

Evaluation of a Simulation-Based Educational Innovation for Training in Neuromotor and Cognitive Rehabilitation

Villarrubia Mariano Daniel¹, Gonzalez Rocío², Losano Cecilia³, Rodriguez Soledad⁴, Morera Luis Pedro⁵,
Rivarola Pablo⁶, Medrano Leonardo Adrián⁷

¹mariano.villarrubia@ues21.edu.ar, ²gonzalez.rocio@ues21.edu.ar, ³losano.cecilia@ues21.edu.ar,

⁴soledad.rodriguez@ues21.edu.ar, ⁵luis.morera@ues21.edu.ar, ⁶pablo.rivarola@ues21.edu.ar,

⁷leonardo.medrano@ues21.edu.ar

Universidad Siglo 21, Córdoba, Argentina

Abstract: *Interactive technologies can strengthen applied learning in neuromotor and cognitive rehabilitation, particularly when integrated into blended approaches combining conceptual preparation, simulation, and feedback. This study evaluated a technology-enhanced educational innovation that enables undergraduate students to practice assessment, intervention, and progress monitoring through simulation and real-time data. A descriptive post-intervention design was used (N = 27). Measures included self-reports of teaching quality, cognitive load, and academic goal progress, along with qualitative feedback. Results indicated a highly favorable evaluation of the experience and an adequate instructional design. Cognitive load showed a balanced profile, with low extraneous load and high germane load, suggesting efficient and meaningful learning processes, while intrinsic load reflected task complexity. Qualitative responses highlighted strong formative value and suggested improvements related to resources, infrastructure, and accessibility. Overall, findings support the perceived effectiveness of the innovation for enhancing applied learning and its potential for routine curricular implementation.*

Keywords: *educational innovation, simulation, active learning, cognitive load, eHealth*

Evaluación de una Innovación Educativa Basada en Simulación para la Formación en Rehabilitación Neuromotora y Cognitiva

Villarrubia Mariano Daniel¹, Gonzalez Rocío², Losano Cecilia³, Rodriguez Soledad⁴, Morera Luis Pedro⁵,

Rivarola Pablo⁶, Medrano Leonardo Adrián⁷

¹mariano.villarrubia@ues21.edu.ar, ²gonzalez.rocio@ues21.edu.ar, ³losano.cecilia@ues21.edu.ar,

⁴soledad.rodriguez@ues21.edu.ar, ⁵luis.morera@ues21.edu.ar, ⁶pablo.rivarola@ues21.edu.ar,

⁷leonardo.medrano@ues21.edu.ar

Universidad Siglo 21, Córdoba, Argentina

Resumen: Las tecnologías interactivas pueden fortalecer el aprendizaje aplicado en rehabilitación neuromotora y cognitiva, especialmente cuando se integran en enfoques mixtos que combinan preparación conceptual, simulación y retroalimentación. Este estudio evaluó una innovación educativa mediada por tecnología que permite a estudiantes de grado practicar la evaluación, intervención y monitoreo del progreso mediante simulación y análisis de datos en tiempo real. Se utilizó un diseño descriptivo post-intervención ($N = 27$). Se emplearon medidas de autoinforme sobre calidad de la enseñanza, carga cognitiva y progreso en metas académicas, junto con retroalimentación cualitativa. Los resultados indicaron una valoración altamente favorable de la experiencia y un diseño instruccional adecuado. La carga cognitiva mostró un perfil equilibrado, con baja carga extrínseca y alta carga pertinente, lo que sugiere procesos de aprendizaje eficientes y significativos, mientras que la carga intrínseca reflejó la complejidad de las tareas. Las respuestas cualitativas destacaron un fuerte valor formativo y señalaron mejoras vinculadas a recursos, infraestructura y accesibilidad. En conjunto, los hallazgos respaldan la efectividad percibida de la innovación para potenciar el aprendizaje aplicado y su potencial para su implementación curricular sistemática.

Palabras clave: innovación educativa, simulación, aprendizaje activo, carga cognitiva, eHealth.

I. INTRODUCCIÓN

La formación universitaria en Kinesiología y Fisioterapia enfrenta hoy un desafío doble: consolidar una base teórica sólida sobre control motor, neuroplasticidad y procesos cognitivos vinculados al desempeño funcional, y, al mismo tiempo, desarrollar competencias clínicas aplicables a escenarios de atención cada vez más complejos. En el campo de la rehabilitación neuromotora y cognitiva, esta tensión se vuelve especialmente relevante debido a la naturaleza multidimensional de la recuperación, el progreso del paciente depende de la interacción entre variables motoras (coordinación, control postural, velocidad, precisión, resistencia) y variables cognitivas (atención, planificación, memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva), que influyen de manera directa en el rendimiento funcional, la adherencia y la capacidad de transferencia a actividades de la vida diaria. En consecuencia, la enseñanza no puede limitarse a la adquisición

declarativa de contenidos, sino que debe promover un aprendizaje que conecte evaluación, razonamiento terapéutico, toma de decisiones y ajuste del tratamiento con criterios observables.

Desde una perspectiva pedagógica, existe una brecha entre la adquisición de conocimientos teóricos y el desarrollo de competencias clínicas aplicadas, parte de esta brecha se explica por el predominio histórico de estrategias de enseñanza con alta carga de aprendizaje pasivo, tales como la clase expositiva tradicional, la lectura guiada y la demostración no interactiva. Estas modalidades cumplen un rol relevante para introducir conceptos, organizar marcos interpretativos y asegurar un lenguaje disciplinar común; sin embargo, suelen ser insuficientes para entrenar desempeño clínico porque ofrecen oportunidades limitadas de práctica deliberada, análisis del error y retroalimentación inmediata. En contraste, la evidencia acumulada sostiene que el aprendizaje activo —mediante resolución de problemas, discusión guiada, simulación, aprendizaje basado en casos o trabajo colaborativo— se asocia con mejores resultados académicos y menor probabilidad de fracaso en educación superior, particularmente en áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) y de ciencias de la salud [1,2].

En este sentido, la diferencia crítica entre el aprendizaje pasivo y el activo no radica únicamente en participar más, sino en el tipo de procesamiento cognitivo que se activa, en efecto, los modelos contemporáneos describen un gradiente entre modos pasivos, activos, constructivos e interactivos, en el cual el aprendizaje mejora a medida que aumenta la elaboración y la interacción significativa con el material [3].

No obstante, en contextos clínicos complejos, una dicotomía rígida entre enseñanza pasiva y activa resulta poco productiva. En rehabilitación neuromotora y cognitiva, el aprendizaje activo necesita un andamiaje previo, configurado por criterios de evaluación, fundamentos teóricos y modelos de razonamiento que permitan interpretar el desempeño del paciente y transformar observaciones en decisiones terapéuticas. Dicho de otro modo, el aprendizaje pasivo —cuando es estructurado y estratégicamente ubicado— puede actuar como una base preparatoria necesaria para que la

práctica activa sea realmente formativa y no se convierta en una ejecución mecánica sin comprensión. En este marco, la calidad del diseño instruccional no depende de elegir una única modalidad, sino de integrar ambas en una secuencia pedagógica coherente que articule una preparación conceptual guiada (pasivo), la aplicación práctica con retroalimentación (activo), y la reflexión estructurada para consolidar aprendizajes.

En las últimas dos décadas, la simulación ha emergido como un recurso particularmente valioso para materializar este enfoque mixto. La simulación permite entrenar habilidades clínicas sin riesgo para pacientes, repetir tareas con variación controlada, observar el impacto de decisiones terapéuticas y crear condiciones sistemáticas de retroalimentación. La investigación en educación en salud describe características asociadas con experiencias de simulación efectivas, tales como *feedback*, práctica repetida, integración curricular, objetivos explícitos, progresión de dificultad y posibilidad de aprender de errores en un ambiente seguro [4]. A su vez, la evidencia de síntesis muestra que la simulación mejorada por tecnología se asocia consistentemente con mejoras de gran magnitud en conocimientos, habilidades y conductas clínicas, e incluso con efectos moderados sobre resultados relacionados con pacientes, en comparación con ausencia de intervención [5].

Un componente distintivo de las tecnologías educativas actuales en rehabilitación es que permiten incorporar interacción con ejercicios digitales y visualización de datos en tiempo real. En términos del aprendizaje, esto puede traducirse en retroalimentación inmediata sobre desempeño, trayectorias de progreso y patrones de error, lo que favorece procesos de autorregulación y ajuste estratégico. La retroalimentación formativa es ampliamente reconocida como uno de los factores con mayor potencial de impacto sobre el aprendizaje, siempre que sea oportuna, específica y orientada a acciones de mejora [6,7]. En formación clínica, estos principios resultan especialmente valiosos porque el estudiante aprende no solo qué hacer, sino también cómo saber si lo está haciendo bien, esto favorece un estilo de razonamiento terapéutico basado en criterios observables y no exclusivamente en impresiones subjetivas. En rehabilitación, además, el trabajo con datos puede fortalecer habilidades que hoy son centrales en el sistema sanitario, como la interpretación de indicadores, el seguimiento longitudinal y la toma de decisiones basada en resultados.

Sin embargo, el potencial de estas propuestas depende de una implementación pedagógicamente cuidada. La teoría de la carga cognitiva advierte que el aprendizaje puede deteriorarse cuando la demanda mental supera los recursos disponibles en memoria de trabajo, especialmente en estudiantes que aún no automatizaron esquemas básicos del dominio [8]. En experiencias formativas con entornos interactivos, el estudiantado puede necesitar integrar simultáneamente múltiples fuentes de información (instrucciones, objetivos terapéuticos, parámetros del ejercicio, lectura de métricas, toma de decisiones), lo cual aumenta el esfuerzo mental. Por

ello, una innovación educativa eficaz en rehabilitación no solo debe ser atractiva o tecnológica, sino que debe equilibrar cuidadosamente: (a) preparación conceptual previa (aprendizaje pasivo guiado), (b) práctica aplicada con *feedback* (aprendizaje activo), y (c) instancias de reflexión que consoliden el aprendizaje y reduzcan la sobrecarga.

En este marco, se implementó una innovación educativa mediante una herramienta tecnológica diseñada para que los estudiantes puedan experimentar de manera práctica procesos de evaluación y rehabilitación neuromotora y cognitiva dentro del aula. La propuesta se orienta a fortalecer la comprensión de la lógica terapéutica a través de la interacción con ejercicios digitales, el ajuste de parámetros y la interpretación de datos de desempeño en tiempo real. Desde una mirada formativa, este tipo de recurso busca reducir la distancia entre el saber conceptual y el saber clínico procedimental, promoviendo una experiencia donde el estudiante no solo observa o memoriza, sino que analiza, decide, ejecuta y corrige en un entorno seguro, con criterios explícitos de desempeño. Esta lógica se alinea con enfoques que señalan el valor de la práctica deliberada y la retroalimentación para el desarrollo de desempeño experto, especialmente cuando existen oportunidades estructuradas de repetición y ajuste progresivo [4,9].

En consecuencia, el objetivo del presente estudio fue evaluar la eficacia de esta innovación educativa para el aprendizaje de evaluación y rehabilitación neuromotora y cognitiva en estudiantes de grado, considerando su implementación bajo un modelo combinado de aprendizaje pasivo-activo [1,2]. De esta manera, el estudio busca aportar evidencia sobre el valor formativo de integrar tecnologías interactivas en rehabilitación, identificando no solo su aceptación, sino también condiciones didácticas relevantes para maximizar aprendizaje significativo, aplicabilidad clínica y sostenibilidad curricular [3,5].

II. METODOLOGÍA

A. Diseño del estudio

Se realizó un estudio cuantitativo-cualitativo de alcance descriptivo, con un diseño post-intervención, orientado a evaluar la eficacia percibida de una innovación educativa mediada por tecnología en el contexto de la formación universitaria en rehabilitación neuromotora y cognitiva. El diseño se estructuró para caracterizar la experiencia formativa del estudiantado, considerando indicadores de calidad instruccional en simulación, demanda cognitiva asociada a la actividad, percepción de progreso académico y apreciaciones cualitativas sobre utilidad y oportunidades de mejora.

B. Contexto y escenario de implementación

La intervención se implementó durante el segundo semestre de 2025 en el marco de asignaturas de la Licenciatura en Kinesiología y Fisioterapia, vinculadas con la formación en neurodesarrollo, prácticas clínicas y rehabilitación computacional. La experiencia se desarrolló en un entorno áulico/universitario, con instancias de preparación

conceptual y trabajo práctico aplicado mediante una herramienta tecnológica interactiva.

C. Participantes

La muestra estuvo compuesta por 27 estudiantes que participaron de la experiencia y respondieron íntegramente los instrumentos de evaluación post-intervención. La selección fue de tipo no probabilística por conveniencia, determinada por la participación en la actividad formativa y la disponibilidad para completar la evaluación.

D. Criterios de inclusión y exclusión

Participación en la instancia práctica de simulación y respuesta completa del protocolo de evaluación post-intervención.

E. Descripción de la innovación educativa

La innovación consistió en la integración de una herramienta tecnológica interactiva que permite simular procesos de evaluación y rehabilitación neuromotora y cognitiva mediante ejercicios digitales parametrizables y visualización de indicadores de desempeño. La propuesta fue diseñada para apoyar un enfoque combinado de aprendizaje pasivo-activo, que incluyó:

- 1) una fase de preparación conceptual guiada, orientada a establecer objetivos terapéuticos y criterios de observación, y
- 2) una fase de aplicación práctica, donde el estudiantado interactuó con ejercicios, registró y analizó datos y reflexionó sobre decisiones de intervención y progreso.

F. Instrumentos de evaluación

Para evaluar la eficacia de la innovación, se aplicó un protocolo de instrumentos que integró medidas cuantitativas y cualitativas:

1) *Escala de Evaluación de la Enseñanza Basada en Simulación para el Entrenamiento de Habilidades Técnicas (ESIMHAT)*. Se utilizó para valorar la experiencia formativa basada en simulación, considerando dimensiones asociadas a Preparación y Reflexión posteriores a la actividad. La escala permite obtener un puntaje total y puntajes por dimensión, interpretables en rangos de calidad global de la experiencia [10].

2) *Escala de Carga Cognitiva*. Se aplicó con el objetivo de estimar la demanda mental experimentada durante la actividad, diferenciando componentes de carga intrínseca, carga extraña y carga pertinente, en línea con la conceptualización contemporánea de la teoría de carga cognitiva. Esta medida permitió identificar si la complejidad de la tarea (intrínseca) y/o elementos del diseño instruccional (extraña) influían en la experiencia, así como el grado en que el esfuerzo se orientaba efectivamente al aprendizaje (pertinente).

3) *Cuestionario de Progreso en Metas Académicas*. Se utilizó un instrumento breve compuesto por tres ítems, orientado a relevar el avance percibido en metas académicas vinculadas al aprendizaje de contenidos y desempeño en el marco de la signatura.

4) *Preguntas abiertas de evaluación cualitativa*. Se incluyeron preguntas abiertas para recuperar percepciones sobre la utilidad global de la innovación, fortalezas, dificultades operativas y sugerencias de mejora para optimizar su integración pedagógica.

G. Procedimiento de recolección de datos

Finalizada la experiencia educativa, se administró el protocolo de evaluación post-intervención. La participación fue voluntaria y se resguardó la confidencialidad de las respuestas. El protocolo se aplicó en un único momento de medición, con el objetivo de capturar una evaluación inmediata del proceso formativo y de la interacción con el entorno tecnológico.

H. Estrategia de análisis

El análisis integró dos componentes:

- *Análisis cuantitativo*: se calcularon estadísticos descriptivos (porcentajes de respuesta por ítem y, cuando correspondió, medidas de tendencia central y dispersión). Para facilitar la interpretación, se definieron respuestas favorables según criterios de agrupación de categorías altas de acuerdo con cada escala, y se reportaron patrones globales y por dimensión (ESIMHAT; carga cognitiva; progreso académico).
- *Análisis cualitativo*: las respuestas abiertas se procesaron mediante análisis temático, identificando unidades de significado y agrupándolas en categorías emergentes (por ejemplo, utilidad percibida, sugerencias operativas, condiciones de implementación, mejoras deseables). Posteriormente, se reportaron temas recurrentes y su frecuencia relativa como complemento interpretativo de los hallazgos cuantitativos.

I. Consideraciones éticas

La evaluación se realizó con fines académicos y de mejora educativa, respetando el carácter voluntario de la participación y la confidencialidad de los datos. El reporte de resultados se efectuó de manera agregada, sin identificación individual.

III. RESULTADOS

A. Evaluación de la enseñanza basada en simulación

La experiencia educativa mediada por simulación fue valorada globalmente como muy buena, de acuerdo con el puntaje total obtenido en la ESIMHAT ($M = 49,9$; $DE = 2,47$). Este resultado se ubicó dentro del rango superior de interpretación de la escala y refleja una percepción altamente favorable del entorno instruccional, la organización de la actividad y el aporte formativo de la experiencia.

En la dimensión Preparación, los ítems presentaron un nivel de respuestas favorables muy elevado (rango aproximado 90–100%), lo que sugiere que el estudiantado percibió claridad en la consigna, pertinencia del encuadre pedagógico y condiciones iniciales adecuadas para iniciar la experiencia práctica. Este patrón es consistente con una implementación donde la fase de aprendizaje pasivo (preparación conceptual y criterios de trabajo) cumplió un rol

funcional como andamiaje para la fase activa (simulación aplicada).

En la dimensión Reflexión, los ítems también evidenciaron una evaluación positiva, lo que indica que la innovación favoreció procesos de análisis posterior de la experiencia, articulación teoría-práctica y revisión del desempeño. Este hallazgo es particularmente relevante en contextos de rehabilitación neuromotora y cognitiva, donde la comprensión de un procedimiento no se limita a ejecutar correctamente ejercicios, sino a interpretarlos y justificarlos dentro de una lógica terapéutica basada en objetivos y progresión.

En conjunto, los resultados de ESIMHAT respaldan que la innovación fue percibida como una experiencia didácticamente sólida, con un perfil consistente con aprendizaje significativo mediado por simulación.

B. Carga cognitiva percibida

En la Escala de Carga Cognitiva se observó un perfil mayormente favorable, con diferencias entre componentes que resultan coherentes con la naturaleza del dominio de aprendizaje.

En relación con la Carga intrínseca, se observó un nivel comparativamente menor de respuestas favorables (47,1%), en comparación con las otras dos dimensiones de la escala. Este resultado sugiere que una proporción relevante del estudiantado percibió la tarea como exigente desde el punto de vista conceptual y procedimental. Dado que los contenidos neuromotores y cognitivos suelen implicar integración simultánea de evaluación, razonamiento clínico, ejecución y toma de decisiones, este hallazgo puede interpretarse como una señal de complejidad inherente a la actividad, más que como un problema de implementación.

Por otra parte, la Carga extraña presentó un patrón favorable (82,4% de respuestas positivas), lo cual indica que la estructura de la experiencia, la comunicación de instrucciones y la lógica de la actividad minimizaron barreras innecesarias para el aprendizaje. En términos de diseño instruccional, este componente sugiere que la propuesta efectivamente evitó sobrecarga atribuible a elementos aleatorios, tales como ambigüedad en las consignas, desorganización, falta de guía o interferencias en la tarea.

Finalmente, la Carga pertinente alcanzó un nivel muy alto de respuestas favorables (94,1%), lo que sugiere que el esfuerzo cognitivo del estudiantado se orientó predominantemente a comprender y aprender, en lugar de invertirse en resolver dificultades accesorias. En otras palabras, la demanda mental estuvo alineada con el logro formativo, reforzando la idea de una experiencia cognitivamente productiva.

En síntesis, el perfil de carga cognitiva sugiere un equilibrio adecuado del diseño, caracterizado por alta carga pertinente, baja/aceptable carga extraña, y carga intrínseca moderada/alta esperable para una actividad clínicamente compleja.

C. Progreso en metas académicas

En el cuestionario de Progreso en Metas Académicas, los resultados mostraron una tendencia global positiva en la percepción de avance, particularmente en el fortalecimiento de la comprensión de los contenidos abordados y su aplicabilidad a tareas clínicas. Este hallazgo resulta consistente con la valoración alta en ESIMHAT y con el patrón de carga pertinente elevado, es decir, sugiere que el estudiantado percibió que el tiempo invertido se tradujo en aprendizaje útil para su formación.

D. Resultados cualitativos: utilidad y oportunidades de mejora

Las respuestas abiertas complementaron los indicadores cuantitativos, aportando evidencia sobre la experiencia desde la perspectiva del estudiantado. De forma general, emergieron cuatro ejes principales.

El primer eje, destacó la utilidad formativa y aplicabilidad clínica de la propuesta. Los estudiantes afirmaron que esta brindó la posibilidad de comprender procesos de evaluación e intervención mediante una experiencia concreta, interactiva y vinculada a toma de decisiones, con un valor diferencial frente a instancias exclusivamente teóricas.

El segundo eje versó sobre el valor de la práctica guiada para la consolidación del aprendizaje. Aquí se reportó que la experiencia permitió “bajar a la práctica” conceptos disciplinares, lo cual favoreció la conexión entre teoría y ejecución terapéutica.

El tercer tópico destacado por los estudiantes fue la necesidad de ampliar disponibilidad y continuidad de la estrategia educativa. Se sugirió incrementar el tiempo o frecuencia de uso, y expandir la integración en más asignaturas o instancias formativas, especialmente en materias con alto componente clínico.

Por último, los encuestados refirieron a aspectos de implementación operativa, señalaron oportunidades de mejora vinculadas a conectividad, espacios de uso y condiciones de accesibilidad que faciliten una implementación más fluida, sostenida y escalable.

IV. DISCUSIÓN

Los hallazgos del presente estudio muestran que la innovación educativa mediada por tecnología interactiva fue percibida como altamente eficaz para favorecer el aprendizaje aplicado en evaluación y rehabilitación neuromotora y cognitiva en estudiantes de grado. La valoración global muy buena observada en la escala ESIMHAT sugiere que la propuesta logró sostener condiciones instruccionales consideradas centrales para un aprendizaje significativo en escenarios de simulación, particularmente en términos de preparación previa y reflexión posterior. Este resultado es consistente con la evidencia que sostiene que el impacto de la simulación en educación en salud depende en gran medida de su calidad pedagógica —claridad de objetivos, organización, posibilidad de práctica y espacios de análisis— y no únicamente de la presencia de tecnología [4]. En la misma línea, revisiones sistemáticas y metaanálisis han mostrado que

la simulación enriquecida con tecnología produce mejoras relevantes en conocimientos y habilidades, y, en consecuencia, refuerza su utilidad como estrategia formativa complementaria en carreras de la salud [5].

Un aspecto particularmente relevante de los resultados es que la experiencia fue bien evaluada tanto en indicadores vinculados a la estructuración inicial de la tarea como en aquellos asociados a la reflexión sobre el desempeño. Esto resulta coherente con un enfoque de aprendizaje pasivo-activo, donde una fase inicial de preparación conceptual guiada funciona como andamiaje para la fase de práctica aplicada. La literatura sobre aprendizaje activo muestra de manera consistente que la participación del estudiante en actividades cognitivamente demandantes —como resolución de problemas, análisis de casos o prácticas guiadas— se asocia con mejoras académicas superiores en comparación con modelos centrados únicamente en exposición [1,2]. Sin embargo, en dominios clínicos complejos, el aprendizaje activo sin estructuras previas puede aumentar confusión y esfuerzos improductivos; por ello, una integración equilibrada entre preparación (más receptiva/pasiva) y práctica aplicada (activa) es una estrategia pedagógicamente sólida, especialmente cuando el objetivo no es solo hacer, sino comprender la lógica terapéutica que fundamenta la intervención.

La interpretación del perfil de carga cognitiva aporta evidencia adicional sobre la eficacia del diseño instruccional. La presencia de carga pertinente elevada y carga extraña favorable sugiere que el esfuerzo mental se orientó prioritariamente a aprender y construir esquemas, más que a resolver dificultades accesorias derivadas de instrucciones ambiguas o de una organización deficiente. Esto es relevante porque la teoría de la carga cognitiva advierte que el aprendizaje en tareas complejas puede deteriorarse cuando el diseño instruccional introduce demandas evitables que consumen recursos de memoria de trabajo sin aportar valor formativo[8]. En este sentido, el hallazgo de una carga extraña mayormente favorable sugiere que la innovación logró reducir interferencias innecesarias y sostener una experiencia eficiente desde el punto de vista cognitivo. En contraste, la menor favorabilidad en carga intrínseca es compatible con la complejidad inherente del aprendizaje neuromotor y cognitivo, donde el estudiantado debe integrar simultáneamente objetivos terapéuticos, criterios de evaluación, ejecución de tareas y lectura de indicadores, lo que naturalmente incrementa la demanda mental. Lejos de ser un resultado negativo en sí mismo, este componente puede interpretarse como evidencia de que la experiencia situó al estudiantado en un nivel de desafío clínicamente realista, aunque sugiere la conveniencia de fortalecer estrategias de progresión y segmentación de tareas para facilitar la adaptación de estudiantes con menor experiencia práctica.

El componente de interacción con ejercicios digitales y análisis del desempeño en tiempo real también puede explicar parte de la percepción positiva del progreso académico y de la utilidad general expresada en las respuestas abiertas. En

educación en salud, la retroalimentación inmediata y orientada a acciones se asocia con mejoras en desempeño, comprensión y autorregulación, siempre que sea específica, oportuna y vinculada a criterios claros de mejora [6,7]. En rehabilitación, además, la posibilidad de observar indicadores de desempeño y sus variaciones favorece el razonamiento clínico basado en evidencia observable, contribuyendo a formar profesionales más preparados para entornos de salud progresivamente digitalizados. Complementariamente, el enfoque puede ser interpretado como un marco de práctica deliberada, ya que ofrece un espacio repetible de entrenamiento, con objetivos definidos, retroalimentación y oportunidades de ajuste progresivo, componentes reconocidos como claves para el desarrollo de desempeño experto [9].

Las respuestas cualitativas fortalecen esta interpretación al señalar no solo satisfacción con la experiencia, sino también una percepción de utilidad formativa vinculada a la conexión entre teoría y práctica. Al mismo tiempo, los comentarios sobre conectividad, espacio, disponibilidad y accesibilidad advierten sobre el riesgo de que la eficacia pedagógica se vea limitada cuando no se acompaña de condiciones operativas que permitan su continuidad y escalabilidad. Desde una lógica de mejora continua, estos hallazgos entregan criterios concretos para optimizar la implementación futura.

Estos resultados deben analizarse considerando limitaciones metodológicas relevantes. Al tratarse de un diseño descriptivo post-intervención, los hallazgos no permiten establecer relaciones causales ni comparar el impacto con modalidades tradicionales o con un grupo control. Asimismo, el estudio se centró en medidas de experiencia y eficacia percibida, por lo que futuras investigaciones deberían incorporar indicadores objetivos de desempeño (por ejemplo, medidas pre-post, rúbricas de habilidades clínicas o evaluaciones estandarizadas) para estimar con mayor precisión el efecto sobre competencias clínicas transferibles. Aun así, la consistencia entre los resultados cuantitativos y cualitativos constituye un soporte razonable para afirmar que la innovación evaluada representa una estrategia pertinente para fortalecer el aprendizaje aplicado en rehabilitación neuromotora y cognitiva bajo un modelo pedagógico integrado. En adelante, se recomienda avanzar hacia diseños comparativos y longitudinales que permitan analizar transferencia, retención y optimización progresiva de la carga intrínseca mediante secuencias didácticas graduadas.

V. CONCLUSIONES

La evaluación de esta innovación educativa mediada por tecnología interactiva evidencia resultados favorables en términos de eficacia percibida para apoyar el aprendizaje de evaluación y rehabilitación neuromotora y cognitiva en estudiantes de grado. En primer lugar, la experiencia fue valorada globalmente como muy buena, lo que sugiere que la propuesta logró consolidar condiciones pedagógicas adecuadas para el aprendizaje en simulación, particularmente en aspectos asociados a la preparación previa, la organización

de la actividad y la reflexión posterior. Este punto es relevante porque indica que la implementación no se limitó a incorporar un recurso tecnológico, sino que se integró dentro de una estructura didáctica coherente y funcional para la formación clínica.

En segundo lugar, el perfil de carga cognitiva observado respalda la calidad del diseño instruccional: la carga pertinente se mantuvo alta, lo que implica que el esfuerzo mental del estudiantado se orientó principalmente a procesos formativos significativos, mientras que la carga extraña se ubicó en un nivel favorable, lo que sugiere que la intervención evitó obstáculos innecesarios que pudieran entorpecer el aprendizaje. En contraste, la menor favorabilidad en carga intrínseca resulta consistente con la complejidad propia del dominio neuromotor y cognitivo, y representa una señal útil para optimizar futuras implementaciones mediante estrategias de progresión gradual, segmentación de tareas y apoyos instruccionales que faciliten la comprensión sin reducir la exigencia clínica.

En tercer lugar, las respuestas cualitativas destacaron su utilidad para conectar teoría y práctica, favorecer el razonamiento terapéutico y fortalecer la interpretación de desempeño a partir de indicadores. Al mismo tiempo, las sugerencias del estudiantado aportan criterios concretos para la mejora continua, especialmente en términos de infraestructura, accesibilidad, conectividad y ampliación de disponibilidad, aspectos críticos para asegurar sostenibilidad y escalabilidad curricular.

En conjunto, los resultados sostienen que este tipo de innovación constituye una estrategia pertinente para fortalecer el aprendizaje aplicado en rehabilitación neuromotora y cognitiva, particularmente cuando se implementa bajo un enfoque integrado de aprendizaje pasivo-activo con retroalimentación estructurada. Finalmente, se recomienda que futuras evaluaciones incorporen diseños comparativos y medidas objetivas de desempeño (por ejemplo, pre-post y evaluación estandarizada de habilidades clínicas), con el fin de complementar la evidencia de eficacia percibida y estimar con mayor precisión el impacto en competencias transferibles a escenarios asistenciales reales.

REFERENCIAS

- [1] Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- [2] Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- [3] Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>
- [4] Issenberg, S. B., McGaghie, W. C., Petrusa, E. R., Gordon, D. L., & Scalese, R. J. (2005). Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: A BEME systematic review. *Medical Teacher*, 27(1), 10–28. <https://doi.org/10.1080/01421590500046924>
- [5] Cook, D. A., Hatala, R., Brydges, R., Zendejas, B., Szostek, J. H., Wang, A. T., Erwin, P. J., & Hamstra, S. J. (2011). Technology-enhanced simulation for

- health professions education: A systematic review and meta-analysis. *JAMA*, 306(9), 978–988. <https://doi.org/10.1001/jama.2011.1234>
- [6] Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- [7] Shute, V. J. (2008). Focus on formative feedback. Review
- [8] van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. (2010). Cognitive load theory in health professional education: Design principles and strategies. *Medical Education*, 44(1), 85–93. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2009.03498.x>
- [9] Ericsson, K. A., Krampe, R. T., & Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100(3), 363–406. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.100.3.363>
- [10] Latugaye, D., & Bonorino, C. A. (2025). Una herramienta para evaluar la enseñanza basada en simulación para el entrenamiento de habilidades técnicas. *Educación Médica*, 26(1), 100968. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2024.100968>
- [11] Cook, D. A., Hatala, R., Brydges, R., Zendejas, B., Szostek, J. H., Wang, A. T., Erwin, P. J., & Hamstra, S. J. (2011). Technology-enhanced simulation for health professions education: A systematic review and meta-analysis. *JAMA*, 306(9), 978–988. <https://doi.org/10.1001/jama.2011.1234>