

EL MODELO TPACK Y LA PRÁCTICA DELIBERADA EN EL AJEDREZ

THE TPACK MODEL AND DELIBERATE PRACTICE IN CHESS

Recibido: 30/10/2025 - Aceptado: 16/06/2026

Anderson Paul Quizhpi López

Magister en Educación, Tecnología e Innovación
Universidad Politécnica Estatal del Carchi

anderson.quizhpi@upec.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0008-9264-2129>

Dennys Andrés Bolaños Tobar

Docente de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Tulcán – Ecuador

Master Universitario en Desarrollo Integral de Destinos Turísticos
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

dennys.bolanios@upec.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5273-8408>

Como citar este artículo:

Quizhpi, A., & Bolaños, D. (julio - diciembre 2026). El modelo TPACK y la práctica deliberada en el ajedrez. *Sathiri*, 21 (2), 82 – 102. <https://doi.org/10.32645/13906925.1490>



Resumen

La integración de nuevas tecnologías en el campo educativo demanda la correcta articulación del dominio disciplinar, pedagógico y tecnológico. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo proponer una guía de estrategias tecnológicas en base al modelo TPACK para fortalecer la práctica deliberada de ajedrez en los estudiantes de la Casa de la Juventud. Para ello fue necesario identificar las competencias disciplinares, pedagógicas y tecnológicas del docente para enseñar ajedrez y, a su vez, analizar el rendimiento ajedrecístico de los estudiantes a partir de los principios de la práctica deliberada. Se empleó un enfoque mixto, aplicando una entrevista al docente y una encuesta a los 76 estudiantes que conforman la escuela de ajedrez. La aplicación de los instrumentos tuvo la validación de expertos en el campo educativo. Los resultados evidenciaron que el docente posee un sólido conocimiento disciplinar y pedagógico para la enseñanza del ajedrez, sin embargo, se determinó una limitada aplicación de la tecnología en los entrenamientos. En cuanto a los estudiantes, se evidenció que el 76,3% y 88,2% de los estudiantes dedican sus horas prácticas a los entrenamientos y también en solitario, percibiendo altos niveles de objetivos definidos, motivación y realimentación constante, aunque las oportunidades de repetir no fueron sistemáticas para todos. A partir de los hallazgos, se generaron estrategias tecno pedagógicas orientadas a fortalecer la práctica deliberada apoyada en herramientas digitales. Se recomienda continuar esta línea de investigación ampliando el uso pedagógico de la tecnología en la formación ajedrecística

Palabras clave: modelo TPACK, práctica deliberada, ajedrez

Abstract

The integration of new technologies in the educational field demands the proper articulation of disciplinary, pedagogical, and technological domains. Therefore, this study aimed to propose a guide of technological strategies based on the TPACK model to strengthen the deliberate practice of chess among students at the Casa de la Juventud. To achieve this, it was necessary to identify the teacher's disciplinary, pedagogical, and technological competencies for teaching chess and to analyze students' chess performance based on the principles of deliberate practice. A mixed-methods approach was employed, including an interview with the teacher and a survey administered to 76 students enrolled in the chess school. The instruments used were validated by experts in the educational field. The results revealed that the teacher possesses strong disciplinary and pedagogical knowledge for chess instruction; however, the use of technology in training sessions was found to be limited. Regarding the students, 76.3% and 88.2% reported dedicating their practice hours to both guided training and individual sessions, showing high levels of goal orientation, motivation, and consistent feedback, although opportunities for repetition were not systematic for all. Based on these findings, techno-pedagogical strategies were developed to enhance deliberate practice through digital tools. It is recommended to continue this line of research by expanding the pedagogical use of technology in chess training.

Keywords: TPACK model, deliberate practice, chess

Introducción

Actualmente, el sistema educativo debe adaptarse a las demandas de la sociedad digital debido a la integración de las nuevas tecnologías en el proceso de enseñanza–aprendizaje. En este proceso, es necesario superar barreras como la resistencia al cambio, la brecha digital y la preparación del docente (Alcívar y Barcía, 2022; Olmedo et al., 2024). De acuerdo con investigaciones previas, la aplicación de las TIC en el aula debe garantizar un enfoque pedagógico que permita articular ciencia, tecnología y arte para un aprendizaje activo, aunque su aplicación requiere tiempo, apoyo y la experiencia del docente (Khushk et al., 2023).

En este sentido, la formación del docente resulta imprescindible para sobrepasar los paradigmas tradicionales y construir nuevos modelos pedagógicos que fomenten la participación del estudiante y, con ello, la calidad educativa (Imbernón, 2024; Handayani et al., 2023). El modelo TPACK representa una propuesta integral mediante la cual se puede facilitar la integración de la tecnología en los propios procesos de enseñanza, lo cual fomenta el aprendizaje de los estudiantes (Gaitán et al., 2023).

El modelo TPACK se ha situado como una de las principales propuestas para la formación docente en la educación superior debido a su equilibrada integración de los componentes pedagógicos, tecnológicos y disciplinares. Gracias a ello, es posible facilitar a los docentes el diseño de experiencias de aprendizaje más significativas y acertadas respecto las demandas del siglo XXI (Mármol et al., 2025; Younis, 2024). La aplicación de este modelo contribuye al fortalecimiento de las competencias digitales, especialmente para afrontar complicaciones como la resolución de problemas tecnológicos, la creación de contenido y la alfabetización informacional, los cuales resultan importantes en los entornos educativos innovadores (Mucho et al., 2023).

Sin embargo, la enseñanza es un proceso que exige un esfuerzo por parte de los docentes, porque esto les permite fortalecer y compartir sus conocimientos en diferentes casos y contextos. Para lograr un buen nivel de enseñanza hay que acceder a nuevos conocimientos, que sean ordenados, íntegros y que se relacionen con las capacidades de aprendizaje del estudiante de tal manera que se genere un aprendizaje significativo. (Shulman, 1987; Ausubel, 1968). Una simple introducción de la tecnología en el proceso educativo no es suficiente; al contrario, la enseñanza con herramientas tecnológicas puede ser complicada cuando se presentan desafíos para el docente. Por ello, es importante considerar la enseñanza como una interacción entre el conocimiento del docente y su aplicación dentro del aula (Koehler et al., 2013).

Rosero (2024), en su estudio menciona que el modelo TPACK puede fomentar la comprensión lectora en estudiantes de octavo año. En los resultados se logró determinar que los estudiantes que trabajaron en base al modelo TPACK consiguieron mejores resultados en las pruebas finales a comparación del método tradicional de enseñanza. Esto sugiere que integrar tecnología y nuevas formas de enseñar, además del conocimiento propio de la materia, puede hacer que los estudiantes comprendan mejor lo que leen.

Además de la literatura, el modelo TPACK puede aplicarse en otras áreas a través de guías adaptadas a las necesidades del campo de estudio. Bonifaz y Castillo (2025) proponen en su estudio una guía en base al modelo TPACK para mejorar la enseñanza en estadística. Aquí se destaca la necesidad de fortalecer las necesidades digitales de los docentes por medio del uso de software y la integración efectiva de herramientas digitales.

Por otro lado, López y Tulcán (2025) mencionan que la integración del modelo TPACK en la enseñanza de química resulta muy factible debido a que reúnen elementos como recursos didácticos y evaluaciones que benefician al estudiante en el proceso de aprendizaje. En los resultados del estudio se determinó que la integración de la tecnología, más los conocimientos pedagógicos y disciplinares, facilitan el aprendizaje y mejoran el rendimiento de los estudiantes y las competencias de los docentes.

Es importante desarrollar y proporcionar guías que faciliten la implementación de modelos de enseñanza para los docentes, así pueden aprender y aplicar gradualmente cada modelo en su proceso de enseñanza. Suarez et al. (2023), en su estudio, propuso una guía en base al modelo TPACK para la enseñanza-aprendizaje de bioquímica. El propósito fue aprovechar los contenidos que conforman el modelo y adaptarlo a los contenidos de la bioquímica y así evaluar el proceso educativo en la asignatura. Los resultados mostraron que la implementación de este modelo mejoró la motivación y compromiso de los estudiantes, ya que la comprensión de temas complejos se resolvió con una correcta planificación de los temas, más la combinación de las herramientas digitales.

Con respecto al ajedrez, Medina et al. (2024) analizan cómo esta disciplina puede fortalecer el nivel de razonamiento, atención y memoria en niños de primaria. Los resultados mostraron que el grupo que recibió las clases de ajedrez en su horario curricular obtuvo puntuaciones más altas en los indicadores de memoria, y presentó un aumento en los niveles de atención, identificación y recuperación de estímulos. Esto sugiere que el ajedrez refuerza procesos como la codificación y almacenamiento de información, especialmente en contextos con significado asociativo.

Nanu et al. (2023) destacaron cómo el ajedrez puede generar un impacto emocional en los estudiantes que practicaban este deporte, lo que determina altos niveles de confianza, resiliencia y superación a frustraciones y ansiedad durante el juego. También se mostraron niveles por parte de los padres los cuales subrayaron al ajedrez como un recurso educativo integral.

Alifirov et al. (2018) analizaron el efecto del ajedrez en el desarrollo intelectual de estudiantes universitarios mediante un diseño cuasiexperimental. El grupo experimental, compuesto por 38 estudiantes, participó en un curso de ajedrez, mientras que el grupo control, con 34 estudiantes, no recibió intervención.

Los resultados mostraron que el grupo experimental incrementó su coeficiente intelectual (IQ) en un 14%, pasando de 96.0 a 111.0 puntos, y mejoró de un nivel “promedio” a “bueno” en la escala de Wechsler. Además, se observaron mejoras en habilidades cognitivas como el pensamiento divergente, la gestión de la fatiga y la capacidad de análisis. El estudio concluye que la práctica regular de ajedrez es una herramienta efectiva para estimular el desarrollo intelectual en el ámbito universitario y recomienda su implementación generalizada para optimizar la formación profesional y el desarrollo integral de los estudiantes.

El ajedrez no solo se asocia con el desarrollo cognitivo, también se relaciona con los valores sociales. Tanajyan et al. (2021) exploran el papel del ajedrez como asignatura escolar y sus beneficios en el desarrollo de valores sociales en estudiantes de primaria. Los resultados del estudio mostraron que el 43% de los niños ubicaron el ajedrez entre sus tres materias favoritas. Además, se observó que los niños con mayor rendimiento en ajedrez mostraban mayor capacidad de concentración, honestidad y propósito. También demostraron habilidades como el pensamiento lógico, la creatividad, la previsión, la cooperación y la disciplina.

Los estudios mencionados sugieren que el ajedrez puede ser una herramienta valiosa para el desarrollo cognitivo y social, por lo que recomiendan su inclusión en los primeros años escolares

para sentar bases sólidas en el pensamiento alternativo y la resolución de problemas. También propone la creación de centros de apoyo escolar para fortalecer la enseñanza del ajedrez y mejorar la interacción entre estudiantes, padres y profesores.

El juego de ajedrez ha cautivado a la humanidad con sus ilimitadas estrategias y desafíos intelectuales. Al demostrar que no solo representa un juego, se ha convertido en un símbolo de inteligencia, estrategia e incluso creatividad. Programas como Deep Blue, StockFish hasta Alpha Zero han favorecido el rendimiento humano debido a que mejora las interacciones estratégicas gracias a su lectura de algoritmos, que permite a los ajedrecistas entrenar sin un compañero presente (Gaessler y Piezunka, 2023; Siven, 2024).

El ajedrez, en el contexto educativo, surge como un recurso pedagógico para el desarrollo de habilidades cognitivas y académicas en diferentes áreas como las matemáticas o la literatura (Mendoza, 2025; Medina, 2024). Sin embargo, su práctica no solo debe promoverse en los estudiantes, también debe impartirse en los docentes como una estrategia didáctica al momento de compartir una clase, para ello es importante que reciban una instrucción sobre esta disciplina y cómo puede beneficiar al aprendizaje de los niños.

Bolaños (2024) llevó a cabo un curso para capacitar a los docentes del área de educación física en la provincia del Carchi, con el objetivo de impulsar el ajedrez como una herramienta educativa y así mejorar las habilidades cognitivas de los estudiantes. Los resultados mostraron que el 85% de los profesores se interesó por el ajedrez y que, después de la capacitación, mejoraron significativamente sus habilidades, como el movimiento de las piezas, y estrategias básicas como aperturas y finales.

Asimismo, los docentes también reconocieron que el ajedrez ayuda a desarrollar habilidades clave en los estudiantes, como la memoria, la atención y el razonamiento lógico, e incluso puede influir positivamente en su rendimiento académico y su comportamiento. El estudio destaca la importancia de formar a los docentes no solo en el juego en sí, sino también en cómo enseñarlo de manera efectiva, de modo que integre aspectos pedagógicos y tecnológicos. Estos hallazgos respaldan la idea de que el ajedrez, cuando se enseña con un enfoque bien estructurado, puede ser una herramienta valiosa en la educación.

Por ello, las comunidades deportivas comparten la necesidad de sistematizar el conocimiento y las prácticas acumuladas en el entrenamiento ajedrecístico, mediante la revisión y la síntesis de los resultados y el contenido de las investigaciones prácticas con el fin de generar bases de datos y conjuntos de herramientas de entrenamiento lógicos y eficientes (Alifirov et al., 2018; Hambrick et al., 2014).

De acuerdo con la práctica deliberada, la enseñanza y aprendizaje del ajedrez debe estructurarse bajo un plan que le permita al deportista adquirir un nivel de pericia alto y/o profesional. Este plan debe contar de actividades con objetivos claros, una motivación individual, recibir una realimentación constante, así como la oportunidad de repetición. De esta manera, es posible conseguir el mejor rendimiento o alcanzar el nivel experto en el juego (Ericsson, 2006).

Charness et al. (2005) estudiaron el papel de la práctica deliberada en el desarrollo de la experticia ajedrecística a través de dos grandes muestras internacionales de jugadores de alto rendimiento. Los participantes estimaron la frecuencia y duración de diversas actividades relacionadas con el ajedrez, como el estudio serio en solitario, la participación en torneos y la instrucción formal. Los análisis estadísticos mostraron que el tiempo acumulado dedicado al estudio serio en solitario

fue el predictor más fuerte de la habilidad ajedrecística, seguido de la experiencia en torneos y la instrucción formal.

De la misma manera, Bruin et al. (2008) presentan un estudio en el cual se relacionó la práctica deliberada y el rendimiento en jóvenes jugadores de ajedrez, tanto aquellos que permanecieron como quienes abandonaron el entrenamiento nacional holandés. Los resultados mostraron que la práctica deliberada, definida como estudio serio en solitario y juego serio de ajedrez contribuyó significativamente al rendimiento, tanto en el presente como a lo largo de la carrera de los jugadores. Los resultados apoyan la hipótesis de beneficios monotónicos, es decir, que la cantidad acumulada de práctica deliberada se asocia de manera directa y creciente con el rendimiento, independientemente del nivel final alcanzado por los jugadores.

Estos hallazgos refuerzan la teoría de la práctica deliberada como el principal determinante del desarrollo de la experticia en dominios cognitivos como el ajedrez, y cuestionan las críticas que sugieren que el talento innato o la confusión entre el talento y la práctica deliberada explican el rendimiento experto.

La justificación del estudio radica en la necesidad de sistematizar el conocimiento ajedrecístico, así como también de crear herramientas tecnológicas de apoyo para fortalecer la práctica deliberada y el aprendizaje significativo en este deporte (Charness et al., 2005; Vega et al., 2022). La ausencia de implementar herramientas tecnológicas conduce a un déficit de aprendizaje en temas como análisis de partidas, aperturas, finales, combinaciones y, en general, el diseño del entrenamiento. Estos factores reducen las posibilidades de adquirir nuevas habilidades ajedrecísticas. Estas brechas también evitan que se logre enseñar el ajedrez en los centros educativos ³/₄ a pesar de que se reconoce su valor pedagógico ³/₄ lo que impide que la disciplina sea transmitida de manera efectiva a los estudiantes (Sandoval, 2022; Bolaños, 2024).

Sin embargo, a pesar de las investigaciones que buscan integrar el ajedrez como un recurso pedagógico en el campo educativo, aún se desconoce el cómo se correlacionan los componentes del modelo TPACK con la práctica deliberada. Es decir, que no se cuenta con suficiente evidencia científica que explique cómo las competencias del docente a nivel disciplinar, pedagógica y tecnológica inciden en el desarrollo ajedrecístico de los estudiantes. Por ello, el presente estudio tiene como objetivo identificar las competencias disciplinares, pedagógicas y tecnológicas del docente en la enseñanza del ajedrez de la escuela de la Casa de la Juventud, así como analizar el rendimiento ajedrecístico de los estudiantes de la Casa de la Juventud a partir de la práctica deliberada.

Finalmente, el presente estudio adopta un diseño descriptivo y exploratorio, por lo que no formula hipótesis de contraste. En su lugar, se orienta a la caracterización de las competencias disciplinares, pedagógicas y tecnológicas del docente en base al modelo TPACK, así como al análisis del rendimiento ajedrecístico de los estudiantes a partir de los principios de la práctica deliberada, con el propósito de generar evidencia empírica que fundamente propuestas pedagógicas posteriores.

Materiales y métodos

El estudio se realizó a través del enfoque mixto, con métodos cualitativos (la aplicación de la entrevista al docente) y cuantitativos (la encuesta realizada a los estudiantes). La información obtenida de cada variable fue procesada en su programa correspondiente. Para los resultados de la entrevista del docente se utilizó el *software* Atlas.ti25 el cual permitió profundizar los significados subyacentes y su integración a través de la triangulación metodológica, lo cual aportó una comprensión más sólida. Por su parte, para la encuesta de los estudiantes, la información fue procesada en el *software*

SPSS al aplicar técnicas estadísticas descriptivas que permitieron identificar patrones y tendencias importantes.

En cuanto al tipo de investigación, se desarrollaron tres modalidades. La modalidad descriptiva permitió caracterizar variables, definir procesos, determinar la población y analizar los resultados. La modalidad documental consistió en la lectura y el análisis de fuentes primarias y secundarias como libros, artículos, documentos y páginas web de confianza, las cuales facilitaron comprender el problema en distintos niveles y enriquecer el marco teórico. Finalmente, la modalidad de campo se realizó en la escuela de ajedrez mediante la aplicación directa de los instrumentos al docente y estudiantes.

El estudio empleó un muestreo no probabilístico intencional o de juicio, en el cual la selección de la población se realizó en función de criterios, características y conocimientos específicos pertenecientes a la disciplina del ajedrez. En él, participaron el docente especializado en la disciplina y los 76 estudiantes que conforman la escuela. Los estudiantes se encuentran clasificados en tres grupos: inicial, intermedio y avanzado, su edad promedio es de los 8 años hasta los 17 años.

Para identificar los conocimientos del docente para la enseñanza del ajedrez se consideró las dimensiones del modelo TPACK (conocimiento disciplinar, pedagógico, tecnológico, conocimiento pedagógico de contenido, conocimiento tecnológico de contenido, conocimiento tecnológico pedagógico y conocimiento tecnológico pedagógico disciplinar). Además, se establecieron indicadores para medir cada dimensión, por ejemplo, la capacidad para explicar conceptos clave de la disciplina, el manejo y uso de herramientas digitales específicas, la selección de estrategias didácticas, entre otros.

Para analizar el rendimiento ajedrecístico de los estudiantes se empleó la teoría de la práctica deliberada y sus principios, los cuales establecen las horas de práctica deliberada, las actividades con objetivos definidos, la motivación, la realimentación constante y la oportunidad de repetir. Asimismo, se definieron los indicadores para cada principio, por ejemplo, la cantidad de tiempo en la práctica del ajedrez, la claridad de metas establecidas, la persistencia de entrenamiento, la capacidad para identificar fortalezas y la profundidad para aprovechar las oportunidades de repetición.

Finalmente, para medir la capacidad del docente para enseñar ajedrez y el rendimiento ajedrecístico de los estudiantes, se elaboraron dos instrumentos, los cuales fueron validados con la asesoría de expertos en el campo educativo. El primer instrumento es un cuestionario en base al modelo para la entrevista dirigida al docente y el segundo es una encuesta realizada en base a la práctica deliberada para los estudiantes de la escuela.

Resultados y discusión

Fase 1. Identificación de las competencias pedagógicas, tecnológicas y disciplinares que posee el docente para la enseñanza del ajedrez en los estudiantes de la Casa de la Juventud

Para dar cumplimiento al primer objetivo del estudio, se identifica la aplicación del modelo TPACK en la enseñanza del ajedrez dentro de la Casa de la Juventud. Este modelo propone la integración equilibrada del conocimiento disciplinar, pedagógico y tecnológico, así como de sus intersecciones, con el fin de comprender cómo los docentes combinan estas dimensiones en sus prácticas formativas.

Una vez recolectada la información, se procedió a su interpretación mediante el programa Atlas.ti25, el cual es un software que permite el análisis sistemático de datos cualitativos. El proceso

de análisis se desarrolló a través de la codificación, de modo que asignó códigos para identificar patrones y conceptos relevantes. Posteriormente, los códigos se organizaron en grupos y redes, lo que facilitó la comprensión de las relaciones entre las ideas. A partir de la construcción de una red semántica, fue posible conectar los temas más importantes y generar un análisis estructurado. En este estudio, la red semántica se elaboró mediante la relación y triangulación de las dimensiones del modelo TPACK, lo cual permitió analizar cómo las competencias disciplinares, pedagógicas y tecnológicas del docente se relacionan con la enseñanza del ajedrez.

A partir de la red semántica, se examina cada uno de los componentes con el propósito de identificar las estrategias, fortalezas y limitaciones que surgen en el proceso de enseñanza-aprendizaje del ajedrez.

En el componente del Conocimiento del Contenido (CK), la asimilación, la repetición y la memorización se presentan como las bases fundamentales para dominar los principios de esta disciplina. La experiencia del docente, con más de 15 años en el área, también constituye una base sólida para transmitir los conocimientos propios del ajedrez. Con este inicio se garantiza la posibilidad de adaptar los contenidos del ajedrez a los diferentes niveles de aprendizaje del estudiante.

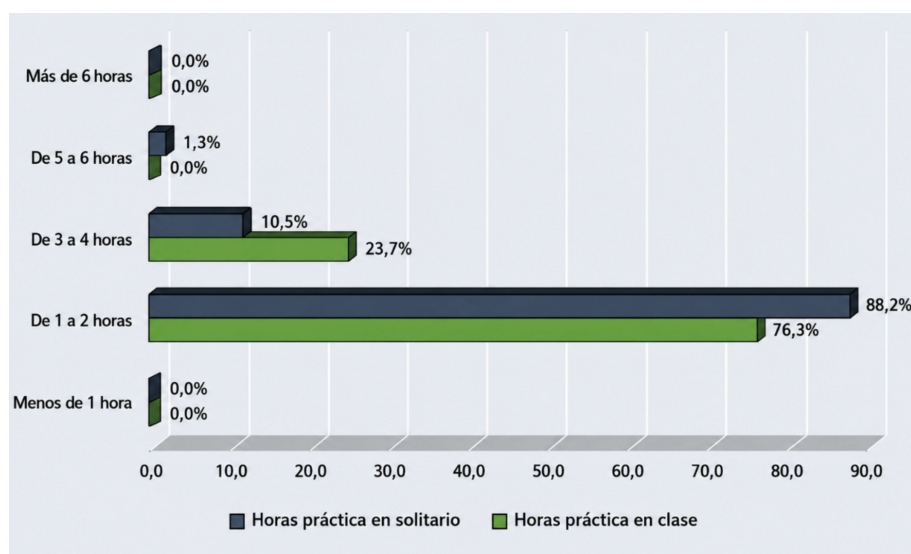
Continuando con el Conocimiento Pedagógico (PK) el docente establece ejercicios enfocados para cada tema del área, ofrece sugerencias de mejora durante los retos propuestos, evita que los estudiantes se sientan cohibidos cuando se equivocan en sus respuestas y también orienta el aprendizaje hacia niveles básicos cuando es necesario. Todas estas prácticas se centran en guiar al estudiante de forma progresiva y en crear un ambiente en el que se valore el esfuerzo individual.

En el componente de Conocimiento Tecnológico (TK) se identifican los recursos digitales que se emplean en la enseñanza del ajedrez, como los canales de YouTube, los libros digitales, las plataformas en línea (Chess.com, Lichess, ChessKid) y los módulos de análisis como Stockfish. Estas herramientas permiten que los estudiantes accedan a información actualizada, practiquen de manera autónoma y refuercen su comprensión del juego. Sin embargo, en algunos temas o ejercicios de los entrenamientos, se evita el uso de medios tecnológicos dado que este proceso genera un comportamiento mecanizado que evita que el estudiante aprenda de forma humanizada. Es decir, con errores y/o equivocaciones que pueden ser resueltos con ayuda del docente durante los entrenamientos sin involucrar el uso de un ordenador.

El Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK) se refleja en la forma en que el docente adapta los contenidos al nivel del estudiante. En este caso, se recrean situaciones de juego y se transforma la teoría en experiencias de aprendizaje comprensibles durante los entrenamientos. Este componente evidencia la habilidad para traducir el conocimiento especializado de ajedrez en actividades accesibles que potencian la práctica y el desarrollo de los estudiantes.

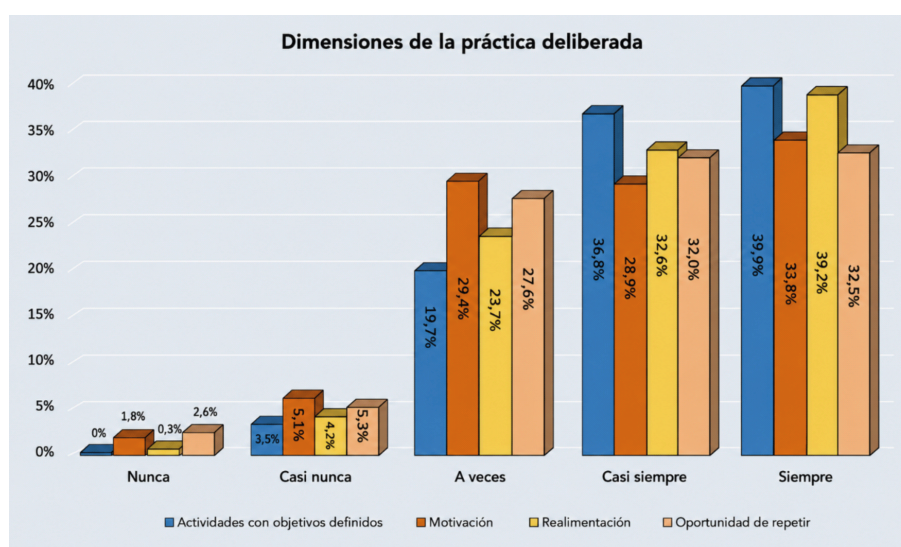
El Conocimiento Tecnológico de Contenido (TCK) aparece vinculado al uso de simuladores, módulos de análisis y plataformas en línea que permiten la práctica guiada. La relación entre contenido y tecnología se refleja en la posibilidad de analizar jugadas, practicar en entornos virtuales y acceder a recursos que fortalecen el aprendizaje autónomo y competitivo. Sin embargo, este uso está limitado para temas y/o ejercicios que no requieren la participación de un ordenador debido a que uno de los objetivos del docente es la enseñanza humanizada del ajedrez.

Finalmente, el Conocimiento Tecnológico Pedagógico (TPK) integra los medios tecnológicos con el proceso de enseñanza. El uso de YouTube, IA, y plataformas específicas para el ajedrez muestra cómo los recursos digitales enriquecen la práctica pedagógica. Sin embargo,

Figura 2*Horas Prácticas Deliberada en el Ajedrez*

El análisis de las horas de práctica deliberada muestra que la mayor proporción de estudiantes dedica entre 1 y 2 horas, tanto a los entrenamientos guiados como a la práctica individual. Este resultado indica una constancia moderada en la dedicación al ajedrez, compatible con otras actividades académicas y extracurriculares, pero también revela la necesidad de estrategias que optimicen la calidad del tiempo de práctica.

A continuación, en la Figura 3 se presentan los resultados del rendimiento ajedrecístico de los estudiantes, evaluados a partir de las dimensiones de la práctica deliberada mediante una escala de Likert.

Figura 3*Dimensiones de la práctica deliberada*

En cuanto a las dimensiones de la práctica deliberada, los resultados evidencian que el 76,7% de los estudiantes percibe que sus entrenamientos se desarrollan con objetivos claramente definidos, lo cual favorece la adquisición de nuevas habilidades ajedrecísticas.

Con respecto a los niveles de motivación, el 66,1% de los estudiantes afirma sentirse siempre y casi siempre motivado durante los entrenamientos. Sin embargo, el 29,4% de los estudiantes indica que la motivación se presenta de manera momentánea, lo que refleja variabilidad en esta dimensión. Esto podría relacionarse con factores internos y/o externos como el estilo de enseñanza, el nivel de desafío de las actividades durante los entrenamientos o las actividades extracurriculares que se realiza fuera de la práctica.

La realimentación constante es aceptada por el 71,8% de los estudiantes, de modo que se destaca el rol activo del docente en la corrección de errores y el acompañamiento formativo en el proceso de enseñanza-aprendizaje. No obstante, la oportunidad de repetir temas y/o ejercicios no se presenta de manera completamente sistemática, el 27,6% de los estudiantes perciben esta actividad de manera espontánea y no constante, lo que evidencia un área susceptible de mejora para consolidar la práctica deliberada.

A continuación, en la Tabla 1 se presenta un análisis FODA que integra los dos objetivos del estudio: la identificación de las competencias disciplinares, pedagógicas y tecnológicas del docente bajo el modelo TPACK; y el rendimiento ajedrecístico de los estudiantes a partir de la práctica deliberada. Este análisis permite reconocer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que influyen en el proceso de enseñanza-aprendizaje del ajedrez, lo cual brinda una visión integral de los factores internos y externos que inciden en el estudio.

Tabla 1
Análisis FODA

Fortalezas	Oportunidades
Entrenamientos con objetivos definidos y bien estructurados (39,9% siempre; 36,8% casi siempre).	Uso de plataformas digitales y recursos tecnológicos (Chess.com, Lichess, YouTube, módulos de análisis).
Alta motivación en grupos significativos de estudiantes (39,2% siempre; 26,9% casi siempre).	Implementación de entrenamientos diferenciados y programas de práctica según los niveles de los estudiantes.
Realimentación constante en el proceso de enseñanza (39,2% siempre; 32,6% casi siempre).	Disposición de los estudiantes que entrenan más horas durante los entrenamientos.
Oportunidad de repetir jugadas y ejercicios de forma frecuente (64,4% siempre/casi siempre).	Fortalecimiento de la práctica deliberada mediante metodologías activas apoyadas en la tecnología.
Docente con alto dominio del contenido y experiencia en la disciplina del ajedrez.	Disposición de los estudiantes que entrenan más horas fuera de los entrenamientos.
Debilidades	Amenazas

Fortalezas	Oportunidades
Variabilidad en la motivación: un 29,4% se siente motivado solo a veces.	Complicaciones en acceder a los recursos tecnológicos para los estudiantes.
Realimentación irregular en algunos casos (23,7% solo a veces).	Sobrecarga de actividades extracurriculares que limita el tiempo de entrenamiento.
Oportunidad de repetir no siempre sistemática (27,6% solo a veces).	Abandono parcial de estudiantes que afecta su progreso en los entrenamientos.
Limitada integración de tecnología como recurso pedagógico en los entrenamientos.	Resistencia al uso de nuevas tecnologías por parte del docente.

Fase 3. Estrategias tecnológicas con el modelo TPACK para el fortalecimiento de la práctica deliberada de ajedrez en los estudiantes de la Casa de la Juventud, Tulcán.

Una vez obtenido los resultados de los dos objetivos anteriores, se procede a realizar un análisis general sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje de la escuela de ajedrez de la Casa de la Juventud y, a partir de ello, establecer estrategias que permitan al docente integrar la tecnología de manera pedagógica con los estudiantes de la escuela.

A continuación, en la Tabla 2 se comparte las estrategias a partir de las competencias disciplinares, pedagógicas y tecnológicas del docente en la enseñanza del ajedrez y el rendimiento ajedrecístico de los estudiantes de acuerdo con la práctica deliberada.

Tabla 2

Matriz FODA de estrategias en base al modelo TPACK para fortalecer la práctica deliberada

Código de la estrategia	Eje del modelo TPACK	Descripción operativa de la estrategia	Herramienta específica	Responsable (Docente /estudiantes /pares)	Frecuencia	Indicador de éxito	Métrica/ Verificación	Justificación
E1	Conocimiento de contenido CK	Diseñar módulos de práctica en los que se presenten problemas de ajedrez graduados por nivel (tácticas, aperturas, finales).	Moodle	Docente	Mensual	Cumplimiento $\geq 50\%$ de estudiantes.	Número de módulos implementados versus planificados	FODA- Debilidad #4 y Oportunidad #2
E2		Incorporar bases de datos de partidas comentadas en PDF o en tableros. interactivos para que los estudiantes las analicen en sus horas de práctica.	ChessBase	Docente	Semanal	Acceso $\geq 75\%$ a las bases de datos.	Acceso de estudiantes que acceden regularmente a las bases de datos	FODA- Fortaleza #1 y Oportunidad #3
E3		Compartir resúmenes en video con explicaciones breves de conceptos estratégicos, que sirvan de repaso durante los entrenamientos.	You Tube	Docente	Diario	Visualización $\geq 90\%$ de material audiovisual.	Número de visualizaciones por estudiante	FODA- Oportunidad #1 Debilidad # 3
E4		Implementar foros de discusión en los que los estudiantes compartan las soluciones a problemas de ajedrez planteados en cada módulo, lo cual incentiva el aprendizaje colaborativo.	Padlet	Docente	Semanal	Participación activa en foros $\geq 70\%$.	Interacciones estudiante-estudiante (respuestas, debates)	FODA- Oportunidad #4 y Amenaza #3

Código de la estrategia	Eje del modelo TPACK	Descripción operativa de la estrategia	Herramienta específica	Responsable (Docente /estudiantes /pares)	Frecuencia	Indicador de éxito	Métrica/ Verificación	Justificación
E5	Conocimiento Pedagógico PK	Diseñar cuestionarios de autoevaluación para que los estudiantes puedan recibir realimentación inmediata sobre su nivel de comprensión de los temas vistos en los entrenamientos.	Google forms	Docente	Diario	Cumplimiento ≥90% de cuestionarios con mejoras.	Promedio de mejora entre el primer y segundo intento (>10%)	FODA- Fortaleza #5 y Debilidad #2
E6		Crear retos semanales de práctica que motiven a los estudiantes a utilizar su tiempo de práctica personal de manera estructurada.	Educaplay	Docente	Semanal	Cumplimiento ≥90% de retos semanales.	Estudiantes que mantienen consistencia ≥4 semanas seguidas	FODA- Debilidad #1 Oportunidad #5
E7		Establecer un sistema de seguimiento para medir el desempeño de los estudiantes	Dashboard Power BI.	Docente	Diario	Generación de reportes =100%.	Registro digital actualizado semanalmente	FODA- Fortaleza #1 y Debilidad #4
E8	Conocimiento Tecnológico TK	Crear un aula virtual con el fin de fortalecer los entrenamientos presenciales con actividades, tareas y evaluaciones virtuales para los estudiantes que entrenan de fuera de clase.	Moodle	Docente	Semanal	Uso del aula virtual ≥50% al menos dos veces por semana.	Tasa de acceso semanal al aula virtual (≥50% estudiantes activos)	FODA- Debilidad #4 y Amenaza #4
E9	Conocimiento Tecnológico Pedagógico TPK	Aplicar realimentación digital personalizada mediante audios o videos explicativos para cada estudiante según su desempeño.	Chess.com	Docente	Semanal	Visualización y aplicación ≥80% de la realimentación docente.	Satisfacción con la retroalimentación (>80% valor positivo)	FODA- Debilidad#4 Oportunidad #3

Código de la estrategia	Eje del modelo TPACK	Descripción operativa de la estrategia	Herramienta específica	Responsable (Docente /estudiantes /pares)	Frecuencia	Indicador de éxito	Métrica/ Verificación	Justificación
E10	Conocimiento Tecnológico de Contenido TCK	Usar herramientas digitales de análisis automático en plataformas integradas para analizar las partidas de cada estudiante y compartir las sugerencias realizadas por la herramienta.	Lichess.org	Docente	Semanal	Revisión y aplicación $\geq 80\%$ de las sugerencias de la plataforma.	% de partidas analizadas automáticamente por estudiante	FODA- Debilidad #3 Oportunidad #1
E11	Conocimiento Pedagógico del Contenido PCK	Aprovechar la motivación y compromiso de algunos estudiantes para contrarrestar el abandono parcial de otros, y fomentar tutorías entre pares.		Docente	Diario	Participación $\geq 70\%$ en tutorías.	Mejora en estudiantes con baja motivación (seguimiento comparativo)	FODA- Fortaleza #2 y Amenaza #3
E12		Establecer rutinas para brindar a los estudiantes la oportunidad de repetir de manera sistemática temas y/o ejercicios que no dependan del acceso tecnológico, lo cual reduce desigualdades entre estudiantes.		Docente	Diario	Cumplimiento de actividades de repetición $\geq 90\%$.	Progreso homogéneo entre estudiantes con diferente acceso digital	FODA- Debilidad #3 Amenaza #1

Discusión

Los resultados del estudio demuestran que la capacidad del docente para enseñar ajedrez es la adecuada y la experiencia de 15 años en la disciplina permite adaptar los contenidos en base a la capacidad de los estudiantes. En este contexto, según la revisión sistemática del estudio de Gaitán et al. (2023), enfatizan el valor del modelo TPACK como una herramienta que evoluciona con las demandas de la sociedad y la tecnología. Por consiguiente, la formación inicial y continua del docente surge como un factor determinante, asimismo, la retroalimentación estudiantil refuerza la idea de que los educadores deben aprender y adaptarse al ritmo de los estudiantes.

En la escuela de la Casa de la Juventud el objetivo de enseñar ajedrez es el desarrollo de la asimilación, razonamiento y toma de decisiones sin la necesidad de recurrir a la tecnología. Debido a que el docente pretende que los estudiantes logren fortalecer su nivel de razonamiento hasta que sea el momento adecuado para aprovechar las herramientas específicas como Lichess.org o Chess.com. Así como lo mencionan Koehler et al. (2013) en su estudio sistemático, el Conocimiento Tecnológico Pedagógico es comprender cómo la tecnología y el contenido correlacionan mutuamente y cómo el rol del docente es comprender qué tecnologías son las más adecuadas para abordar el aprendizaje dentro del estudio.

Con los resultados de las horas deliberadas se determinó que el 76,3% de los estudiantes dedican su tiempo al ajedrez en horas de clase y el 88,2% de manera individual. Con ello, se demuestra disciplina y dedicación a sus entrenamientos. Como se menciona en el estudio de Bruin et al. (2008), el 20% de varianza de rendimiento se debe a las horas acumuladas de práctica deliberada, lo cual confirmó una relación positiva entre las horas de entrenamiento y el desempeño de los jugadores.

Además, los niveles de motivación y la voluntad de sobresalir alcanzaron niveles positivos en ambos estudios, con un 66 % de motivación general durante los entrenamientos en los estudiantes de la Casa de la Juventud y un 73% de voluntad de sobresalir para los estudiantes de la Federación Neerlandesa de Ajedrez en el estudio de Bruin. De igual manera, Tanajyan et al. (2021) demostraron que al integrar el ajedrez como asignatura curricular, se fomenta el amor y gusto por esta disciplina. Esto se demuestra con un valor del 92% para niños y 85% para niñas, lo cual ubica al ajedrez como una de sus asignaturas favoritas (con el 43% de aprobación).

De esta manera, se destaca que la motivación orientada al dominio y metas establecidas son una clave para sostener la práctica a largo plazo y evitar una deserción deportiva. Asimismo, se demuestra que su integración como asignatura curricular promueve en los niños el desarrollo de la creatividad, la memoria activa, la planificación, etc. De esta manera, se valora la importancia de la educación mediante el pensamiento lingüístico-lógico.

En el presente estudio se determinó que, el 76,7% de los estudiantes desarrollan sus entrenamientos con metas claras u objetivos definidos, los cuales favorecen a sus niveles cognitivos y a la mejora de nuevas habilidades ajedrecísticas. En el estudio de Alifirov et al. (2018) el grupo que recibió entrenamiento en ajedrez mostró un incremento del 14% en su coeficiente intelectual (IQ) pasando de un nivel promedio (96,0 puntos) a un nivel calificado como bueno (111,1 puntos). Con esta relación se fortalece la postura de que la práctica sistemática de ajedrez no solo estimula las habilidades ajedrecísticas, sino que también la capacidad de mantener un rendimiento intelectual sostenido.

Por otra parte, el 71,8% de los estudiantes afirman recibir una realimentación constante durante sus entrenamientos, los cuales evidencian la importancia del rol docente en el proceso de enseñanza-aprendizaje porque su participación permite identificar errores y corregirlos de manera humanizada. Según Gaessler y Piezunka (2023), el entrenamiento con IA puede mejorar el rendimiento en los jugadores de ajedrez hasta un 3% de probabilidades para ganar. Sin embargo, este sustituto resulta imperfecto dado a que los jugadores no pueden aprovechar los errores de un ordenador que posee un sistema de análisis, porque no existe un factor humano que incida en las probabilidades de analizar los errores del oponente.

Además, el 64,4% de los estudiantes señalan recibir oportunidades de repetir ejercicios y/o actividades en los entrenamientos. Los resultados indican que, aunque esta actividad se presenta de manera frecuente es importante prestar atención al grupo que no logra percibir este proceso de manera sistemática. Como lo menciona Siven (2024), la evolución de los ordenadores y sistemas de análisis como *Stockfish* o *Alfa cero* permiten analizar temas y/o ejercicios de manera más eficiente y considerar las estrategias de juego.

Finalmente, la oportunidad de repetir debe ser incorporarse de manera sistemática en los entrenamientos, con el objetivo de que los estudiantes desarrollen nuevas formas de aprendizaje en sus horas de práctica en clase y especialmente fuera de ella. Los sistemas de análisis como *Stockfish* o *Alfa cero* permiten estudiar partidas y ejercicios de grandes maestros los cuales fomentan las habilidades ajedrecísticas cuando no hay la posibilidad de interactuar con otro jugador.

Conclusiones

En el presente estudio se determinó que el uso del modelo TPACK permite analizar la capacidad del docente para enseñar el ajedrez. Dado que no es solo una disciplina o un deporte, también es un recurso pedagógico que genera un impacto en los estudiantes a nivel cognitivo y emocional, lo cual fortalece los niveles de confianza, concentración, creatividad, honestidad, resiliencia, superación a frustraciones, entre otros.

La decisión de enseñar ajedrez sin depender completamente de la tecnología en determinadas fases del entrenamiento fomenta un aprendizaje más reflexivo y humanizado, lo cual permite que el error se convierta en una oportunidad pedagógica para el guiar y fomentar el razonamiento en los estudiantes.

La práctica deliberada se consolidó como un factor determinante para medir el rendimiento ajedrecístico de los estudiantes de la escuela de la Casa de Juventud. Esto evidencia que la dedicación sistemática de tiempo a los entrenamientos, la motivación para sostener las horas de práctica, la definición de objetivos específicos y las actividades para realimentar y repetir los contenidos fortalecen las habilidades ajedrecísticas de los estudiantes.

A partir del análisis de las competencias disciplinares, pedagógicas y tecnológicas del docente, así como del rendimiento ajedrecístico de los estudiantes, se diseñaron las estrategias pedagógicas apoyadas con el uso de herramientas tecnológicas. Las estrategias tienen como objetivo fortalecer la práctica deliberada en los estudiantes de la escuela de ajedrez de la Casa de la Juventud, lo cual promueve el uso eficiente de los recursos tecnológicos y la integración de técnicas pedagógicas innovadoras para optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje del ajedrez.

Recomendaciones

Es preciso adoptar las estrategias pedagógicas en base al modelo TPACK y realizar evaluaciones periódicas de su implementación. Las evaluaciones deben contemplar la percepción del docente y estudiantes del funcionamiento de las estrategias en los entrenamientos. Esto permitirá abordar las debilidades y fortalecer el proceso de enseñanza–aprendizaje del ajedrez.

Se recomienda fortalecer la integración pedagógica de herramientas tecnológicas de manera sistemática con el fin de ampliar las oportunidades de aprendizaje en los estudiantes de la escuela de ajedrez.

Se sugiere diseñar programas de entrenamiento diferenciados que contemplen niveles progresivos de complejidad junto con actividades estructuradas de repetición y realimentación constante que contribuyan a la pericia ajedrecística de los estudiantes.

Referencias

- Alifirov, A., Mikhaylova, I. V., Fomina, S. N., Fedchuk, D. V., & Bakulina, E. D. (2018). The development of intellectual features of students using a chess game. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 9(6), 106–111. [https://www.rjpbcs.com/pdf/2018_9\(6\)/\[14\].pdf](https://www.rjpbcs.com/pdf/2018_9(6)/[14].pdf)
- Bolaños Velasco, C. D. (2023). El deporte ciencia (ajedrez) como estrategia pedagógica para mejorar los procesos cognitivos [Trabajo de titulación, Maestría en Educación Básica]. Universidad Politécnica Estatal del Carchi. <https://repositorio.upec.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ce0253cb-9897-49ea-b56b-745c19e24bfd/content>
- Bruin, A. B. H., Smits, N., Rikers, R. M. J. P., & Schmidt, H. G. (2008). Deliberate practice predicts performance over time in adolescent chess players and drop-outs: A linear mixed models analysis. *British Journal of Psychology*, 99, 473–497. <https://doi.org/10.1348/000712608X295631>
- Charness, N., Tuffiash, M., Krampe, R., Reingold, E., & Vasyukova, E. (2005). The role of deliberate practice in chess expertise. *Applied Cognitive Psychology*, 19(2), 151–165. <https://doi.org/10.1002/acp.1106>
- Ericsson, K. A. (2006). The influence of experience and deliberate practice on the development of superior expert performance. *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance* (pp. 685–705). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816796.038>
- Gaitán, L. E., Mosquera, J. A., & Mendoza Mondragón, A. (2023). La aplicación del modelo TPACK... Dialéctica. *Revista de Investigación Educativa*, 15(1), 413–432.
- Gaessler, F., & Piezunka, H. (2023). Training with AI: Evidence from chess computers. *Strategic Management Journal*, 44(11), 2724–2750. <https://doi.org/10.1002/smj.3512>
- Gil Vega, J. A., & Jiménez Rodríguez, V. (2022). Impacto del ajedrez educativo en el aprendizaje: Estrategias metacognitivas aplicadas. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación – e Avaliação Psicológica*, 66(5), 173–186. <https://produccioncientifica.ucm.es/documentos/63d084a1f0be5d2a9f2da3fd>
- Hambrick, D. Z., Oswald, F. L., Altmann, E. M., Meinz, E. J., Gobet, F., & Campitelli, G. (2014). Deliberate practice: Is that all it takes to become an expert? *Intelligence*, 45, 34–45.
- Imbernon, Francisc. (2024). Tendencias y retos internacionales en la formación permanente del profesorado para la innovación educativa. *RECIE. Revista Caribeña de Investigación Educativa*. 8. 215-229. [10.32541/recie.2024.v8i1.pp215-229](https://doi.org/10.32541/recie.2024.v8i1.pp215-229).
- Jácome-Mármol, C., Inga, E., & Llerena-Izquierdo, J. (2025). Cambios en la formación docente en el marco del modelo TPACK considerando el concepto de ingeniería educativa. *Revista InGenio*, 8(8), 114–136.

- Khushk, A., Zhiying, L., Yi, X., & Zengtian, Z. (2023). Innovación tecnológica en la educación STEM: Una revisión y análisis. *IJERI: Revista Internacional de Investigación e Innovación Educativa*, 19, 29–51.
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, 193(3), 13–19.
- López Cevallos, F. E., Tulcán Benavides, F. L., & Lascano Rivera, S. (2025). El modelo TPACK en la enseñanza de estequiometría química. *SATHIRI, Especial*, 9–18. <https://doi.org/10.32645/13906925.1349>
- Medina Aguilar, K. S., Herrera Sarango, C. del R., Veira Avinez, G., Ochoa Granda, E. G., Picoita Quezada, J. G., Quizhpe Luzuriaga, V. E., & Correa Contento, R. A. (2024). El ajedrez y su impacto en el desarrollo cognitivo en niños de 6 a 8 años. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(1), 2150–2161. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1733>
- Mendoza Vera, Y. H., & Mendoza Vera, C. A. (2025). Concepción metodológica para la enseñanza del ajedrez en estudiantes con discapacidad de la isla San Cristóbal. *Maestro y Sociedad*, 22(1), 36–45. <https://maestroysociedad.uo.edu.cu>
- Mucho Bonifacio, H. C., Guerrero Escobar, K. K., & Carpio Mendoza, J. (2023). Desarrollo del modelo TPACK en la educación superior. *Horizontes. Revista de Investigación en Ciencia de la Educación*, 7(31), 2575–2582.
- Nanu, C. C., Coman, C., Bularca, M. C., Mesesan-Schmitz, L., Gotea, M., Atudorei, I., Turcu, I., & Negrila, I. (2023). The role of chess in the development of children-parents' perspectives. *Frontiers in Psychology*, 14, 1210917. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1210917>
- Olmedo Rodríguez, E. P., Berrú Torres, C. P., Escaleras Encarnación, V. E., Angamarca Guamán, A. G., Banegas Ullauri, R. H., Gaona Torres, R. F., & Parra Cleri, L. E. (2024). Innovación en métodos de enseñanza: Estrategias y desafíos para el compromiso y motivación estudiantil. *Revista InveCom*, 4(2), e040251. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10655843>
- Reyes, N. S. (2023). Evolución de la educación y las aplicaciones tecnológicas. *Polo del Conocimiento*, 8(4), 1319–1328. https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/5502?utm_source=chatgpt.com
- Rosero Calderón, M. A. (2024). Efectividad del modelo TPACK en el desarrollo de habilidades de comprensión lectora. *Unidad Educativa Tulcán, Ecuador*.
- Sandoval, A. L. (2022). El ajedrez en el desarrollo cognitivo. *FILHA*. <https://www.redalyc.org/journal/6737/673775410003/>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Siven, A. (2024). Systematic analysis of the evolution of chess computers (Bachelor's thesis). *Lappeenranta–Lahti University of Technology (LUT)*.

- Solórzano-Alcívar, J. G., & Barcia-Briones, M. F. (2022). Estrategias motivacionales virtuales en el rendimiento académico. *Revista científica multidisciplinaria arbitrada Yachasun*, 6(11 Ed. esp), 277–291.
- Suárez González, E. N. (2023). El modelo TPACK en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Trabajo de titulación, Universidad Nacional de Chimborazo). Repositorio Institucional UNACH. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11652>
- Tanajyan, K. (2021). Chess as a Social Value. *Mankavarzhut'Yan Ev Hogebanut'Yan Himnakhndirner*. <https://doi.org/10.24234/MIOPAP.V19I1.390>.
- Younis, B. (2025). Developing and validating the contextual technology andragogy/pedagogy entrepreneurship work content knowledge model: A framework for vocational education. *IEEE Transactions on Education*, 68(1), 57–66. <https://doi.org/10.1109/te.2024.3449636>