

# Personalización de un proceso de diagnóstico y retroalimentación para el desarrollo de competencias en álgebra intermedia

## Customisation of a diagnostic and feedback process for the development of intermediate algebra competences

Viviana Guadalupe Azcorra Novelo  
Tecnológico de Monterrey. Monterrey, México  
vivi.azcorra@exatec.tec.mx

Katherina Edith Gallardo Córdova  
Tecnológico de Monterrey. Monterrey, México  
katherina.gallardo@tec.mx

### Resumen

A pesar de que existe un camino recorrido en términos de la aplicación del Aprendizaje Personalizado y el Aprendizaje Adaptativo en educación superior, se ha detectado que la entrega de las trayectorias personalizadas sigue siendo un área de oportunidad tanto para las instituciones como para los educadores. El objetivo del presente estudio fue en función del enriquecimiento de los entornos personales de aprendizaje. Es decir, cómo una prueba diagnóstica, con enfoque adaptativo, contribuye a la determinación de trayectorias de aprendizaje personalizadas, aplicado para fines de la enseñanza y aprendizaje del álgebra en estudios de pregrado. Se optó por un estudio de casos de tipo exploratorio y participaron tres profesores con experiencia en álgebra a nivel superior y diez estudiantes inscritos en el curso de álgebra intermedia de una institución de educación superior del sureste de México. Para dar voz a cada participante, se aplicó una entrevista semiestructurada después de la implementación de la prueba. Y se usó la herramienta Lección de Moodle para la aplicación del instrumento diagnóstico. Los resultados permiten indicar que la prueba diagnóstica permitió medir los conocimientos del estudiante y el nivel de desempeño en el que se encuentran, contribuyendo así a que la identificación de conocimientos previos sea más puntual y, con ello, precisar o mejorar la instrucción personalizada.

**Palabras clave:** Aprendizaje adaptativo, Competencias, Educación superior, Evaluación del desempeño, Personalización.

### Abstract

Although there is a long way to go in terms of the application of Personalised Learning and Adaptive Learning in higher education, it has been found that the delivery of personalised trajectories remains an area of opportunity for both institutions and educators. The focus of the present study was on the enrichment of personal learning environments. That is, how a diagnostic test, with an adaptive approach, contributes to the determination of personalised learning trajectories, applied for the purpose of teaching and learning algebra in undergraduate studies. An exploratory case study was chosen, with the participation of three teachers with experience in algebra at a higher level and ten students enrolled in the intermediate algebra course at a higher education institution in southeastern Mexico. To give voice to each participant, a semi-structured interview was applied after the implementation of the test. And the MOODLE Lesson tool was used for the application of the diagnostic instrument. The results indicate that the diagnostic test made it possible to measure the student's knowledge and level of performance, thus

helping to identify prior knowledge in a timelier manner and, with this, to refine or improve personalised instruction.

**Key words:** Adaptive learning, Competences, Higher education, Performance assessment, Personalisation.

## 1. Introducción

La pandemia vivida entre los años 2020 y 2022 ha generado una situación de emergencia en casi todos los países del mundo, provocando devastadoras consecuencias en la salud, la economía y la educación. No obstante, es preciso indicar que también ha generado procesos de valor, como cuantiosos avances en el desarrollo de competencias digitales por parte de docentes de diferentes niveles formativos a nivel global (Kemet & Paul, 2021; Miguel Román, 2020; Morales, 2020). Es pertinente indicar que en los casi 24 meses de confinamiento y, por tanto, distanciamiento de las aulas físicas, se han trabajado procesos reflexivos y de toma de decisiones que han logrado flexibilizar las formas de interactuar entre profesores, pares y con el contenido en ambientes de aprendizaje mediados por tecnología.

En América Latina, se puede afirmar que, en su mayoría, los países han tomado decisiones educativas desde una realidad en la que se cuentan con escasas herramientas tecnológicas, aunque con apremiantes necesidades de formación autónoma para estudiantes de los diferentes niveles educativos. Solo en México (Pérez-Archundia, 2020) se reportaron cifras desde las que se tomaron decisiones para la atención de la emergencia educativa. Así, el 43% de estudiantes cuenta con una computadora, 96% con una televisión. El servicio de internet se tiene en un 76% en zonas urbanas y en un 43% en áreas rurales. Como parte de las acciones tomadas por las autoridades nacionales, se destacan el desarrollo de programas formativos y de capacitación para profesores, padres de familia y tutores (Palacios Núñez et al., 2020), además de una serie de recursos de apoyo para el aprendizaje de estudiantes por medios televisivos y páginas web.

Es así que hemos sido testigos de un alza, nunca antes contemplada, alrededor del interés de entender más sobre los ambientes virtuales de aprendizaje en general y sobre los entornos personales de aprendizaje (Alamri et al., 2020; Xie et al., 2019), así como el aprendizaje adaptativo (Dziuban et al., 2017) en particular. Estos conceptos han venido revolucionando el diseño de ambientes presenciales, combinados y virtuales en las últimas décadas, y con mayor énfasis en los últimos 24 meses, en aras de brindar mejores alternativas de aprendizaje que se ajusten a la diversidad de necesidades personales de los estudiantes que aprenden desde casa. Esta afirmación, se fundamenta en los comportamientos observados desde las estadísticas de producción científica y citación en el tema de personalización del aprendizaje y aprendizaje adaptativo (*personalized learning and adaptive learning*, por su denominación en inglés) en los últimos cinco años. En el índice Scopus, por ejemplo, se observa un incremento de hasta un 120% en la producción de artículos o ponencias entre el 2020 y 2021 en relación con lo registrado en el 2019 (Scopus, 2022). En Web of Science este comportamiento porcentual es muy similar (Web of Science, 2022).

Este acercamiento, cada vez más frecuente al diseño instruccional y la evaluación del aprendizaje desde la personalización, ha llevado a la integración de una serie de estrategias didácticas y de estimación de los conocimientos adquiridos. Los entornos de

aprendizaje, tanto presenciales, digitales y combinados no se diseñan de manera automática con el uso de tecnología. Es preciso aplicar una serie de decisiones fundamentadas desde la pedagogía que coadyuven a definir por qué y para qué se requiere la personalización y la adaptación del proceso de aprendizaje (Beltran Prieto Figueroa et al., 2019; Pane et al., 2015).

Al revisar la literatura especializada en cuanto a la personalización de los entornos de aprendizaje, en la obra de Patrick, Kennedy & Powell (2013) se define que son escenarios en los que se toman una serie de decisiones instruccionales para cubrir las necesidades y los intereses de cada alumno, incluyendo la posibilidad de que los estudiantes opinen y elijan qué, cómo, cuándo y dónde aprenden. Estas características proporcionan tanto flexibilidad como apoyos necesarios para el proceso de aprendizaje.

Además, se han enunciado tres fundamentos de la personalización en diferentes obras reconocidas por la comunidad académica (Attwell, 2007; Beltran Prieto Figueroa et al., 2019; Pane et al., 2015), que rompen con el prejuicio del individualismo dentro de la personalización. Estos son: (a) trabajar en redes; (b) establecer conexiones dinámicas orientadas a metas y (c) diseñar entornos personales de aprendizaje en función a las necesidades del público meta. Este entendimiento, que evoluciona constantemente, hace énfasis en que la personalización no significa el trabajo en aislamiento. Por el contrario, requiere de escenarios donde esté presente la construcción social del conocimiento a la par de la personalización en aras de enriquecer estos entornos de aprendizaje.

En cuanto al Aprendizaje Adaptativo (AA, por sus siglas) se puede indicar que es un modelo, enfoque o técnica para crear experiencias de aprendizaje personalizado. Su objetivo es proporcionar rutas de aprendizaje eficientes y efectivas para cada estudiante. Emplea un enfoque sofisticado basado en datos, generalmente no lineal, para mejorar la instrucción, retroalimentación y corrección, puesto que se ajusta a las interacciones y al nivel de desempeño demostrado por el estudiante (Tyton Partners, 2013, citado en Murray & Pérez, 2015; Moskal, Carter y Johnson, 2017, citado en Picciano, 2019).

Es preciso indicar la relación entre el AA y la evaluación del aprendizaje. Esta se puede entender como una relación de codependencia entre ambos constructos. De hecho, la evaluación del aprendizaje, vinculada con el AA, enfoca sus prácticas en lograr la medición del progreso del estudiante y, con ello, precisar o mejorar la instrucción personalizada. Es por este motivo que en la literatura especializada se denomina Evaluación Adaptativa (Lemke, 2014).

Por lo anterior, gracias a las intenciones de la evaluación del aprendizaje, sea diagnóstica, sumativa o formativa (Gallardo, 2013) es posible obtener información del estudiante para hacer juicios e inferencias personalizadas. Es preciso destacar que el sistema de evaluación que se diseñe con intención de generar resultados personalizados requiere la inclusión de una serie de mecanismos que permitan recolectar información suficiente y relevante durante el proceso de aprendizaje. La evaluación adaptativa demanda recursos intelectuales, técnicos y tecnológicos para su operación, como por ejemplo: la conformación de una tabla de especificaciones (Alade & Omoruyi, 2014; Fives, Helenrose & DiDonato-Barnes, 2013), el diseño de preguntas de opción múltiple o abiertas con base en niveles de pensamiento, yendo de niveles básicos hasta complejos

(Marzano & Kendall, 2008), la validación de las preguntas por parte de expertos, uso de plataformas o aplicaciones que permitan programar los algoritmos para el avance personalizado de los estudiantes, entre los principales.

Este insumo de información se vuelve de gran utilidad para otorgar una retroalimentación en tiempo real, adaptar las actividades de aprendizaje, distribuir el contenido según las características del alumno y, finalmente, generar un perfil más completo de su desempeño. Este proceso facilita al profesor la elaboración de reportes. Después de una revisión exhaustiva de la literatura, se establecieron relaciones y procesos que permiten trabajar entre el AA y la evaluación adaptativa en planes y programas por competencias (ver Figura 1).

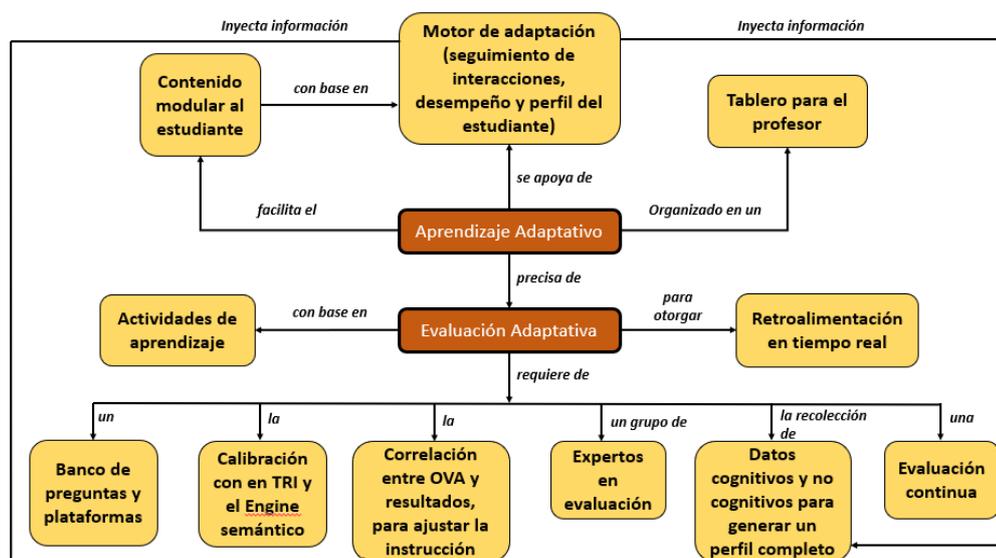


Figura 1. Relación entre el aprendizaje adaptativo y la evaluación adaptativa.  
Fuente: Elaboración propia.

Si bien es cierto, se puede afirmar que existe un camino recorrido en términos de la aplicación del aprendizaje personalizado y el AA en educación superior, se ha detectado que la entrega de las trayectorias personalizadas sigue siendo un área de oportunidad tanto para las instituciones como para los educadores. Aunque los sistemas computacionales continúan trabajando con inteligencia artificial para brindar información precisa sobre los avances de aprendizaje, aún se requiere el *expertise* del docente para una guía sólida y orientada a la meta de aprendizaje (Ávila et al., 2016; Agudo, Ríos, 2019). Lo que los sistemas inteligentes pueden entregar a los estudiantes de forma personalizada y automática, no siempre cubren con las necesidades de retroalimentación. Esto se hace más complejo cuando se trata de estudiantes que cursan programas diseñados por competencias.

Por lo anteriormente expuesto, este estudio tiene por objetivo comprender cómo los entornos personales de aprendizaje podrían enriquecerse con el uso de una prueba diagnóstica, con enfoque adaptativo, que contribuya a la determinación de trayectorias de aprendizaje personalizadas en el estudio de álgebra a nivel pregrado. Las fases que comprendieron este estudio son tres: (1) el

desarrollo de trayectorias personalizadas para lograr avances en la adquisición de competencias en la disciplina; (2) el uso de información derivado de un proceso diagnóstico para la construcción social del conocimiento entre profesores y estudiantes; (3) la emisión de retroalimentación con base en las trayectorias de aprendizaje personalizadas para el desarrollo de las competencias disciplinares del álgebra.

## 2. Método

**Diseño.** Para fines de esta investigación se optó por el estudio de casos. Dado que el tema se considera poco estudiado en el contexto mexicano de educación superior, se vio conveniente definirlo como un estudio de caso tipo exploratorio. Este abordaje permite un acercamiento entre los conceptos teóricos relacionados con la personalización y el AA en contraste con la realidad. Es justamente este proceso el que se busca comprender desde la perspectiva de estudiantes y docentes en una institución determinada (Baxter y Jack, 2008).

**Contexto.** Este estudio de caso se llevó a cabo en la Facultad de Matemáticas de una universidad ubicada al suroeste de México. En esta se ofrecen programas educativos del área de ciencias exactas. En el primer semestre, se imparten asignaturas de nivelación sobre conocimientos básicos, como es el caso de álgebra intermedia. Si algún estudiante no aprueba esta materia, en el siguiente semestre se oferta la asignatura en la modalidad por acompañamiento o repetición del curso. En ambos casos, se aplica un examen diagnóstico para determinar los contenidos que a cada estudiante le falta precisar. Sin embargo, solo los estudiantes que aprueban satisfactoriamente el diagnóstico en el acompañamiento pueden continuar sus estudios sin la necesidad del curso de nivelación.

**Participantes.** Se contó con la participación de tres profesores y 46 estudiantes en total. En el caso de los profesores, su perfil se seleccionó con base en su amplia experiencia disciplinar para la revisión y validación del diagnóstico. En cuanto a los estudiantes, se consideraron a quienes cumplían con estar inscritos en el curso de álgebra intermedia por acompañamiento (20) o repetición del curso (26) de los programas de estudio de Licenciatura en Actuaría, Licenciatura en Ciencias de las Computación, Licenciatura en Ingeniería de Software, Licenciatura en Ciencias de la Computación y Licenciatura en Enseñanza de las Matemáticas. Del total de estudiantes, sólo 27 resolvieron el diagnóstico conforme a las condiciones necesarias. Cabe destacar que, para el estudio de caso, se tomó a consideración la experiencia y percepción de todos los profesores y de 10 de estos 46 estudiantes.

**Instrumentos.** Para fines de esta investigación, se desarrolló un instrumento diagnóstico, entrevistas semiestructuradas para profesores y estudiantes, así como trayectorias de aprendizaje personalizadas. En cuanto al instrumento se utilizó la taxonomía de Marzano & Kendall (2008), la planeación didáctica del curso de álgebra intermedia y el desagregado de niveles de dificultad. Para la entrevista con los profesores, se consideraron los criterios de suficiencia, claridad, coherencia y relevancia en una prueba diagnóstica según Dorantes-Nova et al, (2016). Respecto a la entrevista con los estudiantes, se diseñó una encuesta con base en los resultados obtenidos del diagnóstico, la usabilidad de la herramienta y la pertinencia de la trayectoria de aprendizaje. Para ambas entrevistas, se utilizó la herramienta Atlas.ti para realizar el análisis de las

respuestas. Finalmente, para crear las trayectorias, se consideró el resultado del diagnóstico, los niveles de dificultad y las competencias disciplinares. Estas trayectorias se denominaron para efectos de esta fueron elaboradas en PowerPoint.

**Procedimientos.** Se describen las cuatro fases que comprendió la investigación. El antecedente de este estudio se encuentra en la primera y segunda fase (Azcorra y Gallardo, 2022). Específicamente en la fase 1, se diseñaron el examen diagnóstico y las rutas críticas. Estas últimas se entienden como el conjunto de reactivos que se diseñaron con base en la taxonomía de Marzano y Kendal (2008), la planeación didáctica y el modelo educativo que rige a la institución. El examen se estructuró considerando tres niveles de dificultad con base en la taxonomía utilizada, donde el nivel 1 corresponde a Recuperación, nivel 2 a Comprensión y nivel 3 Análisis. Dependiendo de los reactivos que el estudiante respondiera correctamente, se determinaría si domina o no la competencia y en qué nivel de dificultad lo hace. Posterior a esto, se procedió a solicitar permiso en la Facultad de interés, para la participación de profesores y estudiantes. En la segunda, la fase 2, los profesores y estudiantes participaron en la validación de los reactivos y el pilotaje respectivamente.

En la tercera fase, donde inicia este estudio de caso, se aplicó el diagnóstico en tres cursos de la asignatura de Álgebra Intermedia. En estos cursos se conformaron dos grupos de repetición de curso y un grupo por acompañamiento. Para efectos de esta investigación, se formaron dos grupos de estudiantes, conformados por cinco que obtuvieron una calificación alta en el diagnóstico y cinco que obtuvieron una calificación baja. Posterior a ello, se calificaron los resultados y se establecieron las trayectorias de aprendizaje por cada estudiante (ver Tabla 1). En la última etapa, se procedió a dar a conocer a los estudiantes sus resultados del diagnóstico y las trayectorias de aprendizaje personalizadas. Una semana después, se procedió a realizar las entrevistas con profesores y estudiantes.

Tabla 1. Proceso de diseño y análisis de las trayectorias de aprendizaje.

Fases del proceso	Acciones realizadas por cada fase del proceso
1. Organización de las unidades	Se organizó cada unidad por resultados de aprendizaje y, estos a su vez, por reactivos que corresponde a cada una, resaltando la ruta crítica de aplicación adaptativa por colores según el nivel de dificultad.
2. Decidir el logro de las competencias	Se consideró el cumplimiento de la ruta crítica de aplicación adaptativa (Semáforo de decisión: los colores rojo, amarillo y verde), de manera que las competencias se consideraron logradas desde que cumplan con el nivel 1 (rojo), nivel 1 y nivel 2 (amarillo) o con los tres niveles (ver Figura 2).
3. Creación de las trayectorias de aprendizaje personalizadas	Se desarrolló de tal manera que permita al estudiante identificar lo que le falta por aprender, tomando como referencia los niveles de dificultad, niveles de dominio del modelo educativo y las competencias logradas.
4. Análisis de las trayectorias de aprendizaje personalizadas	Se analizaron las trayectorias teniendo en cuenta que el comportamiento sea lineal creciente de las competencias logradas, puesto que el nivel de complejidad y exigencia matemática aumentan conforme avanzan las unidades.

UNIDAD I																	COMPETENCIAS DOMINADAS					
Resultado de aprendizaje 1.1: Realizar de manera eficiente, operaciones con polinomios/ Resolver de manera correcta problemas que involucran polinomios										Resultado de aprendizaje 1.2: Factorizar polinomios empleando pertinentemente los métodos de factorización												
TEMA 1.1										TEMA 1.2							SÍ	NO				
P1	P1.1	P2	P2.1	P3	P3.1	P4	P4.1	P5	P6	P6.1	P7	P8	P9	P10	P11	P12			P13	P14	P15	P16
0	1	0	1	1		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1.1	1.2
1		1		1		1		1	1		0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1.1	1.2
0		1		1		1		1	1		1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1.1	1.2
1		1		0	1	1		1	0		1	1	1	1	0	1	0	0	0	0		1.1 y 1.2
0	1	1		1		0	1	1	0		1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1.1 y 1.2	

Figura 2. Resultados de la Unidad I organizada por resultados de aprendizaje y la ruta crítica.  
 Fuente: elaboración propia.

### 3. Resultados

#### 3.1 Antecedentes del estudio de caso

Se considera como antecedente de esta investigación el desarrollo de una prueba diagnóstica. Para su desarrollo, se consideraron tres elementos: la planeación didáctica de la asignatura de álgebra intermedia, la taxonomía de Marzano & Kendall (2008) y, los niveles de dificultad establecidos por la academia de álgebra (nivel 1, 2 y 3), los cuales corresponden con el Semáforo de decisión. De tal manera que se revisó por unidad, sus

competencias y los resultados de aprendizaje <sup>1</sup> para cada contenido. Dichos elementos se muestran en las Figuras 3, 4 y 5, los cuales corresponden a cada nivel de dificultad.

Estos reactivos corresponden a la Unidad II, específicamente al resultado de aprendizaje *realizar correctamente operaciones con expresiones racionales*. Por lo que, para medirlo, se consideraron cuatro reactivos de nivel 1 (Recuperación), los cuales corresponden a simplificación, multiplicación, división y suma-resta de expresiones racionales. Mientras que, para los niveles 2 (Compresión) y 3 (Análisis), se diseñó un reactivo para cada uno. De tal manera que, para el nivel 2, se favorecen aspectos conceptuales de las expresiones racionales y, para el nivel 3, un problema en el cual la expresión racional está implícita. Finalmente, las opciones de respuestas se diseñaron considerando los errores más comunes de estudiantes de cursos pasados.

# 1	Base de la pregunta	El resultado de simplificar la expresión $\frac{(x+6)(x-3)+(x+6)(x-2)}{2(x+6)}$ es:
a.	Opción correcta	$\frac{2x - 5}{2}$
b.	Distractor 1	$x - 5$
c.	Distractor 2	$x^2 + 3x - 18$
d.	Distractor 3	$\frac{x^2}{7} + 2x - 10$
	Justificación 1	Error al cancelar el número 2.
	Justificación 2	Error al cancelar el (x+6) sin haber factorizado antes y después el -2 con el 2 del denominador.
	Justificación 3	Error al cancelar el (x+6) sin haber factorizado antes.
	Nivel taxonómico	D.C. A.5 y B.1/NP 1.2

Figura 3. Reactivo 1 de la Unidad II y de nivel 1.  
 Fuente: elaboración propia.

En la Figura 3 se presenta un ejercicio de simplificación de expresiones racionales (sencillas), el cual corresponde a una instrucción directa y solo requiere de cálculos básicos (nivel 1). Por tanto, el estudiante tendrá que utilizar cierta información o algunos principios, así como de Reglas simples (Dominios del conocimiento), para el recuerdo o ejecución (Niveles de procesamiento) de procedimientos.

<sup>1</sup> El resultado de aprendizaje es una competencia de menor nivel y precisa en cierto contenido. Competencia (UADY, 2012): es la integración dinámica de conocimientos, habilidades, actitudes y valores que permitan al egresado desempeñarse como ciudadano autónomo y flexible en una función, actividad o tarea profesional o social, a lo largo de la vida.

# 5	<b>Base de la pregunta</b>	El grado absoluto y el coeficiente de la simplificación de la expresión $\frac{[(x^2y)^{2n+1}][70(x^2y)^{2n}][10(x^2y)^{2n+5}][10(x^2y)^n]}{35(x^2y)^{7n+1}}$ , donde $n \in \mathbb{Z}^+$ , es:
a.	Opción correcta	Grado absoluto: 15 y coeficiente: 200
b.	Distractor 1	Grado absoluto: 5 y coeficiente: 200
c.	Distractor 2	Grado absoluto: 15 y coeficiente: $\frac{18}{7}$
d.	Distractor 3	Grado absoluto: $-n - 5$ y coeficiente: 200
	Justificación 1	Error al determinar el grado absoluto del monomio resultante.
	Justificación 2	A pesar de la nota, se sumaron los coeficientes de los monomios.
	Justificación 3	No se sumaron todos los exponentes.
	Nivel taxonómico	D.C. A.5 y B.2/ NP 1.2

Figura 4. Reactivo 5 de la Unidad II y de nivel 2.  
 Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4, se comparte un ejercicio que involucra monomios con exponentes literales para obtener el grado absoluto y el coeficiente, por lo que, corresponde a la resolución de una o más operaciones, aplicando propiedades y definiciones (nivel 2). Por tanto, el estudiante tendrá que utilizar cierta información o algunos principios, así como Algoritmos (Dominios del conocimiento), para el Recuerdo o ejecución (Niveles de procesamiento) de ciertos procedimientos.

# 6	<b>Base de la pregunta (abierto)</b>	Si $(x - a)$ y $(x - b)$ , donde $a$ y $b$ no son igual a CERO, son factores de $x^2 + 8x + 15 = 0$ , selecciona la opción que indique el valor de $a$ y $b$ , así como de la expresión $a^2 + b^2 + 12ab$ .
a.	Opción correcta	$a = -5$ y $b = -3$ , el valor de la expresión es 214
b.	Distractor 1	$a = -5$ y $b = -3$ , el valor de la expresión es 164
c.	Distractor 2	$a = 5$ y $b = 3$ , el valor de la expresión es 214
d.	Distractor 3	$a = 5$ y $b = 3$ , el valor de la expresión es 196
	Justificación 1	Factorizó adecuadamente, pero no aplicó correctamente las leyes de los exponentes.
	Justificación 2	Factorizó adecuadamente, pero tuvo un error de signo en el despeje.
	Justificación 3	Factorizó bien, pero tuvo error de signo en el despeje y no aplicó correctamente las leyes de los signos
	Nivel taxonómico	D.C. B.4/ NP 4.2

Figura 5. Reactivo 6 de la Unidad II y de nivel 3.  
 Fuente: elaboración propia.

En la Figura 5, se tiene un problema intramatemático que involucra varios aspectos conceptuales y procedimentales de la Unidad I y II, por lo que, se requiere la comprensión

del problema y el uso de conocimientos previos (nivel 3). Por tanto, el estudiante tendrá que utilizar Macro procedimientos (Dominios del conocimiento), para la Resolución de problemas (Niveles de procesamiento).

Después de diseñar todos los reactivos para cada unidad, se creó la ruta crítica de aplicación adaptativa, con diferentes posibles escenarios de aplicación (ver Figura 6). Esta tuvo por intención plantear una vista adaptativa para el tratamiento y emisión de trayectorias y, con ello, emitir un resultado sobre el alcance en el desarrollo de competencias por parte de los estudiantes. Por tanto, se eligieron reactivos de diferentes niveles de dificultad, pero dada la complejidad de la competencia<sup>2</sup> de la asignatura, se determinó que se incluyeran más reactivos de nivel 1 y 2. Mientras que, los reactivos de nivel 3, se usaron para identificar a los estudiantes con un nivel de dominio superior.

En cuanto al análisis psicométrico de la prueba diagnóstica, se obtuvo un valor mayor al 0.8 del coeficiente alfa de Cronbach, lo cual permitió estimar que dicho instrumento contaba con un nivel adecuado de consistencia interna. Respecto al índice de discriminación de los ítems de la prueba diagnóstica, de los 67 reactivos, 32 puntuaron mayor que 0.39, mientras que 19 puntuaron entre 0.20 y 0.29, 9 entre 0 y 0.19 y 7 menor a 0.01. Mientras que, el índice de dificultad reflejó que únicamente 18 reactivos corresponden con el nivel de dificultad que fueron creados y que, en general, la prueba se encuentra entre 0.30 y 0.369. Todos estos resultados permitieron estimar que el instrumento era apropiado para fines del diagnóstico requerido.

---

<sup>2</sup> Competencia de álgebra intermedia: Representar relaciones entre el lenguaje natural y simbólico en diversos contextos empleando expresiones algebraicas.

	Unidad 1- tema 1				Unidad 1- tema 2				Unidad 2- tema 1				Unidad 2-tema 2				Unidad 3- tema 1 y 2				Unidad 3-tema 3			Unidad 4- tema 1			Unidad 4- tema 2			Unidad 4- tema 3			Unidad 5- tema 1 y 2																																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
Caso estudiante que acierta a todos los ítems de la unidad y procedimientos	[Green cells]																																																																		
Caso estudiante que responde erróneamente a todos los ítems de la unidad y procedimientos	[Red cells]																																																																		
Caso estudiante que presenta algunos errores en los ítems de la unidad y procedimientos	[Mixed Green and Red cells]																																																																		

Figura 6. Vista adaptativa para el tratamiento y emisión de trayectorias.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2 Resultados de las entrevistas con los alumnos

Para el pilotaje de la prueba diagnóstica, así como se juzgó importante contar con el apoyo de expertos en cuanto al diseño, también se consideró relevante la participación de cinco estudiantes que hubiesen acreditado el curso de álgebra intermedia con antelación. Su apoyo sería de utilidad para resolver las preguntas y comentar sobre la claridad de cada reactivo. Los resultados permitieron mejorar cuestiones de redacción de los reactivos, opciones de respuesta y diseño de la plataforma. Todos y cada uno de estos fueron atendidos antes de la implementación del instrumento.

El análisis de los resultados de la implementación del diagnóstico se realizó con 10 estudiantes. A estos se le aplicó una entrevista semi estructurada, que consistió en una serie de interrogantes referente a la trayectoria de aprendizaje, competencias alcanzadas, usabilidad de la herramienta, percepción de la prueba diagnóstica, entre otros. Las respuestas se organizaron en función de los elementos descritos con anterioridad, como se puede observar en la Figura 7.

Al preguntarles sobre el examen diagnóstico, se identificaron ciertas fortalezas y debilidades. Desde la perspectiva de los estudiantes, se observó que: a) los reactivos se redactaron de manera clara y entendible, b) al ser de opción múltiple, ayudó a que el estudiante comprendiera el camino que se debe llegar, c) se consideraron todos los temas de la asignatura y d) los reactivos se diseñaron con base en niveles de dificultad, siendo visible la competencia que se está evaluando. No obstante, en cuanto a la duración del instrumento, se obtuvieron respuestas opuestas. Por ejemplo, el alumno 3 [A3] comentó que *estuvo muy extenso (...) considero que se incluyeron bien todos los temas, las preguntas tenían un nivel y sabía que las estaban considerando como competencias*. Mientras que el alumno 7 [A7] resaltó que *no me parece extensa, he tenido exámenes más duros*. Por tanto, si bien la prueba contiene varios reactivos, éstos fueron elegidos con la intención de obtener información en cuanto a las competencias declaradas en la asignatura de álgebra intermedia.

Con respecto a la identificación del instrumento para la evaluación con intención diagnóstica, se rescatan las siguientes respuestas: el alumno 3 [A3] recalcó que *sí, creo que pude identificar totalmente en dónde estoy fallando, pues eso sí me facilita mucho lo que realmente tengo que estudiar para tener el conocimiento de las competencias*. El alumno 2 [A2] afirmó que *(...) ya viendo el diagnóstico, fueron adecuadas, porque se iban evaluando por niveles y creo que eso ayuda a que haya un mejor diagnóstico para cada uno*. Por tanto, se concluye que, como instrumento, este permitió medir los conocimientos del estudiante y el nivel de desempeño en el que se encuentran, contribuyendo así a que la identificación de conocimientos previos sea más puntual y, con ello, precisar o mejorar la instrucción personalizada.

En lo que concierne al uso de herramientas tecnológicas para favorecer una evaluación diagnóstica adaptativa, así como lo definen C. D. Dziuban et al. (2016), se obtuvo que, si bien los alumnos ya tenían experiencia y práctica con la plataforma Moodle, el diseño que se usó para dicha prueba contribuyó a un uso más amigable. Asimismo, se recalcó la ventaja que ofrece la herramienta Lección, la cual permite usarla en distintos momentos del día sin perder lo contestado con anterioridad.

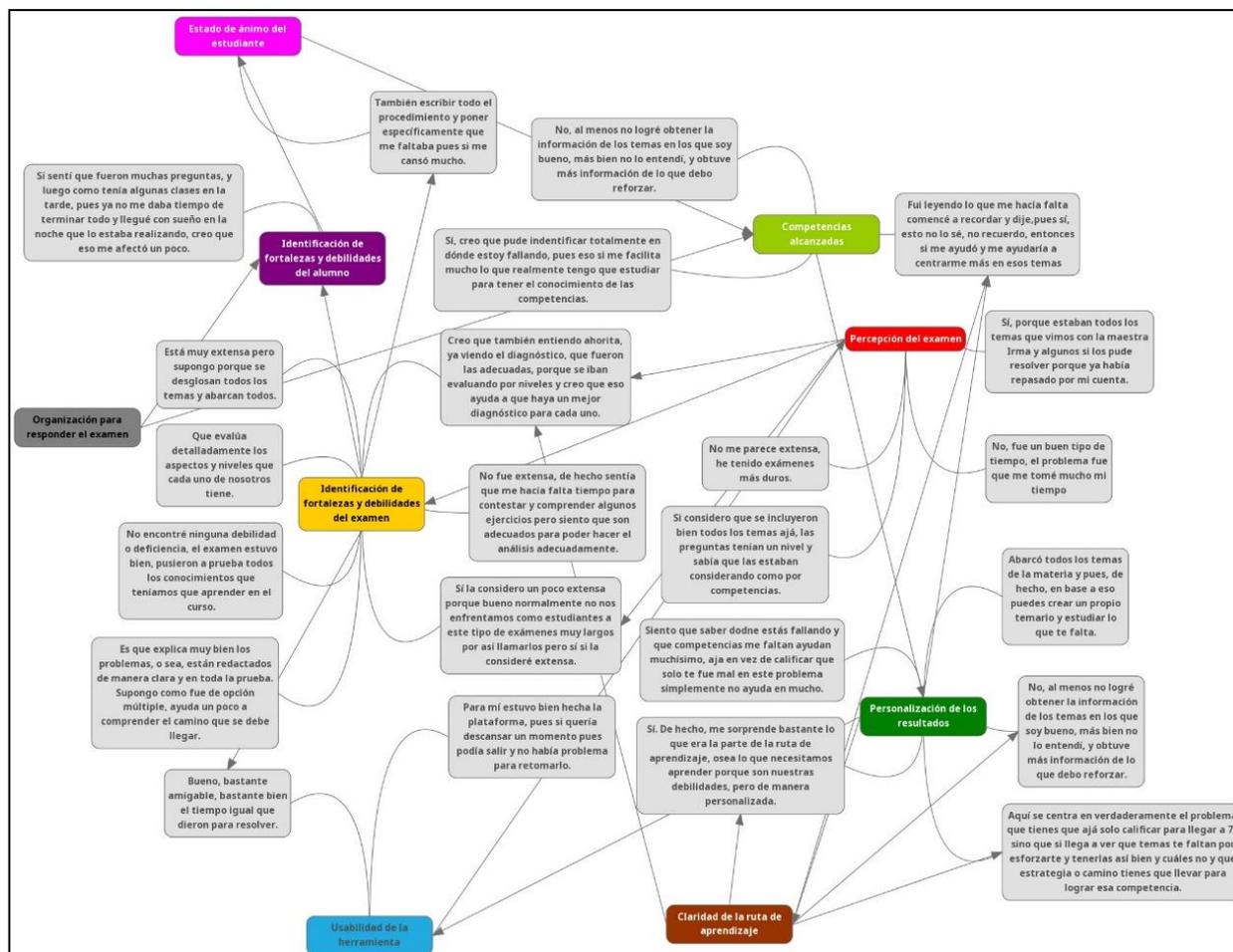


Figura 7. Observaciones de los alumnos respecto a la implementación y resultados de la prueba diagnóstica.  
 Fuente: elaboración propia.

Resulta relevante recalcar el comentario de un alumno, referente a la trayectoria de aprendizaje. El alumno 3 [A3] reconoció que *aquí se centra verdaderamente en el problema que tienes que ¡aja! solo calificar para llegar a 70 sino que si llega a ver qué temas te faltan por esforzarte y tenerlas así bien y cuáles no y qué estrategias o caminos tienes que llevar para lograr esa competencia*. De lo anterior, se confirma que el estudiante está distinguiendo la evaluación diagnóstica con un enfoque adaptativo, la cual proporciona trayectorias de aprendizaje personalizadas.

En cuanto a las perspectivas de los estudiantes sobre la utilidad y claridad de la trayectoria de aprendizaje que se les proporcionó, se obtuvieron comentarios alentadores. Indicaron que dicha ruta resultó sorprendente, debido a su diseño personalizado y el señalamiento puntual de una lista de temas a repasar. Asimismo, les pareció más significativo e importante que los resultados se hayan enfocado en recalcar los elementos en los cuales están fallando, que simplemente indicar qué ejercicios les fue mal. Puesto que, de esta manera, les permitió identificar específicamente lo que deben estudiar para mejorar (ver Figura 7). Ahora bien, referente a todo el proceso de evaluación con enfoque adaptativo, el alumno 4 [A4] comentó que (...) *normalmente no nos enfrentamos como estudiantes a este tipo de exámenes muy largos (...)*. Se recalcó que no es común o cotidiano usar esta estrategia en el aula de clases y que, además, se proporcione información referente a lo que falta por aprender de manera tan personalizada.

Finalmente, en la Figura 7 es posible observar que, el desempeño de los estudiantes en la prueba diagnóstica se vio influenciada por la falta de organización y el estado de ánimo que tenían en ese momento. Esto debido a varios aspectos, como las características del examen que incluía todos los temas, el cansancio que sentían algunos estudiantes debido a otras actividades previas a la aplicación, la falta de conocimiento sobre algunos temas del curso anterior y la falta de control de los nervios que sintieron al resolver el examen, por mencionar algunos.

### **3.3 Resultados de la entrevista con los profesores**

Como se comentó anteriormente, posterior a la implementación del instrumento diagnóstico y el análisis de los resultados, se aplicó una entrevista semi estructurada a los profesores participantes. Esta se realizó en dos partes. En la primera, se valoró dicho instrumento con base en los criterios establecidos por Dorantes-Nova et al., (2016) los cuales son: suficiencia, claridad, coherencia y relevancia. En la segunda parte, se plantearon preguntas relacionadas con el nivel taxonómico establecido para cada unidad de aprendizaje, la ruta crítica apropiada para estimar el alcance de la competencia, el desempeño de moodle como herramienta adaptativa, así como la pertinencia y claridad de las trayectorias de aprendizaje personalizadas.

Lo anterior, permitió determinar un total de seis categorías para conformar las unidades hermenéuticas de análisis. En la Figura 8 se vislumbran sus respuestas, clasificadas y relacionadas, los cuales se delimitaron con base en la pregunta de investigación: (1) usabilidad de la herramienta Lección; (2) percepción de la utilidad del examen; (3) identificación de fortalezas y debilidades; (4) claridad de la ruta crítica de aprendizaje; (5) personalización de los resultados y (6) competencias alcanzadas.

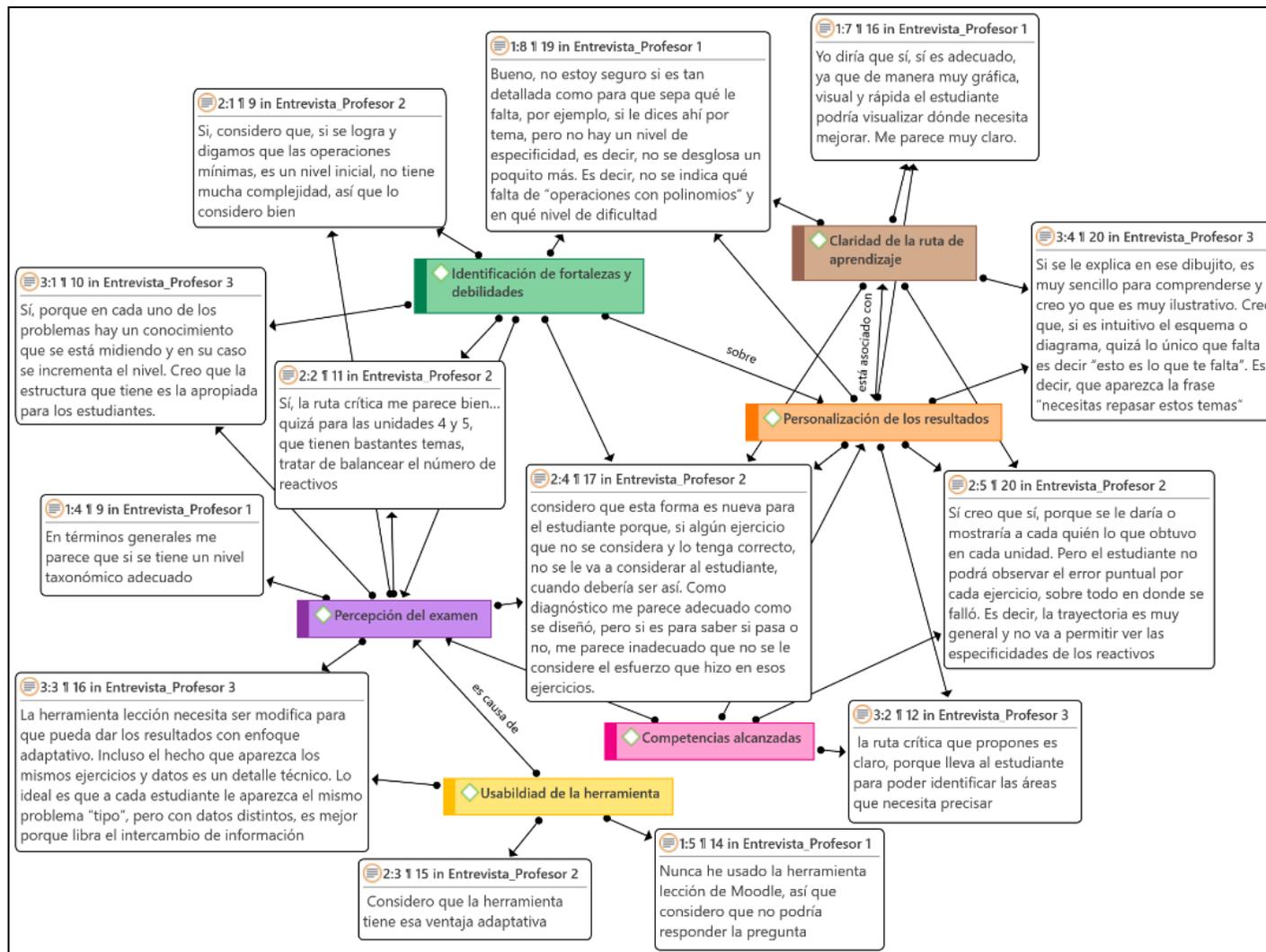


Figura 8. Observaciones de los profesores respecto a la implementación y resultados de la prueba diagnóstica.

Con respecto a la herramienta denominada Lección, perteneciente a la plataforma Moodle, esta se utilizó para favorecer el enfoque adaptativo. El profesor 3 [P3] afirmó que *la herramienta lección necesita ser modificada para que pueda dar los resultados con enfoque adaptativo (...)*. Si bien ésta tiene cierta ventaja adaptativa, aún necesita ser modificada para que pueda dar información tanto para el discente como para el profesor.

Ahora bien, referente a la percepción de la utilidad de la prueba diagnóstica, el profesor 2 [P2] indicó que, *como diagnóstico, se considera adecuado el diseño, porque en cada uno de los problemas hay un conocimiento que se está midiendo (...)*. Esta declaración también se consideró como una fortaleza del diagnóstico. En relación con sus fortalezas y debilidades, el profesor 3 [P3], además de elementos perceptuales sobre la utilidad del examen, expresó algunas ideas sobre el cuidado a la hora de la programación y aplicación del diagnóstico: *[Hay que] cuidar el intercambio de información entre los estudiantes, generando reactivos con cierta estructura, pero variando los datos para cada estudiante*. Por lo anterior, se concluyó que el siguiente paso sería diseñar un banco de reactivos para enriquecer la evaluación adaptativa.

Respecto a la naturaleza de la evaluación adaptativa, el profesor 2 [P2] comentó que *esta forma es nueva para el estudiante (...) me parece inadecuado que no se le considere el esfuerzo que hizo en esos ejercicios* y, se recalcó que, *la ruta crítica es clara, ya que lleva al estudiante para poder identificar las áreas que necesita precisar*. Por tanto, ante estos dos comentarios se deduce que, si bien la ruta crítica de aplicación adaptativa es adecuada para medir las competencias de la asignatura, sin la ayuda del software que permite la personalización durante el diagnóstico, podría conllevar a que el alumno resuelva ejercicios innecesarios para conocer su nivel de dominio.

En lo que concierne a la ruta de aprendizaje que se desarrolló para cada estudiante (ver Figuras 9, 10 y 11), organizada de acuerdo con el Semáforo de análisis (verde, amarillo, naranja y rojo) de los niveles de desempeño del modelo educativo, se identificaron comentarios opuestos. Por un lado, el profesor 1 [P1] comentó que *la ruta de aprendizaje planteada es adecuada, ya que de manera gráfica, visual y rápida el estudiante podrá visualizar dónde necesita mejorar*. Por otro lado, el profesor 2 [P2] resaltó que *no es tan específica como para que el estudiante sepa en cada tema o ejercicio, dónde se quedó y en qué nivel de dificultad* (ver Figura 7). Con base en lo declarado por los estudiantes y profesores, se infiere que, la trayectoria de aprendizaje personalizada se diseñó acorde con las características y necesidades de aprendizaje de cada alumno, siendo clara e intuitiva de entender. Sin embargo, faltó mayor especificidad para que el discente pueda observar los errores que cometió en cada reactivo.

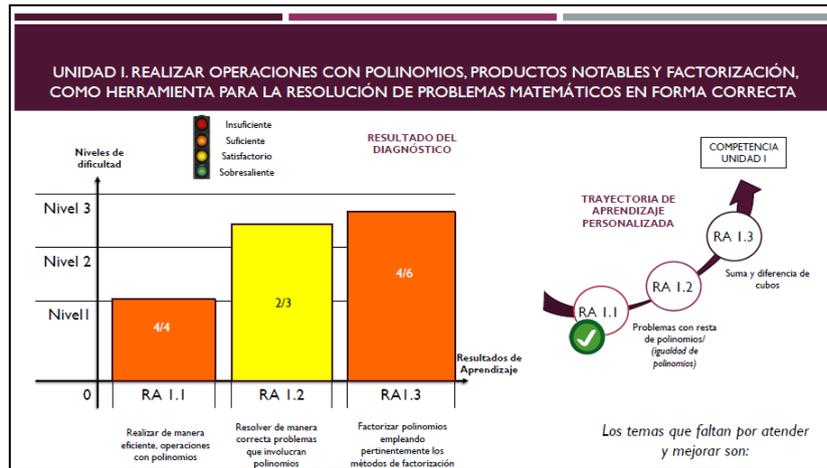


Figura 9. Ruta de aprendizaje personalizada de la Unidad I.  
 Fuente: Elaboración propia.

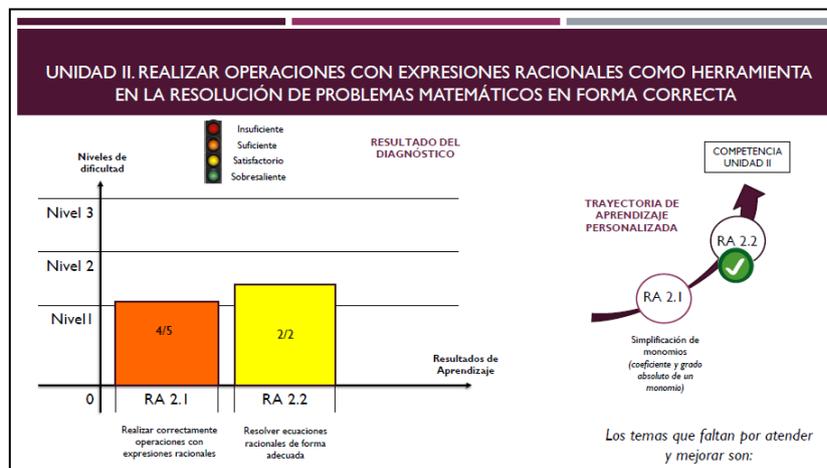


Figura 10. Ruta de aprendizaje personalizada de la Unidad II.  
 Fuente: Elaboración propia.

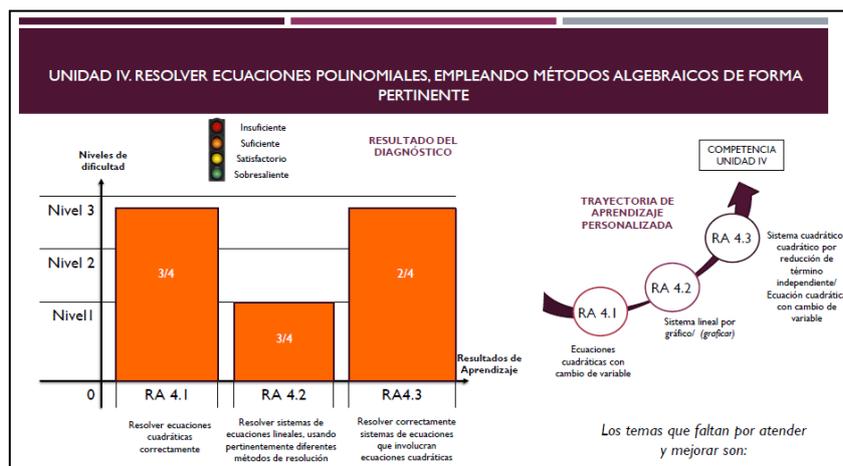


Figura 11. Ruta de aprendizaje personalizada de la Unidad IV.  
 Fuente: Elaboración propia.

#### 4. Discusión

Los resultados de este estudio permiten confirmar algunos aspectos clave relacionados con los elementos teóricos y otros resultados derivados de investigación empírica enfocada en la evaluación diagnóstica, la personalización y el trabajo alrededor del modelo por competencias en función del AA.

En primer lugar, destaca en el estudio el valor que cobra el diseño de pruebas diagnósticas con enfoque adaptativo, lo cual permitió, en este caso, que los docentes no solo se involucraran en un proceso psicométrico. En verdad, se convirtieron en pieza clave para validar cómo este diseño diagnóstico podría facilitar la emisión de juicios de desempeño desde la expresión de las competencias. En el caso de esta investigación, los resultados permitieron confirmar lo expresado por Csapó & Molnár (2019) en tanto la prueba diagnóstica permitió medir los conocimientos del estudiante y el nivel de desempeño en el que se encuentran, contribuyendo así a que la identificación de conocimientos previos sea más puntual y, con ello, precisar o mejorar la instrucción personalizada.

En cuanto al AA y su relación con la evaluación del aprendizaje en general y con la diagnóstica en específico, es posible indicar que este estudio permitió confirmar la relación que existe entre estos constructos. Así, al aplicar la evaluación del aprendizaje en función del AA, se buscó un tipo de medición que permitiera estimar el progreso del estudiante de forma individual y única desde sus conocimientos previos, partiendo de la definición de competencias y los niveles de desempeño que se requieren demostrar para confirmar su alcance. Esto coincide con lo que Lemke (2014) advierte sobre las bondades de diseñar trayectorias personalizadas desde la evaluación adaptativa. Dicho lo anterior, para fines de esta investigación, se confirma a la evaluación adaptativa como parte inherente del AA.

No obstante, a partir de lo revisado en la literatura, es preciso continuar indagando en las implicaciones y bondades de la evaluación adaptativa y la conformación de trayectorias personalizadas dado que aún no existe una definición universal sobre lo que implica la evaluación diagnóstica con fines adaptativos (Csapó & Molnár, 2019; Delgado et al., 2019; Javidanmehr y Sarab, 2017; Tan Geok Shim et al., 2017).

Con base en las respuestas de los alumnos, se entiende que la herramienta Lección de la plataforma Moodle, les permitió observar los beneficios de dicha herramienta para favorecer una evaluación con enfoque adaptativo. Es decir, como herramienta computacional, facilitó la medición de los conocimientos del estudiante y el nivel de desempeño en el que se encuentran de manera puntual y precisa. Esto concuerda con lo que Dziuban et al. (2016), Levitt y Dubner (2014) argumentan sobre los beneficios de aplicar un enfoque adaptativo como principio de aprendizaje para una educación efectiva. No obstante, aún se requiere de tecnologías con características propias del AA y enfocadas en competencias, de manera que otorguen información tanto al discente como al profesor en un corto lapso y de formas más automatizadas (Dziuban et al., 2016).

En tanto, a partir de los resultados relacionados con la personalización desde el informe de trayectoria, es preciso añadir un punto relacionado con las diferentes perspectivas, de estudiantes y profesores, sobre la utilidad de la información que estas trayectorias

arrojan. Fue interesante entender que los estudiantes apreciaron que la retroalimentación en sus reportes de trayectoria personalizada contuviera información más allá del simple señalamiento de errores. De hecho, en los reportes se incluyó información sobre el dominio de sus saberes, el nivel de desempeño alcanzado y los siguientes pasos para alcanzar el nivel esperado. Esta apreciación se entiende a la luz de lo que el enfoque de competencias y evaluación del desempeño determinan: es preciso estimar el nivel de desempeño desde el despliegue de diferentes saberes para hacer frente a situaciones complejas y transmitirlo claramente (Frey et al., 2012; Hancock, 2007).

En cuanto a la apreciación de los profesores sobre el proceso de evaluación adaptativa y su resultado reflejado en el reporte de trayectorias, se percibió que ellos esperaban observar con detenimiento los errores que cometieron los estudiantes en cada reactivo de manera independiente; sin considerar que un conjunto de ítems podría dar información integral sobre el alcance o no de un nivel de desempeño esperado. Esto podría derivar en la siguiente inferencia: los docentes requieren continuar capacitándose en el uso del enfoque por competencias y en la forma en que la retroalimentación se requiere. No obstante, se observó que los docentes sí comprenden la intención del aprendizaje adaptativo y sus implicaciones desde el diseño de la evaluación diagnóstica (Partners, 2013, citado en Murray y Pérez, 2015; Carter y Johnson, 2017, citado en Picciano, 2019).

## 5. Conclusiones

A lo largo de este trabajo se ha investigado cómo una prueba diagnóstica, con enfoque adaptativo, contribuye a la determinación de trayectorias de aprendizaje personalizadas, aplicado para fines de enseñanza y aprendizaje del álgebra en estudios de pregrado. La intención de este tipo de instrumentos es que conlleven a estimar el nivel de desarrollo de competencias relacionadas con el dominio del álgebra en educación superior. Por tanto, se observó que, mediante la prueba diseñada desde el enfoque de aprendizaje adaptativo, es viable realizar un diagnóstico personalizado y diferenciado. Es decir, es posible identificar la competencia y el nivel que se domina, así como lo que falta por aprender; con base en los errores conceptuales o procedimientos que manifieste el estudiante. Dicha información se comparte en las trayectorias de aprendizaje personalizadas, por medio del cual se precisa la instrucción y se identifica el posible avance que tendrá el discente en el curso.

En este orden de ideas, estudiar la evaluación con intención diagnóstica, desde el enfoque del aprendizaje adaptativo, ayudó a entender cómo diseñar trayectorias de aprendizaje personalizadas. Estas trayectorias se conforman por el dominio de las competencias, el nivel de dificultad que lo hace y los contenidos que faltan por atender. Asimismo, permitió identificar cómo dichas trayectorias coadyuvan en el proceso de aprendizaje del discente, ya que facilita un listado de necesidades a considerar para lograr el nivel de competencia esperado en la asignatura.

Aunado a lo anterior, la investigación evidenció la necesidad de contar con la participación de docentes del área disciplinar, pero con experiencia en aprendizajes adaptativos e intenciones de la evaluación. Esto debido a que se convirtieron en pieza clave para validar cómo un diseño diagnóstico podría facilitar la emisión de juicios de desempeño desde la expresión de las competencias. No obstante, una limitante del

estudio fue que, si bien los profesores que participaron son expertos en matemáticas, no tienen ningún conocimiento o experiencia con respecto al AA. Además, evidenciaron una concepción no adecuada de las intenciones de la evaluación.

Dicho lo anterior, las aportaciones de este estudio al conocimiento del aprendizaje adaptativo se centran en a) la sistematización del proceso de análisis de los datos, para establecer trayectorias de aprendizaje enfocadas en competencias de pregrado; b) evidencia empírica de cómo y de qué manera se favorece la integración de este con la evaluación diagnóstica para coadyuvar en el desarrollo de competencias de álgebra; c) el campo fértil para estudiar sistemas de aprendizaje adaptativo, enfocados en competencias del área de ciencias exactas de pregrado. Mientras que, en lo que respecta al conocimiento de la evaluación del aprendizaje (*learning assessment*), específicamente la intención diagnóstica, son: a) evidencia empírica de que, los datos que se obtienen de dichos juicios son de gran utilidad para el discente, como para el profesor; b) cómo usar la evaluación diagnóstica en entornos a distancia y digitales, usando tecnología educativa (aprendizaje adaptativo) y la taxonomía de Marzano y Kendall; c) cómo un instrumento con enfoque de aprendizaje adaptativo, favorece realizar un diagnóstico personalizado y diferenciado.

Con base en lo anterior, emergen preguntas que permitirán continuar con estudios futuros en esta misma línea: ¿de qué manera las intenciones de la evaluación contribuyen a un aprendizaje adaptativo de competencias matemáticas? ¿De qué manera una actividad de aprendizaje electrónica diseñada desde el enfoque adaptativo favorece el aprendizaje a distancia y digital, para la adquisición de competencias matemáticas? En cuanto a formación docente ¿cómo favorecer el uso del aprendizaje adaptativo para enriquecer las prácticas evaluativas que contribuyan al desarrollo de competencias matemáticas? ¿De qué manera las intenciones de la evaluación favorecen el aprendizaje adaptativo, para fortalecer prácticas que contribuyan al logro de saberes matemáticos en una modalidad a distancia y digital?

Presentación del artículo: 29 de mayo de 2022

Fecha de aprobación: 27 de octubre de 2022

Fecha de publicación: 31 de enero de 2023

Azcorra, V.G., y Gallardo, K. E. (2023). Personalización de un proceso de diagnóstico y retroalimentación para el desarrollo de competencias en álgebra intermedia. <i>RED. Revista de educación a distancia</i> , 21(66). <a href="http://dx.doi.org/10.6018/red.525741">http://dx.doi.org/10.6018/red.525741</a>
--

## **Financiación**

Este trabajo no ha recibido ninguna subvención específica de los organismos de financiación en los sectores públicos, comerciales o sin fines de lucro.

## Referencias

- Alade, O. M., & Omoruyi, I. V. (2014). Table of Specification and Its Relevance in Educational Development Assessment. *European Journal of Educational and Development Psychology*, 2(1), 1–17.
- Alamri, H., Lowell, V., Watson, W., & Watson, S. L. (2020). Using personalized learning as an instructional approach to motivate learners in online higher education: Learner self-determination and intrinsic motivation. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(3), 322–352. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1728449>
- Attwell, G. (2007). Personal Learning Environments - the future of eLearning? *Lifelong Learning*, 2(January), 1–8. <http://www.elearningeuropa.info/files/media/media11561.pdf>
- Ávila Clemente, V., Gil Pelluch, L., Gilabert, R., Maña, A., & Vidal-Abarca Gamez, E. (2016). ‘Método de Evaluación Dinámica Automatizado’ de Competencias Lectoras para Educación Secundaria. (EdiLEC). *Universitas Psychologica*, 15(1). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy15-1.meda>
- Baxter, P. and Jack, S. (2008) Qualitative Case Study Methodology: Study Design and Implementation for Novice Researchers. *The Qualitative Report*, 13, 544-559.
- Beltran Prieto Figueroa, L., Mosquera Uzcátegui José Lisandro Aguilar, D., & Diego Mosquera Uzcátegui José Lisandro Aguilar, A. (2019). *DE BARQUISIMETO ECO-CONECTIVISMO: MODELANDO EL CONOCIMIENTO CONECTIVO P 158 REVISTA ECO-CONECTIVISMO: MODELANDO EL CONOCIMIENTO CONECTIVO ECO-CONNECTIVISM: MODELING CONNECTIVE KNOWLEDGE* (Vol. 23).
- Csapó, B., & Molnár, G. (2019). Online diagnostic assessment in support of personalized teaching and learning: The eDia system. *Frontiers in Psychology*, 10(1), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01522>
- Delgado, D. G. L., Delgado, F. E. A., & Quiroz, P. M. Z. (2019). Permanent application of diagnostic assessment on learning teaching process. *International Journal of Linguistics, Literature and Culture*, 5(4), 34–45. <https://doi.org/10.21744/ijllc.v5n4.699>
- Dziuban, C. D., Moskal, P. D., Cassisi, J., & Fawcett, A. (2016). Adaptive Learning in Psychology : Wayfinding in the Digital Age. *Online Learning*, 20(3), 74–96.
- Dziuban, C., Moskal, P., Johnson, C., & Evans, D. (2017). Adaptive Learning : A Tale of Two Contexts. *Current Issues in Emerging ELearning*, 4(1), 25–62.
- Fives, Helenrose & DiDonato-Barnes, N. (2013). Classroom Test Construction: The Power of a Table of Specifications. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 18(3). <http://pareonline.net/getvn.asp?v=18&n=3>
- Frey, B. B., Schmitt, V. L., & Allen, J. P. (2012). Defining authentic classroom assessment. *Practical Assessment, Research and Evaluation*, 17(2), 1–18.
- Gallardo Córdova, K. E. (2013). *Evaluación del aprendizaje: retos y mejores prácticas*. Monterrey, Nuevo León. Editorial Digital del Tecnológico de Monterrey. Disponible en: <http://www.amazon.com/Evaluaci%C3%B3n-del-aprendizaje-mejores-pr%C3%A1cticas-ebook/dp/B00Q9TBTTM>
- Hancock, D. R. (2007). Effects of performance assessment on the achievement and motivation of graduate students. *Active Learning in Higher Education*, 8(3), 219–231. <https://doi.org/10.1177/1469787407081888>

- Isaac Agudo, Rubén Ríos, A. N. (2019). *SERA: Sistema para la Evaluación y Retroalimentación Automática de Prácticas*. <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/19588>
- Javidanmehr, Z., & Sarab, M. R. A. (2017). Cognitive diagnostic assessment: Issues and considerations. *International Journal of Language Testing*, 7(2), 73–98.
- Kemet, S., & Paul, D. W. (2021). Medical education in the time of COVID-19. *Academic Medicine*, 1085. <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000004003>
- Lemke, C. (2014). *Intelligent Adaptive Learning: An Essential Element of 21st Century Teaching and Learning*.
- Levitt, S. D., & Dubner, S. J. (2014). *Think like a freak*. New York, NY: HarperCollins.
- Liu, Z., Dong, L., & Wu, C. (2020). Research on personalized recommendations for students' learning paths based on big data. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(8), 40-56.
- Marzano, R., & Kendall, J. (2008). *Designing and assessing educational objectives: Applying the new taxonomy*.
- Miguel Román, J. A. (2020). La educación superior en tiempos de pandemia: una visión desde dentro del proceso formativo [Higher education in times of pandemic: a view from within the training process]. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 50(ESPECIAL), 13–40. <https://n9.cl/ov5w4>
- Morales, J. (2020). Oportunidad o Crisis Educativa: Reflexiones desde la Psicología para Enfrentar los Procesos de Enseñanza- Aprendizaje en Tiempos de Covid-19. *Revista Internacional de Educación Para La Justicia Social*, 9(3e), 1–9. <https://revistas.uam.es/riejs/article/download/12228/12091/31118%0Awww.rinace.net/riejs/revistas.uam.es/riejs>
- Murray, M. C., & Pérez, J. (2015). Informing and Performing: A Study Comparing Adaptive Learning to Traditional Learning Informing and Performing: A Study Comparing Adaptive Learning to Traditional Learning. *Informing Science: The International Journal of on Emerging Transdiscipline*, 18, 111–125. <https://digitalcommons.kennesaw.edu/facpubs/3436/>
- Palacios Núñez, M. L., Zuta, P. M., & Acosta, A. D. (2020). ¿Cómo formar la ciudadanía global desde entornos virtuales? El docente frente al trabajo colaborativo en tiempos de pandemia. *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 26(Vol. 20 Núm. 26 (2020)). <https://doi.org/10.47189/rcct.v20i26.428>
- Pane, J., Steiner, E., Baird, M., & Hamilton, L. (2015). *Continued Progress: Promising Evidence on Personalized Learning*. RAND Corporation. <https://doi.org/10.7249/RR1365>
- Patrick, S., Kennedy, K., & Powell, A. (2013). *Mean what you say: defining and integrating personalized, blended and competency education*. (Internatio). <https://eric.ed.gov/?id=ED561301>
- Pérez-Archundia, E. (2020). Desigualdad y rezago. El sistema educativo mexicano al desnudo frente a la pandemia del COVID-19 Inequality and lack. *Entramados*, 7(7), 36–41. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7507366>
- Picciano, A. G. (2019). Artificial intelligence and the Academy's loss of purpose. *Online Learning Journal*, 23(3), 270–284. <https://doi.org/10.24059/olj.v23i3.2023>
- SCOPUS (2021). Revisión de publicaciones arbitradas en el tema de Aprendizaje Adaptativo desde 2017. Recuperado de la base de datos de Scopus
- SMAILI, E. M., Khoudda, C., Sraidi, S., Azzouzi, S., & Charaf, M. E. H. (2022). An

- Innovative Approach to Prevent Learners' Dropout from MOOCs using Optimal Personalized Learning Paths: An Online Learning Case Study. *Statistics, Optimization & Information Computing*, 10(1), 45-58.
- Tan Geok Shim, G., Shakawi, A. M. H. A., & Azizan, F. L. (2017). Relationship between Students' Diagnostic Assessment and Achievement in a Pre-University Mathematics Course. *Journal of Education and Learning*, 6(4), 364–371. <https://doi.org/10.5539/jel.v6n4p364>
- UADY. (2012). *Modelo educativo para la formación integral*. Modelo Educativo Para La Formación Integral. <https://www.dgda.uady.mx/media/file/mefi.pdf>
- Wanichsan, D., Panjaburee, P., & Chookaew, S. (2021). Enhancing knowledge integration from multiple experts to guiding personalized learning paths for testing and diagnostic systems. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100013.
- Xie, H., Chu, H.-C., Hwang, G.-J., & Wang, C.-C. (2019). Trends and development in technology-enhanced adaptive/personalized learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2017. *Computers & Education*, 140, 103599. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103599>