

Web semántica en salud para escalar competencias de razonamiento para la  
complejidad

Luis Clemente Jiménez-Botello

DIRECTORA

María Soledad Ramírez-Montoya

PLAN DE INVESTIGACIÓN

PROGRAMA DE DOCTORADO FORMACIÓN EN LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

FECHA

6 de junio 2023

## INTRODUCCIÓN

Es un hecho que la cantidad de información disponible en la WEB seguirá creciendo y que es necesario que existan mejores sistemas de organización y jerarquización de la información. En todo momento, hay que considerar que el proceso de búsqueda de información en Internet es una interacción humano computadora (HCI) y que siempre se debe priorizar a la persona por sobre la máquina (Balcolme and De Leo, 2022). Un avance de una WEB al servicio de los seres humanos es la WEB 3.0, también conocida como WEB Semántica (Suárez Sánchez, 2021), la cual tiene diferencias significativas respecto a la WEB 2.0, como es el denominado hiperservicio, que por sí mismo define un ambiente mucho más eficiente, en cuanto a interoperabilidad y programación de códigos en cadena (blockchain), lo cual incrementa notablemente su seguridad (Liu, 2021). Al trabajar esta magnitud de información compleja, nos encontramos dentro del campo de Big Data, y tratándose de información en salud, el campo del conocimiento evoluciona a Big Healthcare Data, el cual debe basarse en sistemas ontológicos que permitan un mejor análisis y comprensión de la información.

La ontología, es una rama de la filosofía relacionada con la naturaleza del “ser” y en ciencia computacional, la ontología es una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida. Es por ello que para formalizarla, se han desarrollado lenguajes ontológicos estandarizados, como OWL y diversas herramientas computacionales que permiten la representación de ontologías (Lu et al. 2023), esto permite contar con sistemas de indexación semánticos basados en ontologías y que son apoyados por Machine Learning (Sharma and Kumar, 2023). Uno de los sistemas semánticos más representativos es SemPryv, el cual integra la ontología, interrelación semántica, interoperabilidad con otros portales y Machine Learning; utilizando de manera estandarizada vocabulario, ontologías y taxonomías en favor del usuario (Calbimonte et al. 2023). Actualmente, la ontología y la semántica aplicada a diferentes áreas del conocimiento, en particular en salud, ha tomado una gran relevancia debido a sus potenciales beneficios para los usuarios.

En los últimos años, los sistemas ontológicos en salud han tenido avances notables. un ejemplo de ello son los sistemas SNOMED, MedO, OBI Ontology, GALEN, Gene Ontology, entre otros; además de ambientes computacionales como: Resource Description Framework (RDF), Ontology Web Language (OWL), y Open Biomedical Ontology (OBO) (Torres-Ruiz, M. et al. 2022). De igual manera se han desarrollado plataformas en español que integran las mismas funcionalidades en cuanto a conceptos semánticos, pero considerando a usuarios de España y por supuesto hispanohablantes, la plataforma MedLexSp utiliza lenguaje natural y reconocimiento de acentos e interrelación de conceptos en español e inglés (Campillo-Llanos, 2023), en México se ha desarrollado LINDASearch (LINDASearch stands for Linked Data Search) un sistema de búsqueda semántica, con buenos resultados pero aún mejorable (Sanchez-Cervantes, J.L. et al. 2020). Muchos de los sistemas que han sido desarrollados, solo funcionan como buscadores, pero es importante que estos sistemas ontológicos beneficien al usuario, en particular le permitan abordar y solucionar problemas, a través de logro de las competencias de razonamiento complejo, en especial durante su proceso educativo.

Una aplicación importante Ontología y las plataformas de WEB Semántica, es directamente en el área de educación. Es precisamente en educación, donde se ha logrado identificar la importancia de los sistemas ontológicos para el logro de competencias de pensamiento complejo en estudiantes de nivel superior (Sigahi and Snelwar, 2022). Al respecto y en cuanto a educación en salud refiere, se ha dado evidencia de la utilidad de las plataformas de WEB Semántica en Salud en la formación de recursos humanos (Hernández-Chan et al. 2016) al generar las competencias de razonamiento complejo en estudiantes en pregrado, con sus correspondientes áreas de oportunidad y mejora, al respecto el mayor avance ha sido en las ingenierías (Toniolo et al. 2022), con relación al habla hispana en España se ha logrado un modelo de la formación integral de la competencia de trabajo en equipo (Fidalgo-Blanco et al. 2020), así como también ambientes de aprendizaje múltiple para el estudiante, basados en red de ontologías (Yago et al. 2018). Sin embargo, es poco lo que se ha avanzado en cuanto a formación de estudiantes de carreras de salud, por lo tanto y para impactar positivamente en la formación de este valioso capital humano en cuanto a competencias para el razonamiento complejo, se deberán generar y perfeccionar de manera continua, diversas plataformas semánticas, para que puedan ser instrumentos que verdaderamente contribuyan fomentar pensamiento complejo, pero para ello es necesario reflexionar y trabajar para lograr comprender: ¿Cómo se correlacionan los componentes tecnopedagógicos de una red semántica en salud, con niveles de escalamiento para la complejidad?

## HIPÓTESIS DE TRABAJO Y PRINCIPALES OBJETIVOS

### Hipótesis

El desarrollo y uso de una plataforma de Web Semántica en Salud, contribuirá a lograr el desarrollo de competencias de razonamiento para la complejidad en estudiantes de salud a nivel licenciatura.

### Hipótesis nula

El desarrollo y uso de una plataforma de Web Semántica en Salud, no aportará para el logro de competencias de razonamiento para la complejidad en estudiantes de salud a nivel licenciatura

### Objetivo General

Desarrollar una plataforma de Web Semántica en Salud, mediante detección de necesidades del usuario final, para lograr el desarrollo de competencias de razonamiento para la complejidad en estudiantes de la salud de nivel licenciatura.

### Objetivos específicos

1. Detectar las áreas de oportunidad en las plataformas existentes de Web Semántica en Salud, en cuanto a generación de competencias de pensamiento complejo, en estudiantes de salud.
2. Desarrollar una plataforma Web Semántica en Salud, que permita la generación de competencias de pensamiento complejo en estudiantes de salud.
3. Evaluar la plataforma Web Semántica en Salud, en cuanto a la generación de competencias de pensamiento complejo en comparación con las plataformas existentes.

### Preguntas de investigación

1. ¿Cómo se correlacionan los componentes tecnopedagógicos de una red semántica en salud, con niveles de escalamiento para la complejidad?
2. ¿Es posible que una plataforma de web semántica en salud ayude al usuario a generar competencias de pensamiento complejo?
3. ¿Cuáles competencias para el pensamiento complejo serán las que más se desarrollen al utilizar una plataforma de Web semántica?

## METODOLOGÍA

1) Revisión sistemática de literatura. Se realizará una revisión de mapeo de literatura, con relación al marco metodológico se utilizará PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), con las correspondientes fases: planificación de la revisión sistemática, realización de la revisión sistemática e informe de la revisión sistemática (García-Peñalvo, 2022a); considerando en todo momento la pregunta de investigación.

2) Método de investigación. Este proyecto será realizado utilizando métodos mixtos, para investigación en ciencias sociales y educación (Ramírez-Montoya y Lugo-Ocando, 2020). Esto al considerar el factor humano, el proceso educativo, y procesos que combinan estrategias cuantitativas y cualitativas. esta metodología es la ideal para el estudio, ya que proporciona una mejor comprensión del problema de estudio, es por lo que para el desarrollo de esta investigación se utilizará el método de investigación mixto (Creswell, 2015), (Johnson y Onwuegbuzie, 2004). El diseño será secuencial explicativo CUAN -> CUAL en dos fases (PRE y POST desarrollo de la plataforma) (Creswell et al., 2013). En la fase PRE DES, se realizará un análisis cuantitativo, aplicando a estudiantes de salud de nivel licenciatura, cuestionarios en escala Likert, así como entrevistas (Cual) y listas de observación (Cual), enfatizando aspectos relevantes relacionados con razonamiento complejo. Desarrollo de la plataforma (DES), con los datos obtenidos en la fase 1 se diseñará una plataforma de WEB Semántica en Salud, con el diferencial de fomentar el logro de competencias para el razonamiento complejo en estudiantes de salud. En la fase POST DES, se evaluará la plataforma, presentándola a estudiantes de licenciaturas en salud y se profundizará a través de instrumentos cualitativos, como entrevistas a profundidad, listas de observación, rúbricas de evaluación, listas de cotejo, así como cuestionarios en escala Likert (Cuan), con relación al logro de competencias para el razonamiento para la complejidad. Al finalizar se redactará un reporte dando a conocer los resultados del proceso de investigación.

3) Población y muestra. La población se constituye por dos grupos del mismo nivel académico, constituido por estudiantes de las carreras del área de salud (población PRE DES y población POST DES, con relación a la plataforma a desarrollar). Ambos grupos deberán tener igualdad de condiciones, aun cuando se trate de sujetos distintos. Para la selección de la muestra se utilizará un muestreo intencionado (cualitativo), pero también probabilístico (cuantitativo) en la selección de los participantes (Creswell, 2015).

4) Variables en estudio. Sub-Competencias del Pensamiento Complejo (Ramírez-Montoya et al. 2022)

Pensamiento crítico. El cual en un proceso intelectual encaminado a conceptualizar, aplicar, analizar, sintetizar y evaluar información adquirida, o generada por observación, experiencia, reflexión, razonamiento o comunicación.

Pensamiento sistémico. Es el razonamiento subyacente que los estudiantes deben desarrollar y comprender sistemas y fenómenos globales complejos.

Pensamiento científico. Es un pensamiento de orden superior, que ayuda a los estudiantes en la era de la competencia global a superar problemas.

Pensamiento innovador. Es la capacidad para la creatividad, implementada con un alto grado de éxito.

5) Instrumentos (Fraenkel, 1993; Ander-Egg, 1994).

I. Cuestionarios de escala Likert: para conocer la percepción de los estudiantes en cuanto a su percepción con relación a la plataforma WEB Semántica en salud.

II. Entrevistas semiestructuradas: a estudiantes y recién egresados de profesional para indagar cómo perciben la importancia y utilidad de las plataformas de WEB Semántica en Salud, en cuanto a su aporte para lograr las competencias para el razonamiento complejo, en particular relacionado a su carrera profesional.

III. Lista de observación: se realizará al grupo de estudiantes al que se le aplicaron los cuestionarios de escala Likert, tanto en la primera como en la tercera fase, para observar el nivel de desarrollo de competencias para el razonamiento complejo con relación a los perfiles profesionales en salud.

IV. Rúbricas de evaluación: para identificar, en las actividades que entreguen los estudiantes, si alcanzaron los niveles de dominio que garantizan el logro de las competencias para el razonamiento complejo, ligadas a las carreras de salud.

6) Fuentes de información.

I. Alumnos de profesional: Darán su opinión sobre como perciben las plataformas de WEB Semántica en salud actuales y sobre la que se va a desarrollar en este proyecto, a fin de conocer su percepción con relación a las competencias para el razonamiento complejo en el área de la salud.

II. Expertos: docentes, investigadores o profesionales con autoridad académica en pensamiento computacional, web semántica y pensamiento complejo.

III. Documentos significativos: planeaciones y rúbricas para identificar cómo se diseñan los instrumentos para evaluar el logro de competencias para el razonamiento complejo, así como para cuantificar los niveles de dominio alcanzados.

IV. Material digital: Bases de datos, libros, revistas, artículos para conocer el estado en cuestión de las variables, facilitar la fundamentación teórica y el análisis de resultados.

7) Captura y análisis de la información.

FASE Pre Desarrollo (PRE DES):

1. Pruebas de validez de los cuestionarios.

2. Prueba piloto para cuestionarios.

3. Modificación de los resultados con base en pruebas piloto.

4. Presentación de las actuales plataformas de WEB Semántica en salud

4. Aplicación de cuestionarios de escala Likert.

5. Análisis de los resultados de los cuestionarios.

6. Análisis de documentos significativos.

DESARROLLO (DES) de plataforma WEB:

1. Diseño de la plataforma WEB Semántica en Salud, con base en la información obtenida en la fase 1,

2. Presentación y prueba de la plataforma por parte de expertos en el pensamiento computacional y pensamiento complejo, para detección de áreas de oportunidad y mejora de la plataforma

3. Realización de observaciones participantes y registro de lo observado.

4. Análisis de los registros de observación, para retroalimentar al diseño de la plataforma

FASE Post Desarrollo (POST DES):

1. Presentación de la plataforma WEB semántica en salud, que será desarrollada en este proyecto

2. Aplicación de cuestionarios de escala Likert e instrumentos cualitativos

3. Análisis de los resultados de cuestionarios e instrumentos cualitativos

4. Transcripción de la información obtenida a partir del análisis de los registros de observaciones, sobre la plataforma WEB Semántica en Salud.

##### 5. Redacción del reporte.

Para la información cuantitativa se utilizará el software SPSS, las pruebas estadísticas se realizarán a partir de la normalidad del comportamiento de los datos. La información cualitativa se procesará utilizando el software Atlas Ti, a fin de determinar las categorías que emergen, así como las palabras clave y las relaciones que existen entre estas.

Finalmente, se tomarán en cuenta los resultados de los instrumentos cuantitativos y cualitativos de acuerdo con la metodología mixta (Creswell et al. 2003), para dar respuesta a las interrogantes de investigación. En los diseños inmersos la información cualitativa complementa a la cuantitativa o viceversa (Creswell y Plano, 2011). De igual manera deberá llevarse a cabo una triangulación a través de la comparación de los resultados encontrados en las diferentes fuentes de información: estudiantes de licenciaturas en salud, expertos en el área de computación y educación y documentos significativos.

## MEDIOS Y RECURSOS MATERIALES DISPONIBLES

Este trabajo se desarrolla en el programa de Doctorado: Formación en la Sociedad del Conocimiento (García-Peñalvo, 2014, 2022b), siendo su portal, accesible desde <http://knowledgesociety.usal.es>, la principal herramienta de comunicación y visibilidad de los avances (García-Holgado et al., 2015; García-Peñalvo et al., 2019b). En él se irán incorporando todas las publicaciones, estancias y asistencias a congresos durante el transcurso del trabajo. Esta tesis se desarrolla en el Grupo GRIAL de la Universidad de Salamanca (García-Peñalvo et al., 2019a; GRIAL, 2019).

Además, en el transcurso de la investigación se utilizará:

- SPSS: Software para realizar concentrado y análisis de datos cuantitativos.
- Atlas Ti: software para concentrar y analizar datos cualitativos.
- Qualtrics: para la elaboración y aplicación de los cuestionarios.
- Minitab: programa para análisis estadístico.
- Tableau: programa para realizar gráficos.
- SCOPUS: base de datos indispensable para apoyo bibliográfico
- Mendeley: como gestor de información.
- Zoom: plataforma para observaciones participantes y entrevistas en un contexto virtual.
- Planes académicos: permitirán conocer los contenidos y las competencias profesionales que se busca desarrollar en los estudiantes de salud y permitirá diseñar los cuestionarios con relación a las competencias para el razonamiento complejo.

# PLANIFICACIÓN TEMPORAL

	2022					2023						
Primer año	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
TESIS: Definición de directores	■											
TESIS: Socialización de la idea de investigación		■										
TESIS: Primer planteamiento del tema de investigación		■										
TESIS: Revisión bibliográfica, selección de autores para el planteamiento			■									
TESIS: Entrega de plan de investigación a director/codirector			■									
TESIS: Resultados y correcciones del plan de investigación director/codirector				■								
TESIS: Entrega de plan de investigación a la comisión					■							
TESIS: Resultados y correcciones del plan de investigación (comisión académica)						■						
TESIS: Entrega de plan de investigación corregido						■						
TESIS: Revisión de literatura 2.1 Mapping – Categoría 1							■					
TESIS: Revisión de literatura 2.2 SLR – Categoría 2								■				
TESIS: Borrador Capítulo 2. Revisión de literatura									■			
TESIS: Retroalimentación del capítulo 2 por parte del director y codirector										■		
TESIS: Versión final del capítulo 2: Revisión de literatura											■	
Ponencia 1. Congreso IEEM, Salamanca, España, Plan de Investigación							■					
Ponencia 2. Congreso IEEM, Salamanca, España, Mapping								■				
Publicaciones 1: Artículo en Revista con Q1 o Q2 Mapping												■
Informes doctorado												■
Segundo año	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
TESIS: Capítulo III, Método de Investigación 3.1 – 3.5	■											
TESIS: Capítulo III, 3.6 Prueba piloto		■										
TESIS: Capítulo III, 3.7 Aplicación de instrumentos de primera fase			■									
TESIS: Capítulo III, Implementación del plan de acción – innovación				■								
TESIS: Capítulo III, 3.7 Aplicación de instrumentos de segunda fase					■							
TESIS: Capítulo III, 3.8 Captura y análisis de datos						■						
Ponencia 3. Congreso ISATT, Salamanca, España, Pilotaje Cap. 3	■											
Publicaciones 2: Artículo en Revista con Q1 o Q2 SLR												■
Publicaciones 3: Artículo en Revista con Q1 o Q2												■
Estancias: Estancia en Universidad Internacional												■
Informes doctorado												■
TESIS: Capítulo IV, Resultados												■
Estancias: Estancia en Universidad Internacional												■
Informes doctorado												■
Tercer año	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
TESIS: Capítulo V, Propuesta Modelo	■											
TESIS: Capítulo VI, Discusión, Conclusiones y Recomendaciones		■										
TESIS: envío de tesis completa y retroalimentación de la Directora de tesis			■									
TESIS: Preparación de examen de grado				■								
Publicaciones 4: Artículo en Revista con Q1 o Q2 Resultados					■							
Publicaciones 5: Artículo en Revista con Q1 o Q2 Investigación completa												■
Informes doctorado												■

## REFERENCIAS

- Ander-Egg, E. (1994). Técnicas de investigación social. 23a. ed. México: El Ateneo.
- Asociación Británica de Investigación Educativa [BERA] (2019) Guía Ética para la Investigación Educativa (4.a ed.) (L.Rivera Otero and R. Casado-Muñoz, Trads.), Londres. <https://www.bera.ac.uk/publication/guia-etica-para-la-investigacion-educativa>
- Balcombe, L and De Leo, d. (2022). Human-Computer interaction in digital mental health. *Informatics*, 9 (1), 14. <https://doi.org/10.3390/informatics9010014>
- Calbimonte, J.P., Aidonopoulos, O., Dubosson, F., Pocklington, B., Kebets, I., Legris, P.M. and Schumacher, M. Decentralized semantic provision of personal health streams. *Journal of Web Semantics*, Volume 76, 2023, 100774. <https://doi.org/10.1016/j.websem.2023.100774>.
- Campillos-Llanos, L. (2023) *Journal of Biomedical Semantics*.14:2 <https://doi.org/10.1186/s13326-022-00281-5>
- Creswell, J.W. (2015). A concise introduction to mixed methods research. Thousand Oaks, CA, USA: SAGE.
- Creswell, J. W., & Plano, V.L. (2011). Designing and conducting mixed methods research. United States of America:SAGE Publications, Inc.
- Creswell, J. W, Plano Clark, V. L., Guttman, M. L., y Hanson, E. E. (2003). Advanced mixed methods research design.En A. Tashakkori y C. Teddlie (Eds.). *Handbook of mixed methods in social and behavioral research* (pp. 209-240). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Creswell, J., Klassen, A., Plano Clark, V., and Clegg Smith, K. (2013). Best Practices for Mixed Methods Research in the Health Sciences John W. Creswell, Ann Carroll Klassen, Vicki L. Plano Clark, Katherine Clegg Smith for the Office of Behavioral and Social Sciences Research; Qualitative Methods Overview Jo Moriarty. *Qualitative Social Work*, 12(4), 541–545. <https://doi.org/10.1177/1473325013493540>
- Fidalgo-Blanco, A., Sein-Echaluze, M. L., Joségarcía-Peñalvo, F., & Sánchez-Canales, M. (2020). Validation of a semantic search engine for academic resources on engineering teamwork. *International Journal of Engineering Education*,36(1 B), 341-351. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Fraenkel, J. & Wallen, N. (1993). How to design and evaluate research in education. USA:McGraw Hill.
- García-Holgado, A., García-Peñalvo, F. J., & Rodríguez-Conde, M.J. (2015). Definition of a technological ecosystem for scientific knowledge management in a PhD Programme. In G. R. Alves & M. C. Felgueiras (Eds.), *Proceedings of the Third International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'15)* (Porto, Portugal, October 7-9, 2015) (pp. 695-700). New York, NY, USA: ACM.
- García-Peñalvo, F. J. (2014). Formación en la sociedad del conocimiento, un programa de doctorado con una perspectiva interdisciplinar. *Education in the Knowledge Society*, 15(1), 4-9.
- García-Peñalvo, F. J. (2022a). 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. (2022b). *Sesión de bienvenida (kick-off meeting) del Programa de Doctorado Formación en la Sociedad del Conocimiento: Curso 2022-2023* Seminarios del Programa de Doctorado en Formación en la Sociedad del Conocimiento (24 de octubre de 2022), Salamanca, España. <https://bit.ly/3za9xfo>
- García-Peñalvo, F. J., Rodríguez-Conde, M. J., Therón, R., García-Holgado, A., Martínez-Abad, F., & Benito-Santos, A.(2019a). Grupo GRIAL. IE Comunicaciones. *Revista Iberoamericana de Informática Educativa* (30), 33-48.
- García-Peñalvo, F. J., Rodríguez-Conde, M. J., Verdugo-Castro, S. y García-Holgado, A. (2019b). 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 Jornadas REPOSITORIO DE BUENAS PRÁCTICAS*, p. 39-40.
- Grupo GRIAL. (2019). Producción Científica del Grupo GRIAL de 2011 a 2019 (GRIAL-TR-2019-010). Salamanca, España: Grupo GRIAL, Universidad de Salamanca. <https://bit.ly/30l9mLh>
- Johnson, R.B., y Onwuegbuzie, A.J. (2004). Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come. *Educational Researcher*, 33(7), pp. 14-26.
- Hernandez-Chan, G.S., Ceh-Varela, E.E., Cervera-Evia, G., Quijano-Aban, V. (2016). Using Semantic Technologies foran Intelligent Medical Trainer. In: Martin-Gonzalez, A., Uc-Cetina, V. (eds) *Intelligent Computing Systems. ISICS 2016. Communications in Computer and Information Science*, vol 597. Springer, Cham. [https://doi-org.biblioteca-ils.tec.mx/10.1007/978-3-319-30447-2\\_6](https://doi-org.biblioteca-ils.tec.mx/10.1007/978-3-319-30447-2_6)
- Liu, Z. (2021). Make Web 3.0 connected in *IEEE Transactions on Dependable and secure Computing*, vol. 19, no. 5, pp.2965-2981, 1 sept-oct. 2022. [10.1109/TDSC.2021.3079315](https://doi.org/10.1109/TDSC.2021.3079315)
- Lu, S., Tazin, A., Chen, Y. et al. Detection of Inconsistencies in SysML/OCL Models Using OWL Reasoning. *SN COMPUT. SCI.* 4, 175 (2023). <https://doi.org/10.1007/s42979-022-01577-0>
- Organización de las Naciones Unidas (2015). Objetivo 17: Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible. [www.un.org/sustainabledevelopment/es/globalpartnerships/](http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/globalpartnerships/)
- Ramírez-Montoya, M. S. (2015). Modelos y estrategias de enseñanza para ambientes innovadores. Monterrey, México:Editorial Digital del Tecnológico de Monterrey.
- Ramírez-Montoya, M. S., Castillo-Martínez, I. M., Sanabria-Z, 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., & Lugo-Ocando, J. (2020). Systematic review of mixed methods in the framework of educational innovation. [Revisión sistemática de métodos mixtos en el marco de la innovación educativa]. *Comunicar*, 65, 9-20. <https://doi.org/10.3916/C65-2020-01>
- Sharma, A. and Kumar, S. (2023) Machine learning and ontology-based novel semantic document indexing for information retrieval. *Computers & Industrial Engineering* 176, 108940. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108940>
- Suárez Sánchez, A. (2021). Web vs web semántica: métodos distintos de organización de información en la red. En: Guerra González, Jenny Teresita y Jonathan Hernández Pérez. *La información después del internet: Repensando las libertades, amenazada y derechos*. (pp. 133-150). [http://ru.iibi.unam.mx/jspui/handle/IIBI\\_UNAM/146](http://ru.iibi.unam.mx/jspui/handle/IIBI_UNAM/146)
- Toniolo RMM, Peres AM, Montezeli JH. Approaches of the systematization of nursing care, complexity and ontology in the professional practice of nurses. *Rev Gaúcha Enferm.* 2022;43:e20210213. doi: <https://doi.org/10.1590/1983-1447.2022.20210213>.en
- Torres-Ruiz, M., Quintero, R., Guzman, G., & Chui, K. T. (2022). Healthcare Recommender System Based on Medical Specialties, Patient Profiles, and Geospatial Information. *Sustainability*, 15(1), 499. <https://doi.org/10.3390/su15010499>
- Sánchez-Cervantes, J.L., Colombo-Mendoza, L.O., Alor-Hernández, G. et al. LINDASearch: a faceted search system for linked open datasets. *Wireless Netw* 26, 5645–5663 (2020). <https://doi-org.biblioteca-ils.tec.mx/10.1007/s11276-019-02029-z>
- Sigahi, T.F.A.C. and Sznclwar, L.I. (2022). Exploring applications of complexity theory in engineering education research: a systematic literature review. *Journal of Engineering Education*, 111(1), 232-260. <https://doi.org/10.1002/jee.20438>
- Yago, H., Clemente, J., Rodriguez, D., & Fernandez-de-Cordoba, P. (2018). ON-SMMILE: Ontology network-based student model for Multiple learning environments. *Data and Knowledge Engineering*, 115, 48-67. doi:10.1016/j.datak. 2018.02.002