

Ecosistema educativo digital con inteligencia artificial: evaluación del pensamiento complejo y computacional

Siria Yahaira Valenzuela Arvizu

DIRECTORES:

Dra. María Soledad Ramírez Montoya

Dr. Francisco José García Peñalvo.

PLAN DE INVESTIGACIÓN

**PROGRAMA DE DOCTORADO FORMACIÓN EN LA SOCIEDAD DEL
CONOCIMIENTO UNIVERSIDAD DE SALAMANCA**

29 de mayo de 2024

INTRODUCCIÓN

Las consideraciones sobre el aprendizaje significativo se dirigen a conceptos como el pensamiento complejo y computacional. Por un lado, el pensamiento complejo se integra de cuatro tipos de pensamiento: crítico, científico, sistémico e innovador (Ramírez-Montoya et al., 2022). Asimismo, el pensamiento computacional se refiere a la capacidad eficiente de resolución de problemas aplicado en diversos contextos (Polanco-Padrón et al., 2021), intenta capturar las formas de pensar y practicar de la informática (García-Peñalvo & Mendes, 2018) e implica habilidades de abstracción, análisis de patrones, diseño de algoritmos y habilidades de descomposición (George-Reyes, 2023). Ambas competencias facilitan la asimilación efectiva y asertiva de su entorno, promoviendo un enfoque crítico, creativo y sistémico (Alfaro-Ponce et al., 2023). Las competencias de altas capacidades, como el pensamiento complejo y el computacional, pueden generar habilidades para enfrentar los retos sociales del siglo XXI.

La tendencia en educación superior se enfoca al desarrollo de altas capacidades, por lo que su evaluación efectiva es primordial para generar estrategias eficientes de abordaje. Ejemplo de ello es el instrumento diseñado por Tobón et al. (2021) que evalúa las subcompetencias del pensamiento complejo de resolución de problemas, metacognición, creatividad, y análisis crítico y sistémico. Respecto a la competencia computacional, el instrumento de Lafuente et al. (2022) evalúa el pensamiento algorítmico independiente a experiencias previas en codificación de adultos. Por otro lado, la Inteligencia Artificial (IA) es un tema que ha captado la atención en diferentes contextos gracias a su capacidad de generar contenido realista, creativo y accesible (García-Peñalvo & Vázquez-Ingelmo, 2023); tal es el caso de la herramienta de IA Generativa ChatGPT, la cual ha elevado el foco de interés aún más al ofrecer respuestas instantáneas y producir contenido a solicitud (García-Peñalvo et al., 2024). El uso de la inteligencia artificial generativa (GenAI) en entornos educativos está ganando popularidad debido a su alta capacidad para generar contenido inédito que complementa los métodos de enseñanza tradicionales, promoviendo un aprendizaje más interactivo y personalizable, además de ser un recurso de apoyo para el proceso de evaluación (Alier et al., 2024). Específicamente, en lo que se refiere a evaluación educativa, la IA ha demostrado ser una herramienta útil y valiosa (Castillo-Martínez et al., 2023). Sanabria-Z et al. (2023) desarrollaron un instrumento que evalúa el pensamiento innovador, científico y sistémico en estudiantes universitarios en una plataforma con IA. Emerson et al. (2020) generaron un modelo de evaluación automática que predice puntuaciones de estudiantes para la mejora del soporte adaptativo. Lo anterior, establece los referentes abordados sobre la evaluación de pensamiento complejo y computacional y reconoce a la IA como una herramienta de evaluación efectiva e innovadora.

Una evaluación integral de estas competencias incluye la valoración de espacios, medios y recursos que facilitan su aprendizaje; es decir, la evaluación del ecosistema digital; en este sentido, la IA se ha utilizado para evaluar las experiencias de usuarios. Los ecosistemas digitales se definen como un entorno integral e interactivo para el aprendizaje respaldado por plataformas, herramientas y recursos digitales que promueve la colaboración, personalización del aprendizaje y acceso a información (Acero, 2020), con atributos como disponibilidad, accesibilidad, integración, relevancia, interoperabilidad, definición de arquitectura, simplicidad, resiliencia, sustentabilidad y capacidad evolutiva (Mono-Castañeda, 2023). Los repositorios institucionales forman parte de ello; González-Pérez et al. (2019) analizaron la experiencia de usuario en un repositorio, identificando tres factores esenciales: normalización del uso del mismo, versatilidad de la tecnología e innovación en estrategias de comunicación para aumentar la transferencia de conocimientos en formato abierto. Aboelmaged et al. (2024) indica las dimensiones esenciales para una experiencia positiva con Chatbots en bibliotecas: diseño de conversación, usabilidad, accesibilidad y efectividad. En resumen, la evaluación de efectividad de ecosistemas digitales y experiencias de usuarios mediante IA pautan las bases para la generación de un ambiente idóneo para el aprendizaje significativo.

Es importante analizar el futuro de la educación para brindar soluciones efectivas a las problemáticas actuales. En el marco de la 70ª Asamblea General de la ONU del 2015, se aprobaron los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) que proporcionan un marco para lograr la sustentabilidad en dimensiones sociales, económicas y ambientales (UNESCO, 2017). Asimismo, el proyecto de la UNESCO "Futuros de la educación" establece las pautas educativas hacia el 2050: generación de competencias efectivas para las nuevas generaciones (pensamiento autónomo, creatividad y resiliencia), fortalecimiento del pensamiento en

STEAM, reconceptualización de la evaluación, apuesta a la transformación digital educativa y personalización del alumno (UNESCO, 2021). Por su parte, el Instituto para el Futuro de la Educación (IFE) del Tecnológico de Monterrey, a través de proyectos Research4Challenges, movilizan las competencias de pensamiento complejo y computacional de los cuales se desprende el proyecto objeto de estudio - “*Computational thinking-Ecosistema para el escalamiento de competencias de pensamiento computacional*”, en donde se implementan cursos centrados en los ODS para el escalamiento del pensamiento complejo y computacional de estudiantes universitarios partiendo de una experiencia de aprendizaje personalizada gracias a la integración de IA (Ramírez-Montoya et al, 2022). Los esfuerzos anteriores, demuestran el interés en desarrollar espacios digitales de calidad que promuevan experiencias de aprendizaje positivas para el alcance de los objetivos educativos y los ODS propuestos por la UNESCO.

La presente investigación pretende analizar las competencias de pensamiento complejo y computacional en universitarios adscritos a un ecosistema digital con IA. El entorno universitario se relaciona estrechamente con las necesidades del mercado laboral que requiere de profesionistas competentes en las habilidades cognitivas y técnicas específicas de su área de preparación, así como también en habilidades sociales, blandas y de pensamiento complejo (Oseda et al., 2020). Taborga-Pinto (2023) señala que el desarrollo del pensamiento computacional es fundamental para enfrentar los desafíos actuales del sector empresarial desde una perspectiva lógica y estructurada. Gallego (2023) destaca la importancia de analizar cómo es que actualmente se adquiere, comprende y difunde el conocimiento en entornos digitales. En este marco se plantea la pregunta de investigación: ¿Cómo se correlacionan las competencias de pensamiento computacional y las competencias de pensamiento complejo, en la experiencia de usuario de estudiantes universitarios, al implementar ecosistemas digitales con IA?

HIPÓTESIS DE TRABAJO Y PRINCIPALES OBJETIVOS

Hipótesis Nula: No hay una relación significativa entre el desarrollo de las competencias de pensamiento computacional y las competencias de pensamiento complejo en estudiantes universitarios, a través de experiencias formativas con plataformas digitales con IA.

Hipótesis de investigación: Existe una relación significativa entre el desarrollo de las competencias de pensamiento computacional y las competencias de pensamiento complejo en estudiantes universitarios a través de experiencias formativas con plataformas digitales con IA.

Objetivo General de investigación:

El objetivo del presente estudio es determinar cómo se relacionan el desarrollo de las competencias de pensamiento computacional y las competencias de pensamiento complejo de estudiantes universitarios, a través de experiencias formativas con plataformas digitales que integran inteligencia artificial (IA) y la evaluación de usuarios, con el fin de desarrollar un prototipo de evaluación para ecosistemas educativos con IA.

Objetivos específicos:

1. Desarrollar el marco teórico que rodea a los constructos de pensamiento complejo, pensamiento computacional, así como su evaluación con integración de inteligencia artificial y experiencia de usuario en ecosistemas educativos.
2. Determinar la correlación de las competencias de pensamiento complejo y las competencias de pensamiento computacional en estudiantes universitarios adscritos a cursos implementados en una plataforma de un ecosistema educativo digital.
3. Valorar las experiencias formativas de estudiantes universitarios, con experiencia de usuarios, en cursos implementados en una plataforma de un ecosistema educativo digital.
4. Desarrollar un prototipo de evaluación para ecosistemas educativos con IA.

METODOLOGÍA

Para la presente investigación se seguirá una metodología mixta. La metodología mixta en investigación se refiere a la integración del enfoque cuantitativo y el cualitativo para responder a una problemática de investigación (Plano-Clark & Ivankova, 2016). Se llevará a cabo un diseño concurrente con estrategia de triangulación, es decir la recopilación de los datos cuantitativos y cualitativos se realizarán de manera simultánea CUAN-Cual en dos fases. En la primera fase se medirán cuantitativamente con escala Likert las competencias de pensamiento complejo y computacional con estudiantes (usuarios) y cualitativamente se entrevistará a equipo de expertos del diseño de cursos. En una segunda fase se aplicará un prototipo con IA y se medirá cuantitativamente, con diferencial semántico, la experiencia de usuario, así como analítica de datos en la plataforma y cualitativamente, se entrevistará a usuarios sobre las incidencias detectadas para integrar mejoras.

Población y muestra: La población se constituye por los estudiantes inscritos a los cursos de las plataformas de ecosistemas digitales y el grupo de expertos para el diseño de dichos cursos. Se seguirá la estrategia de muestreo mixto se sigue para la determinación de la muestra cuantitativa (aleatoria) y cualitativa (deliberada) (Creswell, 2014).

Variables en estudio:

1. Pensamiento complejo: tipo de pensamiento holístico, compuesto de cuatro subcompetencias: pensamiento crítico, pensamiento científico, pensamiento sistémico y pensamiento innovador (Ramírez-Montoya et al., 2024).

2. Pensamiento computacional: enfoque de pensamiento que aborda la eficiencia en la solución de problemas de acuerdo con los principios del área de la informática (Lu et al., 2022), el cual se integra de cinco habilidades: abstracción, descomposición, generalización, evaluación y diseño algorítmico (Rojas-López & García-Peñalvo, 2020).

3. Experiencia de usuario en ecosistema educativo digital: aborda tanto las cualidades pragmáticas (usabilidad) como las hedónicas (aspecto deseable del sistema) (Ifthikhar et al. 2020). Los elementos clave para la aceptación del aprendizaje en línea según los estudiantes son: la usabilidad, características del profesor, calidad del sistema, información proporcionada y soporte técnico disponible (Taat & Francis, 2020).

Instrumentos:

- Escala Likert e-Complexity: para medir en estudiantes el nivel de escalamiento de las competencias de pensamiento complejo (variable 1: pensamiento complejo) (Castillo-Martínez, I. M. & Ramírez-Montoya, M. S., 2022).
- Escala Likert c-Think&Complex: para medir en estudiantes el nivel de escalamiento de las competencias de pensamiento computacional (variable 2: pensamiento computacional) (Ramírez-Montoya & Tenorio, 2023).
- Diferencial semántico de experiencia de usuario: para determinar en estudiantes las percepciones de factibilidad del uso de IA como herramienta funcional para el ecosistema digital (variable 3: experiencia de usuario en ecosistema educativo digital).
- Analítica de datos en plataforma: para analizar los datos de los usuarios interactuando con IA en la plataforma (variable 3: experiencia de usuario en ecosistema educativo digital).
- Entrevistas semiestructuradas: aplicadas a expertos (docentes y diseñadores), así como a estudiantes de los cursos, para coleccionar información sobre las experiencias y recomendaciones de mejora (variable 3: experiencia de usuario en ecosistema educativo digital).

Fuentes de información:

- **Usuarios:** estudiantes brindando información sobre el dominio de las competencias de pensamiento complejo y computacional alcanzadas con el curso estudiado, así como información respecto a su experiencia en el ecosistema digital.

- **Equipo de expertos:** docentes y diseñadores brindando información sobre experiencias en la generación de la plataforma y cursos, así como las recomendaciones de mejora.
- **Plataforma del ecosistema educativo digital:** análisis de las experiencias de usuarios interactuando con IA.
- **Material digital:** Bases de datos (Scopus, WOS, entre otras) libros, artículos y demás referente para indagar teóricamente sobre variables en cuestión, desarrollo de un marco teórico y el análisis de resultados.

Captura y análisis de la información:

- **Primera fase:**
 1. Pruebas pilotos de escalas Likert.
 2. Aplicación de escalas de Likert con estudiantes (usuarios).
 3. Análisis de resultados de escalas de Likert.
 4. Prueba piloto de entrevistas.
 5. Aplicación de entrevistas a equipo de expertos del diseño de cursos.
 6. Análisis de datos con métodos mixtos y discusión.
- **Segunda fase**
 1. Diseño de prototipo con IA
 2. Diseño y validación de diferencial semántico para medir experiencia de usuario.
 3. Análisis de datos en plataforma sobre experiencia de usuarios con IA.
 4. Prueba piloto de entrevistas a usuarios.
 5. Aplicación de entrevistas a usuarios.
 6. Mejora del prototipo de evaluación con IA.
 7. Análisis de datos con métodos mixtos y discusión.

Con el fin de contar con una base teórica sólida se realizarán un mapeo sistemático de literatura y una revisión sistemática de literatura con el fin de profundizar en el estado del arte de los constructos de la presente investigación (García-Peñalvo, 2022). Finalmente, se llevará a cabo la estrategia de triangulación de datos con el fin de dar respuesta a las interrogantes de investigación (Creswell et al., 2003). En relación con los principios éticos, se pedirá a los participantes que suscriban un documento de aceptación que especificará la facultad de retirar su participación en el estudio en cualquier momento y enfatizarán los principios de confidencialidad. Este estudio se llevará a cabo siguiendo las pautas establecidas en la cuarta edición (2018) de la Guía Ética para la Investigación Educativa del Consejo de la Asociación Británica de Investigación Educativa (BERA), y se adherirá a los estándares éticos en cuanto a consentimiento, cuidado, almacenamiento y protección de datos (Asociación Británica de Investigación Educativa [BERA], 2018).

MEDIOS Y RECURSOS MATERIALES DISPONIBLES

Este trabajo se desarrolla en el programa de Doctorado: Formación en la Sociedad del Conocimiento (García-Peñalvo et al., 2019), siendo su portal, accesible desde <http://knowledgesociety.usal.es>. En él se irán incorporando todas las publicaciones, estancias y asistencias a congresos durante el transcurso del trabajo. Además, dicho trabajo de investigación se realizará bajo el amparo del Grupo GRIAL (García-Peñalvo et al. 2019), cuyo portal de acceso es <https://grial.usal.es>

La tesis se llevará a cabo en el grupo de investigación Research 4 Challenges. Es un grupo de investigación Interdisciplinario del Instituto para el Futuro de la Educación del Tecnológico de Monterrey, que trabaja en propuestas para el fortalecimiento de habilidades y del aprendizaje a lo largo de la vida. A través de diferentes proyectos educativos busca aportar soluciones que desarrollen el pensamiento complejo, competencia fundamental para enfrentar los desafíos actuales. El portal es: <https://www.research4challenges.world/>

- I. SPSS: Software para realizar concentrado y análisis de datos cuantitativos.
- II. ATLAS.ti: software para concentrar y analizar datos cualitativos.

| TERCER AÑO (análisis de datos, comprobación de hipótesis, aplicación de instrumentos) | 2025 | | | | 2026 | | | | |
|---|------------|---------|-----------|-----------|-------|---------|-------|-------|------|
| | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo |
| TESIS:Elaboración del cuadro de triple entrada | x | | | | | | | | |
| TESIS:Elaboración de instrumentos | x | x | | | | | | | |
| TESIS:Pilotaje de los instrumentos | | | x | | | | | | |
| TESIS: Capítulo III. Método de investigación | | | | x | x | | | | |
| TESIS: Aplicación de instrumentos de primera fase | | | | x | x | | | | |
| TESIS: Aplicación de instrumentos de segunda fase | | | | | | x | x | | |
| artículo relacionado con los resultados del pilotaje. | | | x | x | | | | | |
| en los resultados obtenidos en la primera y segunda fase | | | | | | | x | x | x |
| Informe doctorado | | | | | | | | | x |

| CUARTO AÑO (análisis de datos, comprobación de hipótesis, segunda fase y redacción de informe final) | 2026 | | | | 2027 | | | | |
|--|------------|---------|-----------|-----------|-------|---------|-------|-------|------|
| | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo |
| TESIS: Capítulo IV. Análisis de Resultados | x | x | | | | | | | |
| TESIS: Capítulo V. Conclusiones | | x | x | | | | | | |
| TESIS: Integración de la tesis y ajustes pertinentes. | | | x | x | | | | | |
| TESIS: Envío de tesis completa y retroalimentación del (de la) director(a) y codirector(a) de tesis | | | | x | x | | | | |
| PUBLICACIONES 5: Elaboración del artículo con base en los resultados obtenidos | | | | | x | x | x | | |
| PUBLICACIONES 6: Elaboración del artículo de la investigación completa | | | | | | | x | x | x |

PLAN FORMATIVO

| PRIMER AÑO | |
|--|-------------------|
| ACTIVIDAD | FECHA ESTIMADA |
| Curso en plataformas en línea – Mapping de literatura y/o bibliometric. | Mayo 2024 |
| Curso en plataformas en línea – Métodos mixtos de investigación | Mayo- Junio 2024 |
| SEGUNDO AÑO | |
| ACTIVIDAD | FECHA ESTIMADA |
| Curso en plataformas en línea – tema relacionado a la formación continua | Septiembre 2024 |
| Congreso TEEM 2024 | Octubre 2024 |
| Seminario de VII – Semana doctoral | Octubre 2024 |
| Estancia de movilidad internacional | Mayo- Agosto 2025 |
| TERCER AÑO | |
| ACTIVIDAD | FECHA ESTIMADA |

| | |
|---|----------------------------------|
| Curso en plataformas en línea – tema relacionado a la formación continua | Septiembre 2025 |
| Seminario de VIII – Semana doctoral | Octubre 2025 |
| Congreso ISAAT - Escocia | 30 junio – 4 julio 2025 |
| Estancia de movilidad internacional | Mayo- Agosto 2026 |
| CUARTO AÑO | |
| ACTIVIDAD | FECHA ESTIMADA |
| Curso en plataformas en línea – tema relacionado a la formación continua | Septiembre 2026 |
| Seminario de IX – Semana doctoral | Octubre 2026 |
| Asistencia a Congreso | Fecha a determinar |
| Estancia de movilidad internacional | Enero – Mayo 2027 (a determinar) |

REFERENCIAS

Aboelimged, M., Bani-Melhem, S., Ahmad Al-Hawari, M., & Ahmad, I. (2024). Conversational AI Chatbots in library research: An integrative review and future research agenda. *Journal of Librarianship and Information Science*, 0(0). <https://doi.org/10.1177/09610006231224440>

Acero, O. L. (2020). Educación 4.0 : tendencias en la ruta del aprendizaje en la educación superior del Siglo XXI. In Castañeda, A.E., Vargas-Rodríguez, G. R., Orduz-Quijano, M., Acero, O. L., & Gómez-Arévalo, J.A. (Eds.) *La formación integral en los posgrados en educación : aportes desde el humanismo, el currículo, la epistemología y la educación 4.0 en América Latina* (pp.85-104). Fundación Universitaria Juan N. Corpas. Centro Editorial. Ediciones FEDICOR. <https://doi.org/10.26752/9789589297407.4>

Alfaro-Ponce, B., Patiño, A., & Sanabria-Z, J. (2023). Components of computational thinking in citizen science games and its contribution to reasoning for complexity through digital game-based learning: A framework proposal. *Cogent Education*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/2331186x.2023.2191751>

Alier, M., García-Peñalvo, F. J., & Camba, J. D. (2024). Generative Artificial Intelligence in Education: From Deceptive to Disruptive. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 8(5), 5-14. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2024.02.011>

Asociación Británica de Investigación Educativa [BERA] (2018). *Guía Ética para la Investigación Educativa* (4.a ed.) (L. Rivera Otero and R. Casado-Muñoz, Trads.). <https://www.bera.ac.uk/publication/guia-etica-para-la-investigacion-educativa>

Castillo-Martínez, I. M., Argüelles-Cruz, A. J., Piñal-Ramírez, O. E., Glasserman-Morales, L. D., Ramírez-Montoya, M. S., & Carreon-Hermosillo, A. (2023). Towards the development of complex thinking in university students: Mixed methods with ideathon and artificial intelligence. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5, 100186. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100186>

Castillo-Martínez, I. M. & Ramírez-Montoya, M. S. (2022). Instrumento eComplexity: Medición de la percepción de estudiantes de educación superior acerca de su competencia de razonamiento para la complejidad. <https://hdl.handle.net/11285/643622>

- Creswell, J. W. (2014). *A concise introduction to mixed methods research*. SAGE publications.
- Creswell, J. W., Plano Clark, V. L., Guttman, M. L., & Hanson, E. E. (2003). Advanced mixed methods research design. In A. Tashakkori & C. Teddlie (Eds.). *Handbook of mixed methods in social and behavioral research* (pp. 209-240). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Emerson, A., Geden, M., Smith, A., Wiebe, E., Mott, B., Boyer, K. E., & Lester, J. (2020). Predictive student modeling in block-based programming environments with Bayesian hierarchical models. In Kuflik, T., Torre, I., Burke, R., & Gena, C. (Eds.). *Proceedings of the 28th ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization* (pp. 62–70). ACM. <https://doi.org/10.1145/3340631.3394853>
- Gallego, R. A. (2023). Generación del conocimiento en un ecosistema digital de aprendizaje. In López, D. M. (Ed.) *Convergencia mediática: nuevos escenarios, nuevas perspectivas* (pp. 533-548). Dykinson.
- García-Peñalvo, F. J. (2022). Developing robust state-of-the-art reports: Systematic Literature Reviews. *Education in the Knowledge Society*, 23, Article e28600. <https://doi.org/10.14201/eks.28600>
- García-Peñalvo, F. J., Llorens-Largo, F., & Vidal, J. (2024). La nueva realidad de la educación ante los avances de la inteligencia artificial generativa. *RIED: revista iberoamericana de educación a distancia*, 27(1), 9–39. <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37716>
- García-Peñalvo, F. J., & Mendes, A. J. (2018). Exploring the computational thinking effects in pre-university education. *Computers in Human Behavior*, 80, 407-411. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.12.005>
- García-Peñalvo, F. J., Rodríguez-Conde, M. J., Therón, R., García-Holgado, A., Martínez-Abad, F., & Benito-Santos, A. (2019). Grupo GRIAL. *IE Comunicaciones. Revista Iberoamericana de Informática Educativa*(30), 33-48. <https://bit.ly/35IIQh9>
- García-Peñalvo, F. J., Rodríguez-Conde, M. J., Verdugo-Castro, S., & García-Holgado, A. (2019). Portal del Programa de Doctorado Formación en la Sociedad del Conocimiento. Reconocida con el I Premio de Buena Práctica en Calidad en la modalidad de Gestión. In A. Durán Ayago, N. Franco Pardo, & C. Frade Martínez (Eds.), *Buenas Prácticas en Calidad de la Universidad de Salamanca: Recopilación de las I Jornadas. REPOSITORIO DE BUENAS PRÁCTICAS (Recibidas desde marzo a septiembre de 2019)* (pp. 39-40). Ediciones Universidad de Salamanca. <https://doi.org/10.14201/OAQ02843940>
- García-Peñalvo, F. J., & Vázquez-Ingelmo, A. (2023). What do we mean by GenAI? A systematic mapping of the evolution, trends, and techniques involved in Generative AI. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 8(4), 7-16. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2023.07.006>
- George-Reyes, C. E. (2023) Imbricación del pensamiento computacional y la alfabetización digital en la educación. Modelación a partir de una revisión sistemática de la literatura. *Revista Española de Documentación Científica*, 46 (1), e345. <https://doi.org/10.3989/redc.2023.1.1922>
- González-Pérez, L. I., & Ramírez-Montoya, M. S. (2019). User Experience of an Institutional Repository in a Private University in Mexico: A Fundamental Component in the Framework of Open Science. *Journal of Information Technology Research*, 12(4), 67-87. doi: 10.4018/JITR.2019100104
- Iftikhar, S., Guerrero-Roldán, AE., Mor, E., & Bañeres, D. (2020). User Experience Evaluation of an e-Assessment System. In: Zaphiris, P., & Ioannou, A. (Eds) *Learning and Collaboration Technologies. Designing. Developing and Deploying Learning Experience* (pp. 77-98). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50513-4_6
- Lafuente, M., Lévêque, O., Benítez, I., Hardebolle, C., & Zufferey, J. D. (2022). Assessing Computational Thinking: Development and Validation of the Algorithmic Thinking Test for Adults. *Journal of Educational Computing Research*, 60(6), 1436-1463. <https://doi.org/10.1177/073563312111057819>

- Lu, C., Macdonald, R., Odell, B., Kokhan, V., Demmans Epp, C., & Cutumisu, M. (2022). A scoping review of computational thinking assessments in higher education. *Journal of Computing in Higher Education*, 34(2), 416-461. <https://doi.org/10.1007/s12528-021-09305-y>
- Mono-Castañeda, A. (2023). Pensamiento computacional para una sociedad 5.0. *Revista Tecnología, Ciencia Y Educación*, (25), 111–140. <https://doi.org/10.51302/tce.2023.1440>
- Oseda, D., Mendivel, R. K., & Angoma, M. (2020). Estrategias didácticas para el desarrollo de competencias y pensamiento complejo en estudiantes universitarios. *Sophia, colección de Filosofía de la Educación*, (29), 235-259. <https://doi.org/10.17163/soph.n29.2020.08>
- Polanco-Padrón, N., Ferrer-Planchart, S., & Fernández-Reina, M. (2021). Aproximación a una definición de pensamiento computacional. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 55-76. doi: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.24.1.27419>
- Plano-Clark, V., & Ivankova, N. (2016). What is mixed methods research?: considering how mixed methods research is defined. *Mixed methods research: A guide to the field*, 55-78. <https://doi.org/10.4135/9781483398341>
- Ramírez-Montoya, M.S., Basabe, E., Carlos- Arroyo, M., Patiño-Zúñiga, I.A., & Portuguese-Castro, M. (2024). *Modelo educativo abierto de pensamiento complejo: Horizontes en el Futuro de la Educación*. Octaedro.
- Ramírez-Montoya, M.S., Castillo-Martínez, I.M., Sanabria-Zepeda, J. & Miranda, J. (2022). Complex Thinking in the Framework of Education 4.0 and Open Innovation: A Systematic Literature Review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(1), 4. <https://doi.org/10.3390/joitmc8010004>
- Ramírez-Montoya, M.S., Glasserman Morales, L. D., Álvarez-Icaza, I., Sanabria Zepeda, J. C., Miranda Mendoza, J., Terashima-Marín, H.,González Peña, O.I., Morales Menéndez, R., Molina, J.M., González Mendoza, M., Alonso Galicia, P. E., Vázquez Parra, J.C., López Caudana, E.O., Ponce Cruz, P., Burgos Aguilar, J.V., Suárez Brito, P.,Lindín Soriano, C., Hernández Gress, N. (2022). R4C (Research for complexity)- Escalando el razonamiento complejo para todos. In 52 Congreso de Investigación y Desarrollo. Tecnológico de Monterrey. México. Retrieved from: <hdl.handle.net/11285/645228>
- Ramírez-Montoya, M. S. & Tenorio, G. C. (2023). Escala Likert c-Think&- Complex: Medición de la percepción competencias de competencias de pensamiento computacional, complejo y digital [c-Think&Complex Computational and complex thinking in the framework of digital competences]. Tecnológico de Monterrey. <https://hdl.handle.net/11285/651166> <https://hdl.handle.net/11285/651167>
- Rojas-López, A., & García-Peñalvo, F. J. (2020). Evaluación de habilidades del pensamiento computacional para predecir el aprendizaje y retención de estudiantes en la asignatura de programación de computadoras en educación superior. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 20(63), 4. doi:10.6018/red.409991
- Sanabria-Z, J., Castillo-Martínez, I. M., González-Pérez, L. I., & Ramírez-Montoya, M. S. (2023). Complex thinking through a Transition Design-guided Ideathon: testing an AI platform on the topic of sharing economy. *Frontiers in Education*, 8, 1186731. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1186731>
- Taat, M.S., & Francis, A. (2020). Factors Influencing the Students' Acceptance of E-Learning at Teacher Education Institute: An Exploratory Study in Malaysia. *International Journal of Higher Education*, 9 (1). <https://doi.org/10.5430/ijhe.v9n1p133>
- Taborga-Pinto, L. F. (2023). Pensamiento computacional y emprendimiento: un análisis teórico de su relación. *Revista Científica Business Insights*, 6(6), 34-40.
- Tobón, S., & Luna-Nemecio, J. (2021). Complex thinking and sustainable social development: Validity and reliability of the complex-21 scale. *Sustainability*, 13(12), 6591. <https://doi.org/10.3390/su13126591>

UNESCO. (2017). *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: objetivos de aprendizaje*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252423>

UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: a new social contract for education*. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/ASRB4722>