esto lo puede llevar a cabo por la existencia de un seguimiento continuo del progreso del estudiante a lo largo del tiempo, hecho este que permite a los docentes y a la plataforma ajustar estrategias de enseñanza según sea necesario [17].

2.4. Brecha digital y brecha digital de género

Los conceptos de brecha digital y brecha digital de género han servido para sustentar el acercamiento a posibles respuestas a la tercera pregunta formulada en este estudio.

La brecha digital hace mención no solo a la desigual distribución y acceso de las tecnologías digitales, sino que incluye las habilidades y capacidades para el uso, la apropiación y las posibilidades de participación [19]. Cuando esta desigualdad se evidencia entre personas de diferente género, estamos ante lo que denominamos brecha digital de género. Es por ello que, para el presente artículo, los aportes de Arenas (2023) [19] nos

han servido como sustento para entender la brecha digital de género como, la manifestación de desigualdad en las formas de uso y apropiación de la tecnología digital entre personas de diferente género.

Si bien el factor socioeconómico es condicionante de la brecha de género, algunos autores [20] han analizado otras dimensiones de este problema. Así es que, las aperturas por género, nivel educativo, ingresos o contexto del sistema escolar han ayudado a comprender lo complejo y multivariado de este fenómeno.

Las investigaciones sobre brecha digital en países como España, Canadá, Estado Unidos y Reino Unido registran una gran producción literaria en comparación con la investigación en América Latina [21], a pesar de los notables avances en el acceso digital que registran estos últimos. No obstante, continúan latentes otras dimensiones de mayor complejidad como las de usos (habilidades para utilizar las tecnologías digitales) y las de calidad de uso (diferencias de uso entre usuarios) [20].

3. Antecedentes empíricos

La revisión de la literatura internacional permitió determinar una serie de artículos relativos a la enseñanza de la Matemática mediada con tecnología digitales, que aportan robusta evidencia basada en estudios de pequeña escala con modelos cuasi experimentales, respecto al potencial que esta tiene para transformar los entornos de enseñanza y aprendizaje [22] [23]. Estos entornos son propicios para la interacción de los estudiantes con los objetos matemáticos, lo que favorece la adquisición de aprendizajes más significativos y profundos [23]. Asimismo, otros investigadores señalan el potencial de los dispositivos digitales para la comprensión de los conceptos matemáticos, para la exploración y experimentación [22], así como para la mejora de los desempeños de los estudiantes [5].

Por otra parte, las investigaciones específicas sobre el uso de la plataforma ALEKS para la enseñanza y aprendizaje, proporcionaron evidencia de cómo puede contribuir con la mejora de las competencias y conocimientos matemáticos [24], la participación, autonomía y protagonismo de los procesos de aprendizaje [25], la construcción de aprendizaje a través de estructuras cognitivas que operan para la adquisición del conocimiento [26].

En el caso de Uruguay, un estudio de Bentancor et al. (2021) [27] en el que se buscó identificar y describir el uso que realizaron los profesores de Matemática de Educación Media de la placa Micro: bit, durante el primer año de la pandemia por coronavirus, permitió constatar cómo el uso de la tecnología con sentido pedagógico mejora la comprensión de conceptos vinculados a la divisibilidad en \mathbb{N} , así como las

operaciones y relaciones de orden en \mathbb{Z} . En el mismo sentido, diversos autores nacionales [28] [29] señalan una actitud favorable de los docentes uruguayos por usar GeoGebra, ya que potencia los procesos vinculados al modelamiento, mejora la comprensión y el trabajo en resolución de problemas e incentiva el trabajo en equipo.

De todos modos, tal como lo señala Vaillant et al. (2021) [30], estos resultados deben ser interpretados con cautela ya que están condicionados por factores que se asocian a la preparación, formación y compromiso de los docentes en el uso de tecnologías digitales.

4. Diseño metodológico

Para este estudio se implementó un modelo mixto de tipo secuencial y combinado [31], para lograr una perspectiva más amplia y profunda del problema que se abordó. El enfoque seleccionado nos permitió una producción de datos más profunda y variada, a través de la multiplicidad de observaciones [32], mayor riqueza interpretativa [33], así como solidez de las inferencias científicas que surgen de nuestra investigación [31].

Buscamos aproximarnos a posibles respuestas a las preguntas formuladas y contribuir al conocimiento en torno a las prácticas docentes de uso del componente de IA que dispone la plataforma ALEKS para promover la enseñanza de la Matemática en la Educación Media de las instituciones de Uruguay. Como técnicas metodológicas para recoger los datos, se emplearon, la encuesta digital autoadministrada y la entrevista en profundidad.

El enfoque mixto permitió la aplicación de estrategias para el análisis de datos (media aritmética, desviación estándar) que nos han permitido realizar descripciones del fenómeno de estudio y correlacionar variables, para las que se utilizó el software SPSS v.23. Estas estrategias de análisis se complementaron con otras asociadas a procesos de clasificación, agrupamiento y resumen de variables, a través del software ATLAS. Ti v.22 para el análisis de datos cualitativos. En este sentido, el análisis cualitativo de los datos se elaboró a partir de categorías apriorísticas y emergentes [33].

Finalmente, producto de que se implementó un modelo mixto, se realizó una triangulación de datos que provienen de las técnicas seleccionadas, con el objetivo de conseguir mayor validez [31].

La colecta de los datos cuantitativos se realizó a partir de un cuestionario de encuesta conformado por 16 ítems cerrados y 2 ítems abiertos. En el caso de los ítems cerrados se utilizó una escala Likert de 4 puntos, salvo 2 ítems que incluyen una escala con 3 opciones de respuesta. Para el diseño del instrumento se decidió que algunos de los reactivos fueran abiertos ya que, las preguntas cerradas fuerzan a quien participa de la encuesta a elegir una opción entre una serie de

alternativas que se proponen en el cuestionario de encuesta. Asimismo, si bien las preguntas cerradas presentan la ventaja de ser sencillas de codificar para el procesamiento de los datos, así como atenúan la tendenciosidad y subjetividad del investigador, traen aparejada como principal desventaja la desafección representativa que pueden sentir el docente ante las interrogantes formuladas [32].

Para la encuesta autoadministrada se envió un cuestionario a los 313 docentes de Matemática, que se enrolaron para participar del curso de ALEKS, implementado en la Plataforma Schoology (denominada CREA en Uruguay). El envío del cuestionario de encuesta se realizó vía formulario MachForm, para ser completado en la modalidad On-line. La encuesta digital permitió, baja inversión, rápida recogida de datos, favoreció el anonimato y supuso un menor nivel de deseabilidad social de las respuestas [34].

Asimismo, los datos cualitativos emergen de la entrevista en profundidad que se realizó a una muestra intencional de 11 profesores de Matemática de Educación Media de Uruguay.

El guion de entrevista incluyó preguntas relativas a temáticas como: a) creencias sobre la enseñanza de la Matemática y el uso de herramientas digitales para mediar este proceso; b) estrategias de enseñanza que desarrollan los docentes en su práctica cotidiana basadas en el uso de la Plataforma ALEKS y c) IA y personalización de los aprendizajes.

4.1 Población y muestra

La población de estudio estuvo constituida por los 313 docentes de Matemática de Educación Media de Uruguay que participaron del curso introductorio de ALEKS. Por otra parte, la muestra cuantitativa quedó conformada por los 86 docentes que accedieron a completar la encuesta On-line, es decir, se determinó por auto selección o conveniencia [35].

Al analizar el perfil socioprofesional de la muestra se observó una alta tasa de feminización (75,8% son profesoras), con una media de edades $\bar{x} = 42,1$, años y una desviación $\sigma = 8,4$ años. Asimismo, se constató que estos docentes tienen en promedio una experiencia para la docencia de $\bar{x} = 14,6$ años, con una desviación $\sigma = 7,4$ años. Respecto a su formación docente, el 57,5% de los encuestados tiene estudios de profesorado concluidos y casi la tercera parte de la muestra tiene algún estudio de posgrado realizado (31%). Los 86 docentes que conforman la muestra se desagregan, según el tipo de institución en al que se desempeñan, del siguiente modo, 79,3% se desempeña exclusivamente en el ámbito público, 8% solo en instituciones privadas y 12,7% se desempeña tanto en instituciones públicas como privadas.

Para la entrevista en profundidad, se decidió estudiar en profundidad una muestra reducida, pero seleccionada

por la riqueza de la información que podrían proporcionar [35].

La selección de la muestra se realizó a partir de los planteamientos de Mejía Navarrete (2011) [36], atendiendo a tres niveles de representatividad estructural: a) el nivel socioeconómico, b) el nivel geográfico, y c) el nivel temporal.

La Tabla 1 resume la heterogeneidad estructural de los entrevistados.

Tabla 1. Conformación de la muestra para la entrevista en profundidad a docentes

Niveles	Grupos	Subgrupo	n	N
General	Dirección	DGES	6	11
		DGETP	1	
		Ambos	4	
Socio económico	Tipo de Institución	Públicas	5	11
		Privadas	2	
		Ambas	4	
	Formación docente	IPA	6	11
		CeRP	3	
		UM	2	
Geográfico	Zona	Este	3	11
		Centro	6	
		Oeste	2	
Temporal	Experiencia docente (años)	Hasta 10	2	11
		De 11 a 20	7	
		21 o más	2	

De este modo para la entrevista en profundidad y con el objetivo de comprender y describir las prácticas docentes basadas en el uso del modelo de IA de la plataforma ALEKS, para personalizar los aprendizajes en Matemática en Educación Media, se contó con una muestra intencional integrada por 11 profesores que resultaron suficientes para lograr la saturación de la información.

4.1 Validación y testeo de los instrumentos

Para asegurar la validez y fiabilidad de los instrumentos diseñados para este estudio, se los sometió a una cuidadosa revisión [35]. Asimismo, para validar tanto el cuestionario de encuesta como el guion de entrevista se utilizaron dos estrategias, por una parte, se empleó el juicio de expertos y, por otra parte, antes de ser aplicados fueron sometidos a pretesteo.

Se corroboró la adecuación y pertinencia de los reactivos constitutivos del cuestionario de encuesta y el guion de entrevista, a través de un grupo de especialistas de reconocido prestigio y experiencia, a nivel nacional e internacional, quienes fueron seleccionados mediante un biograma de profesionalización.

Para citar los discursos de los docentes entrevistados se eligió la siguiente codificación. Si el segmento discursivo al que queremos hacer referencia corresponde a la entrevistada Antonella (nombre de fantasía) y se encuentra ubicado en la página 1, entre las

líneas 10 y 12 de la transcripción correspondiente, escribimos (Antonella, p. 1, 10-12). Del mismo modo se codificaron las preguntas abiertas del cuestionario de encuesta (D2, p. 3, 156).

5. Resultados

A continuación, presentamos los resultados más relevantes de este estudio organizado según las preguntas que nos hemos formulado.

¿Qué estrategias basadas en el uso de los componentes de personalización de la plataforma ALEKS declaran utilizar los docentes de Matemática para la enseñanza?

Los datos recogidos en las entrevistas, han servido de base para agrupar las estrategias de enseñanza, que se basan en el uso de la plataforma ALEKS e identificar cuáles de ellas tienen en cuenta el componente de IA. Las estrategias se han podido caracterizar en tres grandes familias que se diferencian según el objetivo que persiguen en: a) para la ejercitación; b) para la construcción y c) para la resignificación del conocimiento matemático. Cabe destacar que, si bien se presenta un modelo con tres familias bien diferenciadas, las estrategias que los docentes llevan adelante, en ocasiones pueden actuar en forma conjunta y combinada.

Los docentes que utilizan la plataforma para la ejercitación, orientan sus acciones principalmente a la retención de algoritmos de cálculo y conceptos básicos. Así lo ha señalado la docente Carmela en su discurso: (...) entonces, cuando yo empiezo a preparar un escrito, les digo, vamos a poner un escrito en 15 días, la plataforma me sirvió de mucho para el repaso. Esa fue la gran utilidad que le di a la plataforma (Carmela, p.7, 325-326). No obstante, detrás de este uso básico que le confiere a la plataforma, otra docente destaca el potencial que tiene para la construcción del "repaso personalizado" (...) el repaso previo al escrito y esa posibilidad que te da de ser personalizada. Eso lo encuentro riquísimo de la plataforma (Sofía, p.7, 335).

Tal como le señala Ernest (2005) [37], subyacen detrás de estos discursos una concepción de la Matemática como una disciplina conformada por un conjunto de conocimientos estáticos e interconectados por estructuras (definiciones, axiomas, teoremas, lemas y corolarios) y verdades que se conectan a través de la lógica proposicional. Bajo este paradigma, los estudiantes deben aprender los conocimientos matemáticos que son develados por sus docentes, quedando de lado la posibilidad de que participen de la construcción del conocimiento.

Este uso que le dan a la plataforma para la ejercitación principalmente lo desarrollan en la Zona de Repaso y en las Hojas de Trabajo, aunque en ocasiones recurren a la sección de Actividades.

En este sentido, la entrevistada Gloria señaló, (...) yo la he usado más bien como repaso y no tanto como para nuevos aprendizajes. Lo que sucede es que cuando ellos trabajan con los módulos, en actividades que no sean asignadas por uno, les puede aparecer alguna actividad que nosotros no trabajamos en el aula y te hacen preguntas, por eso trabajo con las actividades de repaso (Gloria, p.12, 540-544).

Para algunos docentes, las Hojas de Trabajo son un sitio donde los estudiantes pueden continuar reforzando los temas aprendidos en clase, funcionan como una extensión del tiempo pedagógico, tal como lo expresa la entrevistada Valenciana (...) la hoja de trabajo, las uso, y se las imprimo, cuando los gurises sacan menos de 5 o 6. Ahí les imprimo una específica para ellos y se la doy, tenés que hacer en tu casa y me la traes de vuelta. Les gustaban, no lo hacían como un castigo, lo identificaban como algo bueno (Valenciana, p.10, 452-454).

Las creencias de estos profesores respecto a que es enseñar y aprender se centran en un proceso de transmisión unidireccional de conocimientos que parte de la clase magistral del docente hacia un estudiante que mecaniza y práctica. Bajo este paradigma el docente lleva adelante el proceso de enseñanza que conduce a los alumnos hacia respuestas correctas y la reproducción de información y procedimientos rutinarios [37].

Por otra parte, a partir de los testimonios de un grupo de docentes hemos podido caracterizar otra familia de estrategias de enseñanza que despliegan los docentes de Matemática, cuando utilizan los componentes de IA de la plataforma ALEKS. Varios docentes declaran trabajar con sus estudiantes en la Zona de Aprendizaje para ahondar en las estructuras que estos cuentan, es decir, en sus conocimientos previos y profundizar en ellos, a efectos de construir nuevos conocimientos [38].

En este sentido, es elocuente el testimonio de la docente Beatriz (...) después que terminaban la prueba de verificación fuimos trabajando en la sección de las metas para el aprendizaje. Me gustó porque para los chiquilines era enfrentarse a situaciones disparadoras de aprendizaje, que nos permitieron el intercambio y la discusión para irse acercando a conocimientos nuevos (Beatriz, p.1, 10-13).

De igual forma se evidencia a través del relato del docente D6 (...) si bien la sección de aprendizaje la usé menos, porque aún sigo explorando la plataforma ALEKS, me gustó porque van ejercitando teniendo en cuenta aspectos que debieron ser aprendidos el año pasado. Me gustó porque lo vincula con temas que se supone, vos tenés que saber para seguir construyendo su saber matemático (D6, p.1, 23-26).

Por otra parte, surge como una subcategoría dentro de esta familia de estrategias para la construcción de conocimiento matemático, las situaciones disparadoras para el aprendizaje, junto con la discusión y

posibilidades de argumentación de los razonamientos. Así se evidencia en el relato de la docente Carla (...) también utilicé la sección de Aprendizaje para introducir un tema: dejaba que los estudiantes pudieran explorar el módulo de acuerdo a mi configuración inicial, pudieran ver las explicaciones y a partir de lo que cada uno/a aprendía colectivizábamos ideas previas (Carla, p.4, 127-129).

Otros discursos nos permitieron evidenciar la importancia de la resolución de problemas en la construcción del conocimiento y como la Zona de Aprendizaje es destacada por algunos docentes como un escenario propicio para que sus estudiantes puedan desarrollar aprendizajes relevantes. Algunos docentes han comenzado a transitar desde un uso de la plataforma para la ejercitación a un uso en el que el énfasis está en la construcción del conocimiento a través de las posibilidades que brinda la plataforma para abordar situaciones problemáticas en las que: se establecen conexiones entre la Matemática y el mundo real [28], surgen diferentes representaciones de un mismo objeto matemático [39] y se evidencian patrones de repetición [40]. El relato de la docente D3 evidencia esta situación (...) les mandé deberes en la hoja de tareas de ALEKS, individuales para cada estudiante, con los sistemas para resolver por los métodos tradicionales que vimos. La siguiente semana propusimos algunos problemas de ALEKS de enunciado en los que había que aplicar para su resolución sistemas de 2x2, pero estos los trabajamos en clase por su complejidad

Este testimonio sirvió para constatar que algunos docentes utilizan las Hojas de Trabajo personalizadas como tarea domiciliaria, para promover la clase invertida o *flipped classroom*, metodología en la que parte de los procesos de aprendizaje se transfieren fuera del aula y destinando el tiempo de clase a realizar actividades que requieren más tiempo o mayor complejidad, en las que la guía del docente es imprescindible [26]. En la misma línea, la docente

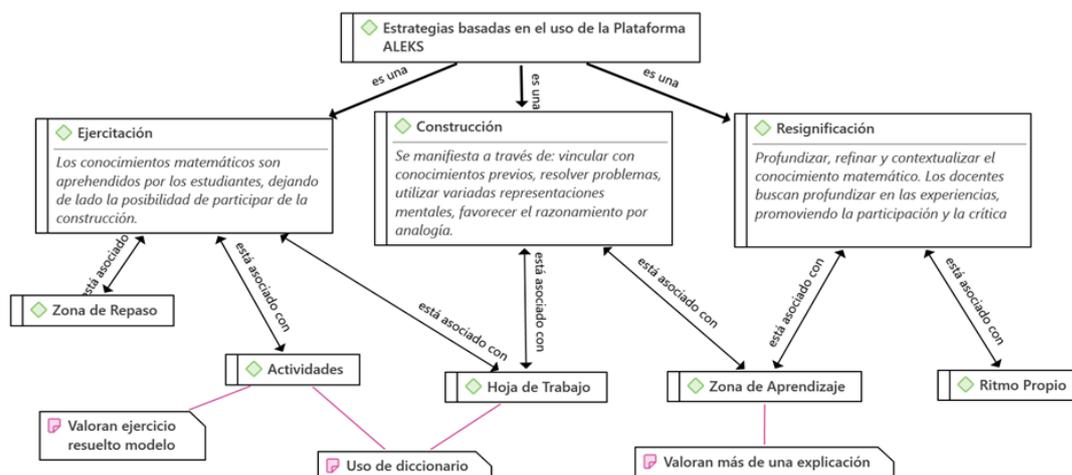
Bettina señaló un nuevo elemento que incorpora de la plataforma (...) los hipervínculos que tienen los términos o conceptos nuevos o que el estudiante puede no saber, al seleccionarlos te lleva a unas hojas de un libro con la explicación o teoría para ampliar sobre ese concepto, ese diccionario lo usan mucho los chiquilines (Bettina, p. 1, 17-19)

Finalmente, hemos agrupado una serie de estrategias de enseñanza mediadas con la plataforma ALEKS, por tener un propósito común: profundizar, refinar y contextualizar el conocimiento matemático. Algunos docentes planifican propuestas de enseñanza que resignifican la Matemática buscando profundizar en las experiencias, promoviendo la participación y la crítica [25] [38]. De esta forma procuran que el conocimiento que surge en el contexto del aula trascienda y se transforman en saberes para la vida de los estudiantes

Al respecto el trabajo de los estudiantes en Ritmo Propio parecería brindar el escenario propicio para la resignificación de los conceptos matemáticos. De este modo lo destaca la docente D64 (...) algunos temas se explican en pizarrón y otros se deja que ellos traten de enfrentarse a nuevos desafíos sin ayuda previa, pero sabiendo que en todo momento vamos viendo los temas juntos. Los estudiantes llegan a clase entusiasmados para trabajar en la plataforma, lo toman como un juego, cada uno va a su propio ritmo y yo voy trabajando tanto individualmente como con toda la clase, las dudas que van surgiendo (D64, p.5, 187-191).

La Figura 1 ilustra la red semántica construida a partir de los discursos de los docentes y el ordenamiento sistemático de los datos que permitió categorizar las estrategias de enseñanza que los docentes despliegan con la plataforma ALEKS. A partir del software Atlas.ti 23 hemos podido realizar sucesivas revisiones de las transcripciones de entrevistas lo que permitió construir un marco explicativo de categorización.

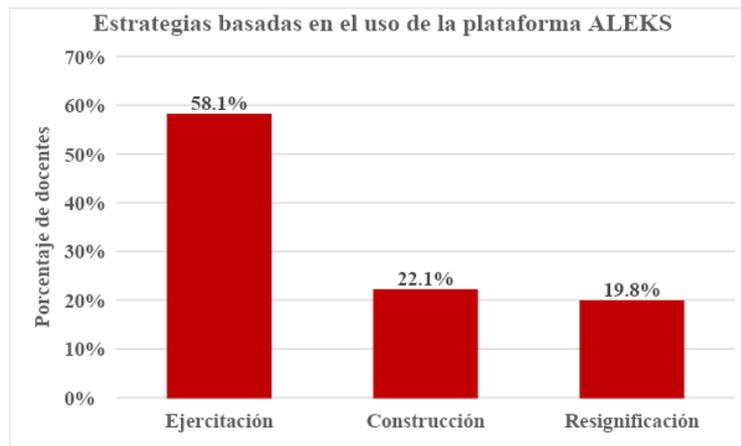
Figura 1. Red semántica de estrategias que despliegan los docentes con la Plataforma ALEKS



Buscando posibles aproximaciones para la primera pregunta formulada en este estudio, hemos realizado un análisis de las respuestas obtenidas en las preguntas abiertas 4) y 5) del cuestionario de encuesta. A través de las mismas se les consultó a los docentes identificar y describir las secciones de ALEKS que utiliza para la enseñanza de la Matemática, lo que nos permitió caracterizar las estrategias basadas en el uso del

componente de IA que declaran utilizar a partir del modelo de estrategias propuesto. Se presenta en la Figura 2 el porcentaje de docentes según la estrategia que lleva adelante en el aula de Matemática mediada con la plataforma.

Figura 2: Porcentaje de docentes según estrategias que despliega basadas en el uso de la plataforma ALEKS



La Figura 2 evidencia que, casi 6 de cada 10 docentes utiliza la plataforma para la ejercitación, lo que señala que hay una fuerte presencia del uso de la Zona de Repaso, Actividades y las Hojas de Trabajo. En el otro extremo, el 19,8% de los docentes despliegan estrategias que permiten a los estudiantes la resignificación de los conceptos matemáticos, para lo que utilizan principalmente Ritmo Propio en su trabajo y en menor medida la Zona de Aprendizaje.

¿Cómo impactan en las prácticas de enseñanza de la Matemática los usos que los docentes realizan del componente de personalización que ofrece la plataforma ALEKS? ¿Qué tipo de decisiones pedagógicas toma el docente a partir de los reportes que ofrece la plataforma?

Uno de los aspectos más relevantes en los contenidos considerados para la personalización en las plataformas educativas, radica en el uso de reportes de los avances en los aprendizajes y de los desempeños en general de los estudiantes. En este primer año de implementación de la plataforma ALEKS, la apropiación que han realizado los docentes ha sido variada y responde a las diferentes aproximaciones que han realizado, desde un uso intuitivo hasta formaciones específicas en modalidad MOOC o taller de intercambio con expertos.

Consultados sobre los impactos del uso de los reportes, declaran preferencias por alguno de ellos (...) el gráfico circular es el que más tenía en cuenta, digamos, y me daba un indicador, cómo venía el nivel individual y de la clase también, de cómo estábamos parados y les

prestaba especial atención a los colores de los temas (Roberto, p.16,744-747).

Del mismo modo que lo señalan Castillo et al. (2018) [24], los docentes entrevistados destacan el potencial de ALEKS para saber la dedicación y compromiso de los estudiantes a las tareas (...) debo confesar que miraban su momento, no para que sea estrictamente una calificación, pero el tiempo de trabajo y los chiquilines cuánta voluntad le ponían, sí comenzaban actividades que terminaban. Lo tengo en cuenta como un complemento (Roberto, p.16,751-757).

Sumado a este relato, otros docentes, dan cuenta de la importancia del impacto visual de realizar el seguimiento de los avances de los estudiantes a través de este gráfico circular. Tanto docentes como estudiantes, acceden a la información del proceso, oficiando para estos últimos como un elemento recordatorio de las metas de clase fijadas.

Una de las estrategias más utilizadas por los docentes, es la asignación de actividades, incorporando a esta la visualización del reporte que se desprende de ellas, y que permite acceder a múltiples indicadores (...) los reportes los hago y lo diseñó para que sean una vez al mes, yo lo diseño para que me lo envíe por mail y te lo mande (Valeriana, p.7, 303-306).

Las evidencias recogidas a través de las entrevistas y respaldadas por algunas investigaciones [24] [25], permiten constatar que algunas prácticas se fundan en la evidencia recogida a través de los reportes (...) yo pongo tareas y la plataforma me da todo lo que me

quiero saber, si hizo la tarea, en qué tiempo la hizo y cuántas, contestó bien o mal, o si lo volvió a repetir o no, todo eso me lo informa (Valeriana, p.7, 316-318).

Hay coincidencia en los relatos de los docentes respecto a las fortalezas de la plataforma, en cuanto al refuerzo positivo que ofrece como mecanismo de recompensa el uso del gráfico circular, visibilizando el grado de avance de los aprendizajes, y oficiando de desafío personal para el cumplimiento de metas ofrecidas y gestionadas por el docente [41]. Tal como lo señala Roberto, (...) creo que más bien es en el momento (...) sería la premiación inmediata. El reconocimiento es el que busca siempre el chiquilín o la chiquilina (Roberto, p.6, 277-279) y Bettina (...) que el reconocimiento sea durante todo el proceso, que el aplauso no sea solamente en una evaluación sumativa, sino que se puedan ir dando como pequeñas recompensas (...) uso pegotines como para marcarles cuando hay avances en ALEKS (Bettina, p.5, 209-215).

¿Cuáles son las diferencias entre las estrategias utilizadas por los docentes basados en el uso de los

componentes de personalización de la plataforma ALEKS según el género, su edad, la experiencia docente y su posible formación de posgrado?

En busca de dar respuesta a la tercera pregunta formulada en este estudio, se debió realizar un contraste de hipótesis entre la variable independiente género con la variable dependiente estrategias que promueven los docentes de Matemática basados en el uso de los componentes de IA de la plataforma ALEKS. De igual modo se procedió con las variables independientes posgrado, grupo etario y experiencia docente.

Para analizar la posible relación entre las variables e inferir si las diferencias que encontramos en la tabla de contingencia son significativas se utilizó el estadístico Chi Cuadrado de Pearson. En la Tabla 2 se recogen los resultados de la prueba Chi Cuadrado, a efectos de comprobar si existe relación entre cada variable independiente con la dependiente diseñada para nuestro modelo.

Tabla 2. Tabla cruzada y contraste Chi Cuadrado de Pearson para las variables Género y Posgrado

		Género N (%)		Total	Contraste de hipótesis		
		Femenino	Masculino		Valor	gl	Sig.asint.
Estrategia	Ejercitación	44 (71,0)	6 (25,0)	50 (58,1)	18,485	2	,000
	Construcción	7 (11,3)	12 (50,0)	19 (22,1)			
	Resignificación	11 (17,7)	6 (25,0)	17 (19,8)			
	Total	62 (100)	24 (100)	86 (100)			
		Posgrado N (%)		Total	Contraste de hipótesis		
		No tiene	Tiene		Valor	gl	Sig.asint.
Estrategia	Ejercitación	36 (61,0)	14 (51,9)	50 (58,1)	1,023	2	,600
	Construcción	13 (22,0)	6 (22,2)	19 (22,1)			
	Resignificación	10 (16,9)	7 (25,9)	17 (19,8)			
	Total	59 (100)	27 (100)	86 (100)			

Al relacionar la variable género con estrategia se encontró que las diferencias entre las estrategias que llevan adelante las docentes y los docentes fueron estadísticamente significativas ($\chi^2 = 18,486, p = ,000$). Por otra parte, no encontramos diferencias estadísticamente significativas de la variable posgrado ($\chi^2 = 1,023, p = ,600$), respecto a las estrategias desplegadas por los docentes con la plataforma ALEKS.

Se incluyó como parte del estudio, por tratarse de variables nominales, los estadísticos V de Cramer y Lambda. El primero, con el propósito de caracterizar la fuerza de la asociación entre las variables, género y estrategias, y el segundo como medida del nivel de predicción de una variable sobre la otra.

El valor V de Cramer es ,464 que corresponder a una asociación moderada (Sierra Bravo, 2014) y el valor del parámetro Lambda es ,183 que señala un valor de predicción bajo (Sierra Bravo, 2014).

Asimismo, la lectura porcentual nos permite identificar que las docentes mujeres utilizaron mayormente la

plataforma ALEKS para la ejercitación (71% de las mujeres contra 25% de los varones) y los docentes para la construcción de conocimientos (50% de los varones contra 11% de las mujeres).

Por otra parte, al realizar el contraste estadístico de las variables grupo etario ($\chi^2 = 1,297, p = ,862$) y experiencia docente ($\chi^2 = 5,427, p = ,246$) respecto a la variable estrategias, se pudo comprobar la independencia de estas variables. La Tabla 3 recoge los estudios realizados.

Tabla 3: Tabla cruzada y contraste Chi Cuadrado de Pearson para las variables Grupo etario y Experiencia

		Grupo etario N (%)			Total	Contraste de hipótesis		
		Jóvenes	Maduros	Experim.		Valor	gl	Sig.asint.
Estrategia	Ejercitación	8 (61,5)	35 (56,5)	7 (63,6)	50 (58,1)	1,297	4	,862
	Construcción	3 (23,1)	13 (21,0)	3 (27,3)	19 (22,1)			
	Resignificación	2 (15,4)	14 (22,6)	1 (9,1)	17 (19,8)			
	Total	13 (100)	62 (100)	11 (100)	86 (100)			
		Experiencia N (%)			Total	Contraste de hipótesis		
		Baja	Media	Alta		Valor	gl	Sig.asint.
Estrategia	Ejercitación	18 (62,1)	28 (56,0)	4 (57,1)	50 (58,1)	5,427	4	,246
	Construcción	9 (31,0)	9 (18,0)	1 (14,3)	19 (22,1)			
	Resignificación	2 (6,9)	13 (26,0)	2 (28,6)	17 (19,8)			
	Total	29 (100)	50 (100)	7 (100)	86 (100)			

Estos resultados están señalando que no existen diferencias estadísticamente significativas debido al grupo etario al que pertenece un docente ni a su experiencia respecto a las estrategias de uso de la plataforma ALEKS.

Conclusiones y discusión

En los siguientes párrafos presentamos una visión global de los principales resultados de este estudio. En primer lugar, a partir de los discursos de los docentes hemos podido determinar tres grandes familias de estrategias de enseñanza mediadas con la plataforma ALEKS: ejercitación, construcción y resignificación, de acuerdo a las intenciones y acciones pedagógicas que persiguen.

Los docentes que llevan adelante estrategias de enseñanza centradas en la ejercitación utilizan principalmente la Zona de Repaso de ALEKS, aunque en menor medida también se constató que el uso de la sección Actividades y Hojas de Trabajo pueden ser utilizadas para la memorización de conocimiento matemático [30]. A partir de los relatos y experiencias de un grupo de docentes hemos podido caracterizar una segunda familia de estrategias que se sustentan en la construcción del conocimiento. Parten de los conocimientos previos de los estudiantes [38], para construir conceptos matemáticos y destacan la posibilidad que brinda la plataforma con variados ejercicios en los que se presentan diversas representaciones de los objetos matemáticos [39]. Primordialmente, estos docentes utilizan la Zona de Aprendizaje y las Hojas de Trabajo, revisan y editan los prerrequisitos de la plataforma y generan nuevas preguntas. Por último, se encontró un tercer grupo de estrategias cuyo foco está puesto en la resignificación del conocimiento y conceptos matemáticos. Los docentes que despliegan este tipo de estrategias buscan profundizar y contextualizar con situaciones que están vinculadas con el mundo real. Estos docentes se caracterizan por utilizar el Ritmo Propio para el trabajo

en ALEKS, así como la Zona de Aprendizaje. Se constató que llevan adelante acciones como: generar nuevas preguntas, embeben recursos en la plataforma, ya sea videos, applets de GeoGebra e hipervínculos, potenciando el uso con sentido pedagógico a los dispositivos digitales [27].

Los hallazgos de nuestro estudio muestran que la competencia de los profesores para utilizar el componente de IA de la plataforma ALEKS para la enseñanza de la Matemática es en general limitada. Esto se evidencia en el hecho que 6 de cada 10 docentes muestran estrategias de uso principalmente para la ejercitación, lo que señala que el uso que realizan para la personalización de los aprendizajes es muy incipiente. Es decir, principalmente estos docentes utilizan la Zona de Repaso y en menor medida las Actividades y Hojas de Trabajo en las que seleccionan ejercicios para reforzar los conocimientos ya aprendidos.

Asimismo, de la evidencia de uso que se ha recabado se desprende que la acción predominante es la de seguimiento de procesos de aprendizaje, no apareciendo estrategias de intervención por parte del docente posterior a ese seguimiento y recolección de información.

En forma paralela, un hallazgo relacionado con las estrategias que despliegan los docentes según el género, nos permitió constatar que existe asociación entre estas variables. Se encontró que hay diferencias estadísticamente significativas entre las estrategias que las docentes y los docentes llevan a cabo para la enseñanza de la Matemática con ALEKS. La Tabla de contingencia nos permitió constatar que las profesoras utilizan principalmente la plataforma para la ejercitación (71% de las mujeres contra 25% de los varones) y los profesores para la construcción de conocimientos (50% de los varones contra 11% de las mujeres). Esta desigualdad existente entre hombres y mujeres en el uso del componente de IA con el que cuenta la plataforma para la personalización podría

entenderse como una manifestación de la brecha digital de género [19] [20].

Entendemos que sería importante incrementar las iniciativas formativas y participativas de más mujeres en propuestas que involucran las tecnologías digitales. Se debe poner especial atención al diseño de propuestas, que colaboren a erradicar las brechas existentes y evitar que el avance de las nuevas tecnologías digitales, como la IA, discrimine o excluya a colectivos específicos como el de las mujeres.

Asimismo, se ha podido constatar, a través de los estudios correlacionales, que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las estrategias y las variables independientes: estudios de posgrados, grupo etario y experiencia docente.

A partir de los hallazgos señalados surge la importancia de contar con programas de formación, para estudiantes de profesorado y docentes en servicio de Matemática, que posibiliten a estos colectivos la inclusión de la tecnología digital en sus prácticas de aula, con todo el potencial que estas tienen para la enseñanza. En particular, buscar promover espacios de reflexión y aprendizaje relacionados con la inclusión del componente de IA con el que cuenta la plataforma ALEKS para la personalización y la adaptación de propuestas de enseñanza, de manera que se puedan producir transformaciones en la práctica de los docentes.

Surge como un gran desafío, poder generar mayores espacios para la articulación entre ANEP y CEIBAL en los que se promueva desde la administración la participación de instancias formativas en formatos presenciales y virtuales, así como la intervención en los trayectos formativos que CEIBAL disponibiliza para el sistema educativo. Aprender a utilizar los dispositivos digitales como la plataforma ALEKS implica contar con tiempo para un acercamiento de las conceptualizaciones teóricas a la praxis de los docentes para que se puedan transformar y mejorar viejas prácticas instauradas.

Agradecimientos

Los resultados que presentamos en este estudio se enmarcan en un curso e instancias formativas de la Plataforma ALEKS, realizado por el departamento de Matemática de CEIBAL a los docentes de Matemática de Uruguay.

Referencias

[1] M. T. Lugo y V. Ithurburu, "Políticas digitales en América Latina: tecnologías para fortalecer la educación de calidad", Revista iberoamericana de educación, vol. 79, no 1, pp. 11-31, 2019, Accedido: 2 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en:

<https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/185464>

[2] UNESCO, "Global Education Monitoring Report 2023: Technology in education – A tool on whose terms?", 2023. Accedido: 3 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377802>

[3] P. Rivera-Vargas & C. Cobo-Romani, "Digital learning: distraction or default for the future", Digital Education Review, n.o 37, 2020, Accedido: 9 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://revistes.ub.edu/index.php/der/article/view/31813>

[4] V. Mayer-Schönberge and K. Cukier, "Learning with Big Data: the future of education", Eamon Dolan Books, Boston/New York, 2014.

[5] C. R. Rakes, M. L. Stites, R. N. Ronau, S. B. Bush, M. H. Fisher, F. Safi, S. Desai, et al., "Teaching Mathematics with Technology: TPACK and Effective Teaching Practices", Education Sciences, vol. 12, no. 2, p. 133, 2022. [En línea]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/educsci12020133>.

[6] B. Williamson, "Big Data in Education: The Digital Future of Learning, Policy and Practice", Washington, DC: SAGE, 2017.

[7] CEIBAL, "Marco referencial para la enseñanza de la inteligencia artificial. Pensamiento Computacional e Investigación, desarrollo e innovación", Accedido: 9 de diciembre. [En línea]. Disponible en: <https://bibliotecapais.ceibal.edu.uy/info/marco-referencial-para-la-ensenanza-de-la-inteligencia-artificial-00022154>.

[8] D. Long and B. Magerko, "What is AI literacy? Competencies and design considerations", in Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1-16, 2020.

[9] T. Baker, L. Smith, and N. Anissa, "Educ-AI-tion rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges", 2019.

[10] Y. Duan, J. S. Edwards, and Y. K. Dwivedi, "Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data—evolution, challenges and research agenda", International Journal of Information Management, vol. 48, pp. 63-71, 2019.

[11] M. A. R. Vasconcelos and R. P. dos Santos, "Enhancing STEM learning with ChatGPT and Bing Chat as objects to think with: A case study" EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, vol. 19, no. 7, em2296, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.29333/ejmste/13313>.

[12] T. Nazaretsky, M. Ariely, M. Cukurova, and G. Alexandron, "Teachers' trust in AI-powered educational technology and a professional development program to improve it", British Journal of Educational Technology, vol. 53, no. 4, pp. 914-931, 2022. [En

- línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/bjet.13232>.
- [13] H. Xie, H. C. Chu, G. J. Hwang, and C. C. Wang, "Trends and development in technology-enhanced adaptive/personalized learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2017", *Computers & Education*, vol. 140, p. 103599, 2019.
- [14] S.-P. Huang, "Effects of using artificial intelligence teaching system for environmental education on environmental knowledge and attitude", *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 14, no. 7, pp. 3277-3284, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.29333/ejmste/91248>.
- [15] W. X. B. Granda, F. Molina-Granja, J. D. Altamirano, M. P. Lopez, S. Sureshkumar, and J. N. Swaminathan, "Data Analytics for Healthcare Institutions: A Data Warehouse Model Proposal", in *Inventive Communication and Computational Technologies: Proceedings of ICICCT 2022, Singapore: Springer Nature Singapore*, pp. 155-163, 2022.
- [16] J. Doignon and J. Falmagne, "Knowledge spaces and learning spaces", *arXiv: Combinatorics*, pp. 274-321, 2015.
- [17] M. Torras, "Fundamentos y práctica del aprendizaje adaptativo", [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/330412526_Fundamentos_y_practica_del_aprendizaje_adaptativo, 2018.
- [18] L. Henao Rivas and V. Herrera Lozano, "Estrategias didácticas mediadas por tecnologías educativas adaptativas para un aprendizaje personalizado en educación básica y media", *Corporación Universidad de la Costa*, 2023.
- [19] M. Arenas Ramiro, "Brecha digital de género: la mujer y las nuevas tecnologías", 2011, Accedido: 17 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/9843>
- [20] A. Elena-Bucea, F. Cruz-Jesus, T. Oliveira, and P. S. Coelho, "Assessing the Role of Age, Education, Gender and Income on the Digital Divide: Evidence for the European Union", *Information Systems Frontiers*, vol. 23, no. 4, pp. 1007-1021, Aug. 2021. [En línea]. Disponible en: doi: 10.1007/S10796-020-10012-9/FIGURES/4.
- [21] A. Ancheta-Arrabal, C. Pulido-Montes, and V. Carvajal-Mardones, "Gender Digital Divide and Education in Latin America: A Literature Review", *Education Sciences* 2021, vol. 11, p. 804, Dec. 2021. [En línea]. Disponible en: doi: 10.3390/EDUCSCI11120804.
- [22] C. J. Cullen, J. T. Hertel, and M. Nickels, "The roles of technology in mathematics education", *The Educational Forum*, vol. 84, no. 2, pp. 166-178, 2020.
- [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00131725.2020.1698683>.
- [23] F. Zeynivandnezhad, A. Mousavi, and H. Kotabe, "The Mediating Effect of Study Approaches between Perceptions of Mathematics and Experiences Using Digital Technologies", *Computers in the Schools*, vol. 37, no. 3, pp. 168-195, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/07380569.2020.1793050>.
- [24] D. Castillo and L. Cuenca, "Aprendizaje computarizado en matemáticas, ALEKS, una experiencia en Educación Superior", in C. López-García and J. Manso (Eds.), *Transforming education for a changing world*, pp. 180-189, Eindhoven, NL: Adaya Press, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.58909/ad18346995>.
- [25] N. Mills, "ALEKS constructs as predictors of high school mathematics achievement for struggling students", *Heliyon*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07345>.
- [26] D. Johnson and D. Samora, "The potential transformation of higher education through computer-based adaptive learning systems", *Global Education Journal*, 2016 (1).
- [27] G. Bentancor-Biagas, L. Velázquez, A. L. Machado y I. López, "El Plan CEIBAL y el uso de tecnología digital con sentido pedagógico para la enseñanza de la Matemática. El caso de la Placa Micro: bit", *Revista Iberoamericana De Educación*, vol. 87, no. 1, pp. 197-215, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.35362/rie8714647>.
- [28] J. G. Bentancor Biagas, "Modelación Matemática: estrategias de enseñanza con herramientas digitales en el Ciclo Básico de Educación Media de Montevideo (Uruguay)" (Tesis), *Universidad ORT Uruguay, Instituto de Educación*, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://sisbibliotecas.ort.edu.uy/bib/93585>.
- [29] M. Tejera, "Modelos matemáticos mediados por GeoGebra para el desarrollo del pensamiento variacional", *Reloj de agua*, vol. 24, pp. 39-49, 2021.
- [30] D. Vaillant, E. Rodríguez Zidán, and G. Bentancor-Biagas, "Plan CEIBAL and the Incorporation of Digital Tools and Platforms in the Teaching of Mathematics According to the Teachers' Perceptions", *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 17, no. 12, em2037, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.29333/ejmste/11307>.
- [31] J. Creswell, "A Concise Introduction to Mixed Methods Research". Sage Publications, 2014.
- [32] N. Denzin and I. Lincoln (Coord.), "El campo de la investigación cualitativa. Manual de investigación cualitativa". Gedisa, 2012.[En línea]. Disponible en: <http://earthlab.uoi.gr/tel/index.php/themeselearn/article/view/12>

[33] M. Miles and A. Huberman, "Qualitative Data Analysis: A Sourcebook of New Methods. Beverly Hills", CA: Sage, 1984.

pnoguera@ceibal.edu.uy
<https://orcid.org/0009-0002-2862-3296>

[34] D. Heerwegh and G. Loosveldt, "Face to face versus web surveying in a high internet coverage population", Public Opinion Quarterly, vol. 72, no. 5, pp. 836-846, 2009.

[35] R. Hernández Sampieri, C. Fernández, and M. Baptista, "Metodología de la investigación", (6.a ed.). Mc Graw Hill, 2014.

[36] J. Mejía Navarrete, "Problemas centrales del análisis de datos cualitativos", Revista Latinoamericana de Metodología de la Investigación Social, vol. 1, pp. 47-60, 2011.

[37] P. Ernest, "The impact of beliefs on the teaching of mathematics", 2005. [En línea]. Disponible en: <http://www.people.ex.ac.uk/PErnest>.

[38] P. Freire, "Pedagogía de la autonomía", Siglo XXI, 1997.

[39] R. Duval, "Un tema crucial en la educación matemática: La habilidad para cambiar de registro de representación", La Gaceta de la RSME, vol. 9.1, 2006.

[40] N. Wijns, L. Verschaffel, B. De Smedt, and J. Torbeyns, "Associations between repeating patterning, growing patterning, and numerical ability: A longitudinal panel study in four- to six-year olds", Child Development, vol. 92, pp. 1354-1368, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/cdev.13490>.

[41] M. V. Perosi y C. Lion, "Los videojuegos serios: puentes de creatividad y expansión educativa", Revista Anales de la Educación Común, Publicación de la Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, Sección: Sección Artículos en torno al tema: Los videojuegos y la creatividad, Año 2, 2017, ISSN 2451-5329.

Gustavo Bentancor Biagas

Doctor en Educación (Universidad ORT Uruguay). Maestría en Educación (Universidad ORT Uruguay) y en Enseñanza de la Matemática a través de la resolución de problemas (Universidad de Montevideo). Profesor de Matemática. Integra el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) de Uruguay (ANII). Jefe del Departamento de Matemática en la Gerencia de Ciencias y Tecnología. CEIBAL. Director de la Maestría en Educación (Universidad de Montevideo).

Lily Velázquez Guerrero

Doctoranda en Educación (Universidad Nacional de Rosario. Argentina). Maestría en Educación con Énfasis en Didáctica de la Matemática. (Universidad Católica del Uruguay). Experta en la Metodología Fundamentada STEAM (Universidad de Valladolid. España). Profesora de Matemática. Formadora de Formadores (en Matemática y Didáctica) en el Consejo de formación en Educación. Uruguay. Profesora de Didáctica (Universidad de Montevideo) Referente Pedagógica del Departamento de Matemática en la Gerencia de Ciencias y Tecnología. CEIBAL.

Paola Noguera Rosas

Maestrande en Tecnología Educativa (Universidad ClaeH). Profesora de Matemática. Coordinadora del Departamento de Matemática en la Gerencia de Ciencias y Tecnología. CEIBAL. ICT - Beauftragte für Bildung durch digitale Medien am Deutsche Schule Montevideo.

Información de Contacto de los Autores:

Gustavo Bentancor Biagas

Av. Italia 6201, Edificio Los Ceibos
Montevideo
Uruguay
gubentancor@ceibal.edu.uy
<https://orcid.org/0000-0001-7531-8169>

Lily Velázquez

Av. Italia 6201, Edificio Los Ceibos
Montevideo
Uruguay
lvelazquez@ceibal.edu.uy
<https://orcid.org/0000-0003-2193-0787>

Paola Noguera

Av. Italia 6201, Edificio Los Ceibos
Montevideo
Uruguay