

REVISTA
53(2)

Número especial
Enero 2023

PUBLICACIONES



Publicaciones. Facultad de Educación y Humanidades del Campus de Melilla

Depósito legal: GR-94-2001 · eISSN: 2530-9269 · pISSN: 1577-4147

Edita: Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte de Melilla (Universidad de Granada)



License 4.0 BY-NC-SA

Nota Editorial

Editorial Note

Emma Margarita Wong-Fajardo

El permanente cambio tecnológico y científico del mundo, así como el ritmo en el que avanzan, traen consigo una serie de exigencias y retos al sistema educativo universitario, que busca cada vez más que los alumnos desarrollen su potencial, como respuesta a las exigencias y desafíos del siglo XXI .

En esta línea el CISETC (Congreso Internacional sobre Educación y Tecnología en Ciencias) propició un espacio científico y académico, donde se socializaron las mejores prácticas de enseñanza en STEAM (por sus siglas Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemática) y respondió a las exigencias y retos del sistema educativo en general⁴, que actualmente se orienta en cómo utilizar mejor la tecnología. Además, los resultados de este importante Congreso, brindan posibilidades de desarrollo en las aulas de los diferentes niveles educativos.

Los artículos científicos que conforman esta edición corresponden al número especial del CISETC 2021, realizado en la ciudad de Chiclayo - Perú, donde se abordan una variedad de trabajos de investigación e innovación en los campos STEAM, los cuales son una muestra del estado de desarrollo de la investigación educativa en América Latina, que está consolidándose rápido y tiene, sin lugar a duda, un futuro promisorio.

El artículo de Holguin-Alvarez, Cruz-Montero, Ruiz-Salazar y Ledesma-Pérez se basa en la propuesta STEAM de Garofalo, adaptando su versión robótica ciudadina a la exploración educativa de playas, desarrollando un experimento de responsabilidad social mediante un programa de ecología robótica basado en tres fases pedagógicas: Inteligencia ecológica social; Tarea científica social y Reflexión científica; cuyos efectos intentan aportar en el cuidado sostenible de una playa contaminada.

Ledesma-Pérez, Tomás-Rojas, Bossio y Freundt-Thurne, en su estudio, validan el instrumento "DigCompEdu CheckIn", con la finalidad que responda a la necesidad de medir la competencia digital de los docentes de una universidad peruana, a partir de su autopercepción, los resultados señalan que las competencias de los estudiantes; las competencias profesionales de los educadores; y las estrategias pedagógicas interactúan y se interrelacionan, ello evidencia que el DigCompEdu CheckIn es una herramienta válida y confiable entre los docentes.

La investigación "Modelo clasificador para personalizar ejercicios propuestos a estudiantes utilizando redes neuronales artificiales" de corte cuantitativo experimental de Saire-Peralta y Velarde-Allazo muestran resultados que evidencian que el modelo predictivo obtenido no solamente verificó la precisión con los datos del test, sino que también implementó una aplicación basada en el modelo, dicha aplicación se usó en nuevos grupos de estudiantes donde se logró comprobar la precisión del modelo con

una aproximación del 72%, así mismo se mostró evidencia del aumento del promedio en sus calificaciones, la investigación deja abierta la posibilidad de mejorar el modelo obtenido trabajando con más estudiantes y variables predictoras relacionadas al rendimiento académico.

La investigación “Enseñanza recíproca influenciado por los niveles de alfabetización informacional en estudiantes de Ciencias de la Comunicación” de Ocrospoma-Reynaga, Fuster-Guillén, Ocaña-Fernández y Villalba-Condori comprueba a través del análisis estadístico que la vinculación de las competencias digitales, precisamente la alfabetización informacional y el método de enseñanza recíproca, es directa, en el actual contexto con mayor impulso, por la necesidad de utilizar la tecnología para lograr desarrollar las habilidades y actitudes colaborativas.

Montes-Iturrizaga, Franco-Chalco y Villalba-Condori en su estudio “Preferencias por estudiar carreras STEM en estudiantes de secundaria en Perú”, muestran como resultados la escasa predilección por las carreras de ciencias naturales (y matemáticas) en una amplia muestra de estudiantes que están por egresar de la educación secundaria en Perú; asimismo, estos hallazgos son preocupantes para lograr un desarrollo armónico de la ciencia y la tecnología en un territorio específico; por otro lado, el estudio muestra una débil preferencia de las mujeres por las carreras de ciencias e ingeniería, lo que indica que aún existen prejuicios, autoexclusión y segregación sexista en estas disciplinas, también el estudio destaca las significativas preferencias por las carreras de ingeniería, las cuales son esenciales para el desarrollo económico y social.

Flores-Masías, Livia Segovia, Casique y Dávila Díaz en su investigación “Análisis de sentimientos con inteligencia artificial para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje en el aula virtual” concluyen que el prototipo de solución con inteligencia artificial propuesta, puede aplicarse a cualquier nivel educativo en entornos virtuales, lográndose identificar que un factor principal es el estado emocional del estudiante, esto favorece que el docente pueda establecer estrategias de enseñanza-aprendizaje que favorezcan un buen clima en el aula, lo que permitirá mayor interés en los estudiantes y una participación óptima.

Conforma esta edición, la investigación de Wong-Fajardo, Mendoza-Rodas, Hernández-Vásquez y Saavedra-Sánchez, que en su estudio muestran la implementación del modelo integrado de las plataformas tecnológicas dentro del Campus Virtual (Sistema de Enseñanza-Aprendizaje, Sistema de Gestión Académica y Sistema de Gestión Curricular) e integración con los LMS (Learning Management Systems), en una universidad peruana; los resultados permiten evidenciar los niveles de logro de las competencias del perfil de egreso, y brindar un significativo soporte a las actividades del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La investigación de Castro-Gutiérrez, Flores-Cruz y Magallanes presentan el diseño e implementación de un Laboratorio Virtual de Electromagnetismo (LVE) como estrategia didáctica bajo el enfoque de aprendizaje aplicado a estudiantes universitarios de ingeniería de manera remota, a través de versiones portátiles de la herramienta didáctica en una universidad pública de México, se concluye que implementar laboratorios virtuales especialmente dedicados a áreas de la Física aplicada en la enseñanza de la ingeniería utilizando software de animación, son atractivos para los estudiantes considerándolos como una herramienta educativa interactiva útil.

Finalmente este número concluye con el estudio de Gonçalves y Adúriz-Bravo quienes buscan indagar en el movimiento denominado Círculo de Viena, especialmente en lo que se refiere a sus tesis fundamentales de carácter positivista lógico, con el fin de identificar contribuciones conceptuales al debate filosófico y epistemológico dentro de la formación del profesorado de ciencias naturales, los resultados obtenidos a partir del análisis de la documentación oficial de esa carrera muestran que existe una necesidad urgente de comunicar ideas epistemológicas clave a todos los participantes de formación docente.

Editorial Note

Nota editorial

Emma Margarita Wong-Fajardo

The constant technological and scientific changes in the world, and how fast they are advancing, pose a series of demands and challenges to the university education system, which is increasingly seeking to ensure that students develop their potential in response to such demands and challenges of the 21st century.

In this regard, the CISETC (International Congress on Education and Technology in Sciences) provided a scientific and academic platform where the best teaching practices in STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) were exchanged and responded to the demands and challenges of the general education system, which is currently focused on how to make the best use of technology. Furthermore, the results of this important Congress provide many opportunities to develop at schools from different educational levels.

The scientific papers taking part in this edition correspond to the special issue of CISETC 2021, held in the city of Chiclayo - Peru, where a variety of research and innovation works in the STEAM fields are addressed, these works are a sample of how educational research is developing in Latin America, as it is consolidating rapidly and undoubtedly has a promising future.

The article by Holguin-Alvarez, Cruz-Montero, Ruiz-Salazar and Ledesma-Pérez is based on Garofalo's STEAM proposal, adapting its city robotic version to the educational exploration of beaches, by developing a social responsibility experiment through a robotic ecology program based on three pedagogical phases: Social-ecological intelligence; social scientific task and scientific reflection; aimed at contributing to the sustainable care of a polluted beach.

In their study, Ledesma-Pérez, Tomás-Rojas, Bossio and Freundt-Thurne validated the "DigCompEdu CheckIn" instrument, intending to respond to the need of measuring the digital competence of teachers at a Peruvian university, based on their self-perception. The results indicate that the students' competencies, the educators' professional competencies, and the pedagogical strategies interact and interrelate, which proves that the DigCompEdu CheckIn is a valid and reliable tool among teachers.

The research "Classifier model to personalize exercises proposed to students using artificial neural networks" of experimental quantitative approach by Saire-Peralta and Velarde-Allazo, show results that demonstrate that the obtained predictive model not only verified the accuracy with the test data, but also implemented an application based on the model, this application was used in new groups of students where it was possible to verify the accuracy of the model with an approximation of 72%, and also showed evidence of an increase in the average of their grades, the research leaves open the possibility of improving the model obtained by working with more students and predictor variables related to academic performance.

The research “Reciprocal teaching influenced by the levels of information literacy in students of Communication Sciences” by Ocrosopoma-Reynaga, Fuster-Guillén, Ocaña-Fernández and Villalba-Condori proves through statistical analysis that the link between digital competencies, specifically information literacy and the reciprocal teaching method, is direct, in the present context with increased momentum, due to the need to use technology to achieve the development of collaborative skills and attitudes.

In their study “Preferences for studying STEM careers among high school students in Peru”, Montes- Iturrizaga, Franco-Chalco and Villalba-Condori show, as a result, the low preference for natural sciences (and mathematics) careers in a large sample of students who are about to graduate from high school in Peru. Furthermore, these findings are of concern for achieving a harmonious development of science and technology in a specific territory. On the other hand, the study shows women’s low preference for science and engineering careers, suggesting that there is still prejudice, self-exclusion, and gender segregation in these disciplines, the study also highlights the significant preferences for engineering careers, which are essential for economic and social development.

In their research “Sentiment analysis with artificial intelligence to improve the teaching-learning process in the virtual classroom”, Flores-Masías, Livia Segovia, Casique and Dávila Díaz conclude that the solution prototype using proposed AI may be applied at any educational level in virtual environments, making it possible to identify that a key factor is the student’s emotional state, this helps the teacher to establish teaching-learning strategies which encourage a good classroom climate, thus allowing a better interest in students and optimal participation.

According to this edition, the research by Wong-Fajardo, Mendoza-Rodas, Hernández-Vásquez and Saavedra-Sánchez that in their study show the implementation of the integrated model of technological platforms in the Virtual Campus (Teaching- Learning System, Academic Management System, and Curriculum Management System) and the integration of LMS (Learning Management Systems), in a Peruvian university, the results show the achievement levels of the competencies of the graduate profile and provide significant support to activities in the teaching-learning process.

The research by Castro-Gutiérrez, Flores-Cruz and Magallanes. introduces the design and implementation of a Virtual Electromagnetics Laboratory (VEL) as a teaching strategy under the learning approach applied to engineering university students virtually, through portable versions of the teaching tool in a Mexican public university. It is concluded that implementing virtual laboratories, specifically dedicated to areas of Applied Physics in teaching engineering using animation software, is appealing to students considering them as a useful interactive educational tool.

Finally, this number concludes with the study by Gonçalves and Adúriz-Bravo, who seek to explore the movement called Viena Circle, especially concerning their fundamental theses with a logical-positivist nature, to identify conceptual contributions to the philosophical and epistemological debate in the training of natural sciences teachers; the results from the analysis of the official documents of that career show that there is an urgent need of communicating key epistemological ideas to all the participants in teacher training.

Sumario

Emma Margarita Wong-Fajardo

Nota Editorial	3-5
Editorial Note	7-8

Jhon Holguin-Alvarez, Juana Cruz-Montero, Jenny Ruiz-Salazar, Fernando Ledesma-Pérez

Ecología robótica desde el litoral: resultados de un programa fortalecedor de las habilidades para la ciencia.....	13-29
Robotic ecology from the coast: results of a science skills strengthening program ...	31-47

Eliana Gallardo-Echenique, Ambrosio Tomás-Rojas, Jorge Bossio, Úrsula Freundt-Thurne

Evidencias de validez y confiabilidad del DigCompEdu CheckIn en docentes de una universidad privada peruana	49-68
Evidence of validity and reliability of DigCompEdu CheckIn among professors at a Peruvian private university.....	69-88

Edwar Abril Saire Peralta, Edwar Andrés Velarde Allazo

Modelo clasificador para personalizar ejercicios propuestos a estudiantes utilizando redes neuronales artificiales	89-106
Classifier Model For Personalizing Exercises Given To Students Using Artificial Neural Networks	107-124

Guillermo Ocrospoma, Doris Fuster-Guillén, Yolvi Ocaña-Fernández, Klinge Orlando Villalba-Condori

Enseñanza recíproca influenciado por los niveles de alfabetización informacional en estudiantes de Ciencias de la Comunicación.....	125-139
Reciprocal teaching influenced by information literacy levels in students of Communication Sciences	141-155

Iván Montes-Iturrizaga, Eduardo Franco-Chalco, Klinge Orlando Villalba-Condori

Preferencias por estudiar carreras STEM en estudiantes de secundaria de Arequipa (Perú)	157-170
Preferences for studying STEM careers among high school students in Arequipa (Peru).....	171-183

Edward Jose Flores Masias, Jose Hector Livia Segovia, Alfredo García Casique, María Elena Dávila Díaz

Análisis de sentimientos con inteligencia artificial para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje en el aula virtual.....	185-200
Sentiment analysis with artificial intelligence to improve the teaching-learning process in the virtual classroom.....	201-216

Emma Margarita Wong-Fajardo, Mery Mendoza-Rodas, Ronald Hernández-Vásquez, Hugo Saavedra-Sánchez

Implementación de un modelo integrado de gestión académica con LMS en el sistema universitario	217-235
Implementation of an Integrated Academic Management Model with LMS in the University System	237-254

Nereyda Castro-Gutiérrez, Jesús Alberto Flores-Cruz, Fermín Acosta Magallanes

Laboratorio Virtual de Electromagnetismo como estrategia didáctica utilizando el enfoque de aprendizaje situado en ingeniería.....	255-273
Virtual Electromagnetism Laboratory as a didactic strategy using situated learning approach in engineering	275-292

Marco Aurélio Clemente Gonçalves, Agustín Adúriz-Bravo

Epistemología en la formación del profesorado de ciencias: Herramientas conceptuales del positivismo lógico y del Círculo de Viena	293-308
Epistemology in science teacher training: Conceptual tools of logical positivism and the Vienna Circle	309-323

Artículos originales

Research Papers

Ecología robótica desde el litoral: resultados de un programa fortalecedor de las habilidades para la ciencia

Robotic ecology from the coast: results of a science skills strengthening program

来自海岸的机器人生态学:科学技能强化计划的结果

Роботизированная экология с побережья: результаты программы развития научных навыков

Jhon Holguin-Alvarez

Universidad Privada Norbert Wiener
jhon.holguin@uwiener.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-5786-0763>

Juana Cruz-Montero

Universidad César Vallejo
jcruzmo@ucv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-7772-6681>

Jenny Ruiz-Salazar

Universidad Tecnológica del Perú
c17373@utp.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-9882-3133>

Fernando Ledesma-Pérez

Universidad César Vallejo
fledesma@ucv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-4572-1381>

Fechas · Dates

Recibido: 2022-07-09
Aceptado: 2022-11-28
Publicado: 2023-01-01

Cómo citar este trabajo · How to Cite this Paper

Holguin-Alvarez, J., Cruz-Montero, J., Ruiz-Salazar, J., & Ledesma-Pérez, F. (2023). Ecología robótica desde el litoral: resultados de un programa fortalecedor de las habilidades para la ciencia. *Publicaciones*, 53(2), 13–29. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26816>

Resumen

Introducción: Los desechos del litoral se incrementan hasta cuatro veces cada año, aunque muchos de ellos pueden generar sostenibilidad si se les aprovecha como recursos renovables; en este sentido, la investigación se basa en la propuesta STEAM de Garofalo adaptando su versión robótica ciudadina a la exploración educativa de playas. Se desarrolló un experimento de responsabilidad social mediante un programa de ecología robótica basado en tres fases pedagógicas: (a) Inteligencia ecológica social; (b) Tarea científica social y; (c) Reflexión científica; cuyos efectos intentan aportar en el cuidado sostenible de una playa contaminada.

Método: A través del paradigma positivista, estudio de diseño experimental, se conformaron dos grupos de estudiantes de un total de 80 sujetos residentes en el distrito costero de Lima. Se abordó un contexto playero contaminado, desde el cual, estudiantes de escolaridad básica realizaron el reciclaje de desechos para elaborar prototipos de robot.

Resultados: Los datos comparados en el experimento reportaron índices significativos que sustentan el incremento de las habilidades científicas y de la conciencia sobre el medio ambiente, así como los indicadores de cuidado de los elementos naturales y sus recursos. El programa de ecología robótica mejoró las habilidades de conocimiento, observación y reflexión científica.

Conclusiones: La mejora de las habilidades científicas se incrementaron de forma significativa en el grupo experimental ($t_{(74)} = -3.831; p < .005$), así como en la conciencia ambiental ($t_{(72)} = -2.720; p < .005$). Aunque las dimensiones mejoraron, las diferencias obtenidas en la capacidad de conocimiento no fueron significativas en la comparación de grupos.

Palabras clave: conciencia ambiental, habilidades científicas, robótica escolar, sostenibilidad.

Abstract

Introduction: Coastal waste increases up to four times each year, although many of them can generate sustainability if they are used as renewable resources; in this sense, the research is based on Garofalo's STEAM proposal, adapting its urban robotic version to the educational exploration of beaches. An experiment of social responsibility was developed through a robotic ecology program based on three pedagogical phases: (a) Social ecological intelligence, (b) Social scientific task, (c) Scientific reflection; whose effects try to contribute to the sustainable care of a polluted beach.

Method: Through the positivist paradigm, experimental design study, two groups of students were formed out of a total of 80 subjects residing in a coastal district of Lima. A contaminated beach context was approached, from which basic school students recycled waste to elaborate robot prototypes.

Results: The data compared in the experiment reported significant indices that support the increase in scientific skills and awareness of the environment, as well as the indicators that care for natural elements and their resources. The robotic ecology program improved the skills of scientific knowledge, observation and reflection.

Conclusions: The improvement of scientific skills increased significantly in the experimental group ($t_{(74)} = -3.831; p < .005$), as well as in environmental awareness ($t_{(72)} = -2.720; p < .005$). Although the dimensions improved, the differences obtained in knowledge capacity were not significant in the group comparison.

Keywords: environmental awareness, scientific skills, school robotics, sustainability.

Аннотация

Введение: Прибрежный мусор увеличивается в четыре раза каждый год, хотя большая его часть может обеспечить устойчивость, если будет использоваться в качестве возобновляемых ресурсов; в этом смысле исследование основано на предложении Гарофало по STEAM, адаптирующем его городскую роботизированную версию для образовательного исследования пляжей. Эксперимент по социальной ответственности был разработан с помощью роботизированной экологической программы, основанной на трех педагогических этапах: (a) Социальный экологический интеллект; (b) Социальная научная задача и (c) Научное осмысление; последствия которого должны способствовать устойчивому уходу за загрязненным пляжем.

Метод: С помощью экспериментального исследования были сформированы две группы студентов из 80 человек, проживающих в прибрежном районе Лимы. Был использован загрязненный пляж, на котором учащиеся начальной школы перерабатывали отходы для создания прототипов роботов.

Результаты: данные, сопоставленные в ходе эксперимента, показали значительные индикаторы, подтверждающие рост научных навыков и осведомленности об окружающей среде, а также показатели бережного отношения к природным элементам и их ресурсам. Программа роботизированной экологии улучшила научные знания, навыки наблюдения и размышления.

Выводы: Улучшение научных навыков значительно возросло в экспериментальной группе ($t(74) = -3,831; p < .005$), также как и экологическая осведомленность ($t(72) = -2,720; p < .005$). Хотя показатели улучшились, различия, полученные в способности к знаниям, не были значительными при сравнении групп.

Ключевые слова: экологическая сознательность, научные навыки, школьная робототехника, устойчивое развитие.

摘要

引言: 沿海废物每年以四倍速度增长,但如果将它们用作可再生资源,其中一大部分可以达到可持续性发展;从这个意义上说,这项研究基于 Garofalo 的 STEAM 提案,将其城市机器人版本应用于海滩的教育探索。通过基于三个教学阶段的机器人生态学计划开发了一项社会责任实验:(a) 社会生态智能;(b) 社会科学任务;(c) 科学反思;其影响力图为污染海滩的可持续保护做出贡献。

研究方法: 我们使用实验设计研究,将居住在利马沿海地区的80名学生组成两组受试者。学生从受污染的海滩环境中回收废物用以制作机器人原型。

研究结果: 实验中比较的数据提供了支持提高科学技能和环境意识的重要指标,以及对自然元素及其资源的关注指标。机器人生态学计划提高了科学知识、观察和反思的技能。

结论: 在实验组科学技能 ($t_{(74)} = -3.831; p < .005$) 以及环境意识 ($t_{(72)} = -2.720; p < .005$) 中表现出显著提高。虽然维度有所提高,但在知识容量方面获得的差异在组间比较中并不显著。

关键词: 环境意识、科学技能、学校机器人、可持续性。

Introducción

En Garofalo (2019) se reportan evidencias de la transformación ecológica desde el reciclaje activo en un contexto ciudadano. En esta experiencia buscamos proseguir otros trabajos que indagan en modalidades de trabajo STEAM, con la producción de elementos didácticos basados en la robótica educativa (Chalmers, 2018; Garofalo & Bacich, 2020; Gentil et al., 2019). Este trabajo reporta los resultados del desarrollo de habilidades científicas basadas en un programa de Ecología Robótica en la interrelación de tipo escuela-sociedad. Contribuye en el estudio de las habilidades básicas de observación, indagación y reflexión mediante el uso de la creatividad aunado al cuidado del medio ambiente. Estas evidencias plasman los primeros resultados en el aprendizaje en ciencia y tecnología desde una didáctica vivencial aplicada en un contexto costero latinoamericano, los cuales reflejan el incremento de las habilidades para la ciencia, el desarrollo de la responsabilidad social y las actitudes de cuidado ecológico.

Ecología robótica para la educación

La propuesta de ecología robótica fundamenta el trabajo de didácticas robóticas basadas en la superación de las dificultades para aprender ciencia y tecnología. En la propuesta de Garofalo y Bacich (2020) se hallan las necesidades del aprendizaje científico desde el desarrollo de habilidades socioemocionales a través de STEAM. Esto se evidencia en otros estudios que han reflejado el desarrollo de las interrelaciones que esquematizan el comportamiento de tipo I-C-R [individuo-computador-robot] (Oliveira et al., 2021), así también el trabajo en grupos con dificultades para aprender (Pivetti et al., 2020).

El aprendizaje social se ha establecido en la gestión educativa para desarrollar diversos componentes emocionales en los estudiantes. Ello se ha comenzado a lograr desde la gamificación, desarrollándose desde el compromiso del individuo para dominar sus propias formas de aprender mediante el aprendizaje autónomo y participativo (Donnermann et al., 2021; Lin et al., 2021; Liu et al., 2021). En este aspecto la robótica también ha sido intermediaria, sin embargo, aún las evidencias no son claras respecto al compromiso y la interacción humana cuando se intercambian procesos didácticos entre el hombre y la máquina basados en la estructuración de modelos robóticos (Donnermann et al., 2021); es así que la robótica como práctica científica permite brindar novedosas vías aún explorables en la práctica STEM (Chalmers, 2018).

Algunos estudios basados en el uso de algoritmos de simulación ya demuestran intentos por mejorar la calidad del aprendizaje y las interacciones en la colaboración entre el ser humano y el robot (Liu et al., 2021). En el área de lenguaje ya se denotan mejoras en la oralidad y el vocabulario con este tipo de interacción (Lin et al., 2021), ello también se corrobora en la interacción colaborativa de tipo comunicativa en la educación virtual basada en la investigación (Schouten et al., 2022).

En el área educativo se han encontrado otras propuestas con estructuras metodológicas innovadoras y lúdicas como el Design Thinking (Da Costa et al., 2020), las cuales ayudan a mediatizar el conocimiento previo, el conocimiento nuevo y la retroalimentación cognitiva (Da Costa et al., 2020; Gentil et al., 2019). Entre otras propuestas, el uso de materiales inorgánicos derivados de la tecnología también ha servido como una oportunidad para generar robóticas más avanzadas, autónomas y con más horas de práctica que teóricas (Bula et al., 2019; Fortunati et al., 2020); aunque el uso de diseños presentados previamente genera mejor conocimiento preventivo en el de-

sarrollo de modelos robóticos (Fortunati et al., 2020), en lugar de desarrollarse con conocimientos neutros o muy básicos. Otro enfoque se implementa desde estructuras pedagógicas de tipo R-H [robot-humano], por lo que las condiciones de desarrollo científico y actitudinal se encuentran mediadas por el uso de robots previamente sin acudir a su construcción usando desechos (Arnett et al., 2020; Castellano et al., 2021; De Albuquerque et al., 2021; Madyal et al., 2020). Estos enfoques son mucho más instruccionales que los constructoristas basados en la responsabilidad social, aunque apliquen una didáctica cada vez más gamificadora en el aula.

Los trabajos basados en el reciclaje de desechos para elaborar modelos robóticos por parte del alumnado, han desarrollado nuevos enfoques de sostenibilidad cuando el aprendizaje parte desde la escuela (Pearce et al., 2020), mediatizada por currículos orientados a la responsabilidad social. En Bélgica ya se ha buscado el ahorro de energía en el trinomio escuela-familia-sociedad. Por lo tanto, este tipo de experiencias se desarrollan para una programación educativa más participativa en la sociedad, sin limitarse al uso de manuales teóricos. En esta investigación se sostiene el desarrollo y uso de la robótica escolar como una práctica de sustentabilidad en el cuidado del agua.

En este sentido, basamos esta experiencia en un programa de robótica educativa a partir del reciclaje de residuos sólidos en un contexto en particular. Los procesos didácticos propuestos se estructuraron en tres pilares pedagógicos: Inteligencia ecológica Social [IES], Tarea científica social [TCS], Reflexión científica social [RCS]. Cada una se fundamenta en las propuestas teóricas del desarrollo de la inteligencia ecológica y social (Aghajani, 2018; Gardner et al., 1996; Nuri et al., 2014).

Con la ejecución de la fase IES se buscó generar en los estudiantes el conocimiento cultural y el reconocimiento de la diversidad de un entorno contaminante con el fin de lograr capacidad de indagación y generar nuevos conocimientos mediante la autorreflexión social. Luego, la fase TCS permite al estudiante utilizar los objetos, prevenir daños y perjuicios sobre su persona, y lograr proponer bosquejos robóticos en el aula con la réplica de otros preexistentes. En cuanto al proceso RCS, se generan cuestionamientos pedagógicos para despertar dos tipos de reflexión, uno de tipo cognitivo, sobre los modelos robóticos; y otro, de tipo social, sobre la conservación del entorno y su sostenibilidad. Los procesos propuestos aquí intentan seguir los pasos de la didáctica múltiple de Irianto et al. (2018), basándonos en la búsqueda del reconocimiento cultural y social para el desarrollo de modelos tecnológicos.

Habilidades científicas: enfoque cognitivo

Las habilidades científicas desde el enfoque cognitivo se conciben como el conjunto de capacidades que permiten desarrollar conocimientos desde la experiencia empírica (Zimmerman, 2005). Esta posición contempla al conjunto de competencias estimuladas para la búsqueda del nuevo conocimiento como precedente de los conocimientos previos que posee el estudiantado (Fisher, 2014; Valdés, 2016), al contrastarlo con los resultados obtenidos, al observar, analizar, comparar, argumentar, refutar y reflexionar sobre determinados fenómenos que le permiten llegar al conocimiento. En determinados estudiantes se han hallado mejores conocimientos ante el uso de tecnologías cuando estos ejercen tareas reflexivas mediante la interpretación del conocimiento (Chang et al., 2016), así también, el pensamiento combinatorio genera mejores habilidades cuando se provoca algún tipo de cooperación entre los miembros de un grupo estudiantil (Yuksel, 2019). Otras evidencias han reportado resultados en

que se describen el uso de la tecnología como generadora de motivación, el desarrollo del pensamiento crítico y de mejores oportunidades para aprender ciencia (Pramong et al., 2019), y la capacidad reflexiva para plantear soluciones a determinados problemas científicos.

En algunos países como China y Rusia, las políticas de la educación científica ya se implementan en el desarrollo de las habilidades de indagación, considerando la capacidad reflexiva desde el uso de la tecnología. En este sentido, si el alumno aplica el diseño y la transformación de productos digitales a sus actividades de reciclaje, tratando los residuos sólidos como los metales y el plástico podría generar actitudes reflexivas hacia la ciencia (Maiurova et al., 2022; Yang et al., 2021). Es así que, las metodologías que buscan la resolución de problemas desde el uso de estos objetos reutilizables necesitan insertarse en todas las escuelas para obtener indicadores potenciales en el cuidado del entorno (Lizana et al., 2021). Esto estimula una formación independiente, consciente e investigadora para la vida profesional.

En el estudio de Hiğde y Aktamış (2022) y Luo et al. (2020) se demuestra que la implicación del desarrollo de la indagación y análisis en disciplinas anexas a la ingeniería potencian los resultados en el rendimiento académico de los estudiantes, en el ámbito científico y computacional. Este tipo de propuestas aportan al currículo elaborado en Sudamérica, en contextos sin la ejecución de una educación científica basada en el desarrollo de proyectos. En otras latitudes ya se ha desarrollado el currículo basado en los aportes de la ciencia, las matemáticas, y la ingeniería (Aranzabal et al., 2022). Sin embargo, el problema principal en el currículo y en las didácticas escolares de América del Sur se centra en la falta de comprensión de las estrategias y el uso de los recursos, o, por lo contrario, en la coherencia entre el uso de estrategias y las características biológicas, sociales y personales de los alumnos para participar en clases que generen mejor concientización de la sostenibilidad.

En este caso, se propone el esquema educativo de tipo IES-TCS-RCS, a través de un programa de desarrollo de habilidades científicas con ecología ambiental. Sin embargo, existe especial interés en el uso de otras metodologías de tipo: Indagación [I]-Aprendizaje Basado en Problemas-Reflexión [ABP] y Retroalimentación [RR] las cuales parten de otros estudios cuyos propósitos buscan desarrollar las habilidades informacionales comunicativas y científicas en estudiantes con bajo nivel cognitivo (Ormanci & Çepni, 2020; Palupi et al., 2020). Por lo cual, adaptamos estos procesos a las fases metodológicas del programa de Ecología robótica: la fase I al proceso de inteligencia de ecología social, el cual es más reconocido como proceso motivacional; el ABP adaptado a las actividades: tareas científicas y sociales y; la reflexión autónoma adaptada al proceso RR. Esto permitió acercar el proceso científico de investigación a los estudios y propuestas centradas en el reciclaje y la búsqueda de la concientización ecológica social (Garofalo, 2019; Garofalo & Bacich, 2020).

Método

La investigación se basa en el paradigma positivista, estudio de tipo aplicado en el cual se manipula una variable independiente y se verifican sus efectos sobre otra dependiente, es así que realizamos medidas en el enfoque cuantitativo. El diseño fue experimental con pre y posprueba. En este estudio se buscó modificar las habilidades científicas (variable dependiente) desde los efectos provocados por el programa de ecología robótica (variable dependiente) en el año lectivo que cursaba un grupo de

escolares costeros. La medición de las habilidades científicas comprometió tanto las capacidades para la ciencia, así también, las competencias de concientización ambiental. Realizamos dicha medición con los instrumentos que permitieron evaluar estas condiciones sobre cada componente.

Sujetos

Comparamos metodológicamente dos grupos de estudiantes ($n_{(Exp.)} = 45$; $n_{(Cont.)} = 35$). Se seleccionaron 80 sujetos provenientes de quinto y sexto grado de primaria incluidos en el total de la muestra experimental. La cantidad de sujetos fue en su mayoría del género femenino (masculino = 39 %; femenino = 61 %), todos asistían a instituciones educativas de contextos vulnerables de distritos capitalinos. La edad promedio de los participantes fue de 10 años y 8 meses (quinto grado = 10.43; sexto grado = 11.2). Se controlaron variables como: (a) asistencia diaria al aula; (b) deficiencias cognitivas profundas; (c) edad superior al rango educativo; (d) etapas de reforzamiento pre y pos-pandemia, (d) estado de salud.

Todos los participantes brindaron su consentimiento a través de la firma del consentimiento informado parental. Dicho documento fue elaborado en concordancia con la aceptación de los padres de familia y firmado por ellos para integrar a sus hijos en el experimento. Este se cedió como parte de un ciclo de reforzamiento cognitivo del área de ciencia y tecnología en sus respectivas instituciones educativas. El proceso descrito permitió evitar sesgos como la obligación institucional directiva o la exigencia del docente. Luego de contactar a los padres de familia, se contactó a los directivos de escuela y a los profesores tutores de las aulas correspondientes quienes mediaron en la investigación en general. Este procedimiento administrativo siguió el modelo ético investigativo basado en el modelo establecido por Declaración de Helsinki y se evadió generar factores exógenos que invalidaran el estudio.

Instrumentos y procedimiento

Elaboramos una prueba de rendimiento teórico y práctico sobre las habilidades científicas, en las que se midieron las dimensiones de tipo, las cuales se indican en la Tabla 1: (a) conocimiento, (b) observación y, (c) reflexión. Las tareas ejecutadas permitieron medir el contenido de estas dimensiones mediante tareas denominadas "Situaciones Científicas". Las tareas se sustentaron en las investigaciones planteadas por Pramono et al. (2019) y Ong et al. (2015), eligiendo y diversificando las dimensiones más adecuadas para evaluar a los estudiantes del contexto. Así también, se utilizó una Escala de Concientización Ambiental con la intención de apoyar la calificación en reflexión científica, en este caso, el instrumento permitió medir los constructos: (a) conciencia sobre el entorno y, (b) creencias sobre el cuidado.

El nivel de fiabilidad alcanzado en ambos instrumentos fue aceptable ($Ins_{(a-1)} = .921$; $Ins_{(a-2)} = .890$). En la Tabla 1 se reflejan los resultados de correspondencia entre las variables y las dimensiones mediante un análisis de correlación de tipo componentes-variables. De las relaciones obtenidas para obtener correspondencias de tipo test-subtest, se encontró mayor índice entre la capacidad de observación y las habilidades científicas, y las creencias sobre el cuidado y la conciencia ambiental. Cabe señalar que todos los índices hallados superaron el índice de .70, por lo que se aceptó como una correspondencia estándar entre los factores y sus variables correspondientes.

Tabla 1

Correlaciones test-subtest en los constructos de la Prueba y la Escala

Variables	Dimensiones	r*
Habilidades científicas	Conocimiento	.891
	Observación	.901
	Reflexión	.789
Concientización Ambiental	Conciencia sobre el entorno	.871
	Creencias sobre el cuidado	.883

Nota. Los valores r son los valores respectivos al índice de correlaciones bivariadas de Pearson, se realizan correlaciones entre las variables y las dimensiones. *p < .001.

Se abordó el problema ecológico de una playa costera con un programa de responsabilidad social, dirigido en convenio de una universidad privada y tres escuelas de contextos vulnerables. El programa constó de tres fases pedagógicas [IES-TCS-RCS], ejecutándose en seis meses del período lectivo escolar. La ejecución se ejemplifica en la Figura 1. Estas permitieron a los sujetos del grupo experimental entrar en contacto con los desechos reciclados para desarrollar prototipos básicos de robots, siguiendo su criterio de creatividad siguiendo las rutas de enseñanza que aplicaron los docentes. Los estudiantes del grupo control desarrollaron actividades de reciclaje común.

Los sujetos del grupo experimental participaron en las fases IES-TCS-RCS durante seis meses. En la primera, inteligencia ecológica social, los estudiantes visitaron una playa costera del Callao hasta en cinco ocasiones en el período de dos meses; las visitas se intercalaron con el trabajo evaluativo en clase sobre la información recogida del contexto. Para el cuestionamiento se organizaron grupos de trabajo, en los cuales se analizaron: (a) contexto y características del lugar, (b) condiciones atmosféricas y acuáticas y, (c) acciones de reciclaje. La información fue recabada durante las cinco visitas; cada grupo de trabajo logró organizar preventivamente el uso de los recursos necesarios para el recojo, la selección y la revisión de los objetos útiles renovables.

En la segunda fase [tarea científica social] aplicamos la actividad de indagación científica como medio de búsqueda de la información sobre los modelos robóticos a implementar por cada grupo. En una segunda etapa, formulamos prototipos de robot en maquetas, para ello se utilizaron los recursos aprovechables, las cuales se describen en la Figura 1 (b), estos fueron sometidos a evaluación por docentes especializados en ciencia y robótica educativa. El propósito permitió fomentar la inclusión de estos prototipos en los proyectos de innovación de las escuelas para generar ingresos económicos propios. Los recursos no aprovechables fueron desechados de forma organizada desde la solicitud de desechos por la Municipalidad implicada. Estos se recolectaron en camiones compactadores para distribuirlos en los lugares de acopio correspondientes. El acopio y la compactación de residuos desarrollaron durante los tres meses posteriores a la ejecución de la primera fase.

Figura 1

Fases pedagógicas del programa de ecología robótica



(a)



(b)



(c)

Nota. La figura representa diferentes fases del programa de abordaje ecológico: (a) inteligencia ecológica social [IES], (b) tarea científica social [TCS], (c) reflexión científica social [RCS].

Finalmente, con la tercera fase: reflexión científica social, logramos organizar eventos publicitarios sobre el cuidado del medio ambiente, estas se dedicaron a criticar temáticas de tipo conocimiento-entorno, ambiente-usuario, contexto-conciencia. La primera temática sirvió para generar autocuestionamiento sobre los elementos que impiden lograr la sostenibilidad en el cuidado del entorno y lo que necesitarían los pobladores y visitantes de la playa abordada para su cuidado. Los productos fueron banners y afiches orientados a la promoción del cuidado del entorno físico (el litoral). Para la segunda y tercera temática logramos elaborar pancartas, carteles y otros que pudiesen pegarse en cada calle de ingreso a la playa, en otros ambientes cercanos a los lugares de desecho. Por cuanto, logramos realizar una crítica social el cuidado del entorno próximo de los visitantes. En este sentido, los productos fueron intangibles, debido a que se esquematizaron y ejecutaron actividades de concientización. Estas se realizaron en el último mes de ejecución del programa.

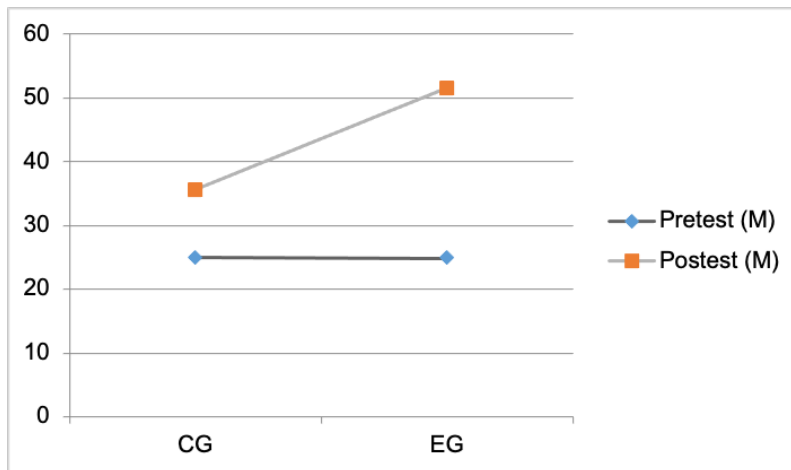
Resultados

Habilidades científicas y conciencia ambiental

Las puntuaciones iniciales de las habilidades científicas ($t_{(53)} = -1.073; p > .005$) y la conciencia ambiental ($t_{(41)} = -1.110; p > .005$) resultaron estadísticamente equitativas (sin significancia). De acuerdo a la Figura 2, los resultados globales permitieron hallar diferencias notables que sustentan la mejora de las habilidades científicas ($t\text{-SS}_{(74)} = -3.831; p < .005$) luego de ejecutar el programa de eco-robótica.

Figura 2

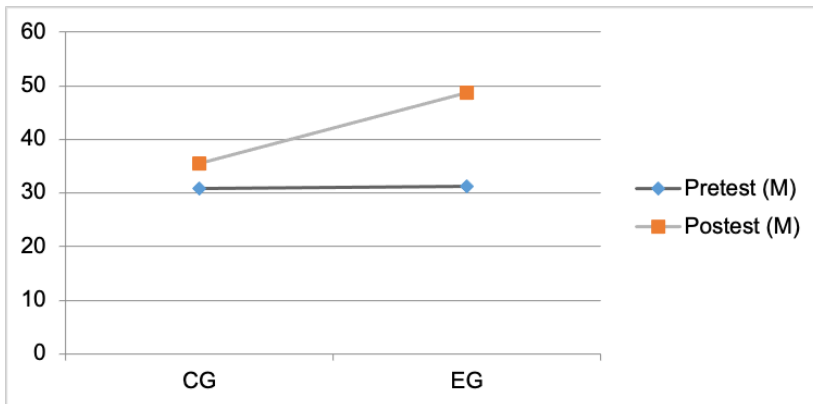
Medidas pretest y postest en las habilidades científicas



Las puntuaciones obtenidas en conciencia ambiental se denotan en la Figura 3. La comparación de medias permitió establecer incrementos considerables en el grupo experimental ($t\text{-CA}_{(72)} = -2.720; p < .005$), estas mediciones evidenciaron el desarrollo paralelo al de las habilidades científicas.

Figura 3

Medidas pretest y postest en la conciencia ambiental



Comparación en medidas promedio en dimensiones

Las puntuaciones iniciales no presentaron diferencias significativas antes de iniciar el abordaje experimental tanto en los componentes de las habilidades científicas y las de conciencia ambiental. En cambio, como se observa en la Tabla 2, se evidenciaron puntajes favorables al grupo experimental luego de aplicar las fases pedagógicas [IES-TCS-RCS] del programa de ecología robótica, las cuales representaron diferencias significativas en las dimensiones de las habilidades científicas: observación ($t_{(70)} = -2.45$), reflexión ($t_{(77)} = -2.31$).

Tabla 2

Promedio en dimensiones de las habilidades científicas y la conciencia ambiental

Dimensión	Pretest		Postest	
	CG	EG	CG	EG
Conocimiento	10.11	10.19	15.16	16.01
Observación	9.21	9.16	15.21	18.32
Reflexión	5.71	5.8	6.34	10.81
Conciencia sobre el entorno	15.20	15.01	20.41	21.30
Creencias sobre el cuidado	12.30	12.35	18.83	20.01

En cuanto a las dimensiones de la conciencia ambiental, también se reportaron diferencias en la conciencia sobre el entorno ($t_{(75)} = -2.21$), las creencias sobre el cuidado ($t_{(78)} = -2.10$). Sin embargo, la Tabla 2 también describe diferencias no significativas en la dimensión conocimiento científico ($t_{(61)} = -1.02$).

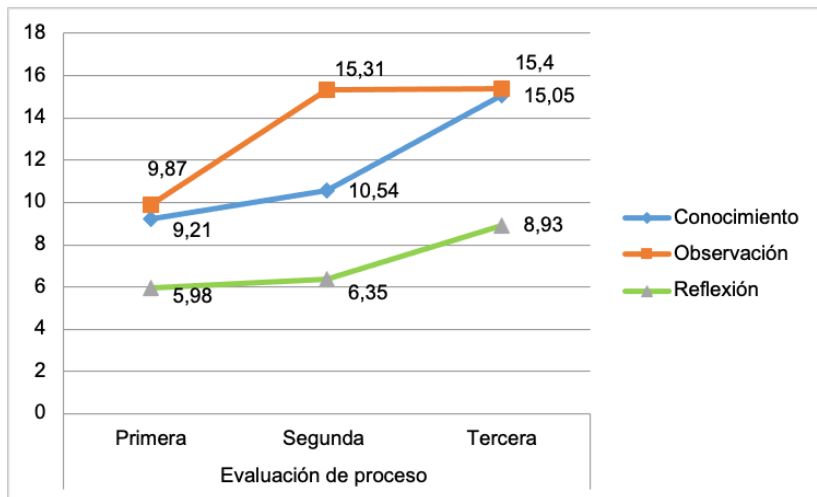
Medidas de progresión en las habilidades científicas

Para medir el progreso de las habilidades científicas en un período de seis meses se elaboraron pruebas adicionales, aplicando las evaluaciones en tres ocasiones para monitorear la calidad del progreso en cada una de las dimensiones o habilidades consideradas (conocimiento, observación, reflexión). La primera prueba se realizó unas semanas después de la aplicación de la prueba pretest, y la última, dos semanas antes de la evaluación posttest.

En la Figura 4 observamos mejor progreso en la habilidad de conocimiento, verificándose mejor diferencia entre la primera y segunda evaluación (dif. = -5.44), y entre la segunda y la tercera aplicación (dif. = -4.51). Por otro lado, fue un poco menos fluida la progresión en la dimensión observación y el incremento fue menor entre el primer y segundo reporte (dif. = -1.33). No obstante, desde la segunda evaluación se reflejan evidencias que sustentan que la propiedad para realizar observación básica fue compleja de desarrollar para los sujetos de prueba (dif. = - .09). Finalmente, se observa progreso menos evidente en la habilidad reflexiva entre la primera y la segunda evaluación. El incremento fue más pronunciado en la última evaluación (dif. = -2.58), aunque el progreso hasta esa última evaluación (M = 8.93) fue de bajo nivel respecto al inicio del programa (M = 5.98).

Figura 4

Mediciones pretest y posttest en los componentes de las habilidades científicas



Descriptivos por niveles en las variables

Para un reporte más descriptivo de las variables, categorizamos los resultados por niveles. Se halló que menos del 20 % de los individuos del grupo experimental llegó al nivel alto de habilidades científicas, más del 30 % ha presentado nivel moderado y más del 40 % presentó nivel bajo. En el grupo control, menos del 30 % representó nivel alto de estas capacidades para la ciencia; el 40 % demostró nivel moderado y más del 25 % a nivel bajo. Una vez aplicado el programa en el grupo experimental, más del 40 % llegó a nivel alto, aminorándose la cantidad de sujetos en el nivel bajo, puesto que

menos del 20 % llegó a ese nivel. En el grupo control el nivel de progreso fue estático, solo se evidenció crecimiento en el nivel moderado en el 45 % del total.

En los niveles sobre la conciencia ambiental evaluados antes de ejecutar el programa de ecología robótica, el 22 % de los sujetos del grupo control y el 24 % del grupo experimental presentaron nivel alto. El 30 % de participantes del grupo experimental y al 35 % del grupo control presentaron nivel bajo. Al finalizar el programa de intervención de la playa costera, en el grupo control los niveles fueron similares. Más del 45 % de participantes del grupo experimental logró nivel alto.

Discusión

Los hallazgos permiten aseverar que las fases del método basado en la responsabilidad [IES-TCS-RCS], aportaron en el fortalecimiento de las habilidades científicas con el despertar el conocimiento previo como ya se ha evidenciado en otros estudios (Da Costa et al., 2020; Garofalo, 2019), lo cual se ha evidenciado en los prototipos robóticos desarrollados en los estudiantes. Esto ha sido una evidencia del período constructivo de los aprendizajes científicos. En este sentido, el programa pudo integrar la creatividad hacia los procesos de indagación científica mediante STEAM en el grupo experimental como procesos de retroalimentación científica (Garofalo & Bacich, 2020; Gentil et al., 2019).

El enfoque general basado en el uso de la inteligencia ecológica social (Gardner et al., 1996; Nuri et al., 2014), y los procesos de didácticas cooperativas y motivacionales (Pramono et al., 2019; Yuksel, 2019), han aportado en la mejora de la obtención del conocimiento, en el incremento de la elaboración del conocimiento y en su reflexión. La dimensión reflexión cognitiva también se favoreció tras desarrollar el aporte en los procesos de concientización ambiental mediante la limpieza de la playa costera.

Las evidencias obtenidas de la ejecución del programa, permiten aceptar que la dimensión conocimiento tiene menor complejidad de desarrollo, ya que el grupo de alumnos desarrollaba sus clases de forma receptiva, sin rastros de ser constructivista. Algunas evidencias han comprobado que, como capacidad básica, suele aplicarse en sujetos con ciertas características al de este estudio (Donnermann et al., 2021; Schouten et al., 2022). Por lo que, la ampliación del trabajo individualista con robótica se ha transformado en esta experiencia debido a la colaboración que generan los propios individuos en su aprendizaje guiado, como también lo hacen en otros contextos a través de la colaboración cognitiva (Schouten et al., 2022; Lin et al., 2021; Liu et al., 2021). De todos modos, los procesos reflexivos evaluados en el progreso de la habilidad reflexiva parecen ir unidos a los procesos observacionales de los sujetos del experimento. Por lo cual, se sustenta que la experiencia de tipo individuo-robótica-aprendizaje, puede ser crucial debido a la estimulación que se generan en los propios procesos de las ciencias (Chalmers, 2018).

En cuanto a los factores conciencia sobre el entorno y las creencias sobre el cuidado, se han encontrado valores que sustentaron su cambio en los sujetos del grupo experimental, debido a que muchos de ellos sumaron a su conocimiento previo, eventos reflexivos basados en el análisis de su propio entorno, por lo que se pone de relevancia el uso de la información contextual sobre los desechos públicos y la calidad del ambiente que visitaron los estudiantes implicados. Si consideramos los estudios que implicaron el trabajo estudiantil mediante el conocimiento del entorno próximo (Garofalo, 2019; Garofalo & Bacic, 2020), se asume que la práctica del conocimiento

previo sumada a la búsqueda de conocimiento del contexto estimula a la generación de información científica. Así como en los estudios en que se reporta el desarrollo de los procesos de retroalimentación pedagógica en el aula (Lin et al., 2021; Nuri et al., 2014; Schouten et al., 2022; Yuksel, 2019), en el estudio encontramos que el contexto sirve como medio para retroalimentar la conciencia ambiental de los estudiantes, así también, el pensamiento crítico sobre los problemas que aquejan a su comunidad.

Finalmente, aunque no se hallaron diferencias significativas en la dimensión conocimiento, es importante notar el avance que demostraron tanto los sujetos del grupo control como los del experimental, ya que ambos descubrieron el entorno próximo al que se enfrentaban, esto los dispuso a conseguir información permanente sobre la contaminación ambiental y los entornos ambientales como una condición propiamente académica.

Conclusiones

La experiencia de ecología robótica premeditó la modificación y mejora de las habilidades científicas, desarrollándose la observación y la reflexión en los participantes del programa de abordaje de una playa costera. Esto se corroboró en las diferencias significativas obtenidas, las cuales fueron favorables al grupo experimental al culminar el programa de ecología robótica ($t_{(74)} = -3.831$; $M = 51.62$; $p < .005$). Respecto a sus formas de reflexionar, las fases de tarea científica y reflexión científica social del programa, mejoraron la conciencia sobre el entorno y cuidado del ambiente como parte de la reflexión científica estudiantil. Los resultados específicos evidenciaron efectos de mejora en el conocimiento científico, aunque los resultados son prometedores, su baja significancia estadística impiden entenderlos como evidencias totalmente determinantes.

De acuerdo al objetivo, se lograron comparar las habilidades científicas, por lo que se concluyó que se incrementaron en paralelo a la conciencia ambiental de los sujetos del grupo experimental ($t_{(72)} = -2.720$; $M = 48.78$; $p < .005$), aunque este incremento puede considerarse como una condición moralista implícita que acompaña el aprendizaje de las ciencias desde la aplicación de modelos robóticos con desechos reciclados.

La pedagogía que buscó implementar el uso de la robótica ecológica como un medio para desarrollar las capacidades para la ciencia, permitió demostrar que la fase basada en el uso de la inteligencia ecológica social, permitió que los sujetos desarrollen sus capacidades de observación y análisis de la información que les rodea, estableciéndose el conocimiento sobre el entorno y los factores contaminantes del ambiente. Por otro lado, las tareas directas con los recursos renovables han permitido desarrollar el conocimiento robótico en cada estudiante y el pensamiento analítico como medio para lograr el conocimiento científico. La reflexión científica promovió tanto el desarrollo de los actos de otros ciudadanos, de sus competencias para cuidar el entorno, así como el conocimiento de los factores que logran la sostenibilidad de este cuidado.

El estudio contribuyó a aclarar nexos entre el aprendizaje de las ciencias, la conservación vivida del ambiente y el uso de los desechos como método de educación STEM. Se pone de manifiesto que la habilidad para conocer es crucial a las capacidades de observación y reflexión, aunque en contextos en que el aprovechamiento del entorno natural son temas de necesidad social (ambiental). Estas últimas competencias generan un pensamiento conservador más amplio, competencias para el análisis investigativo y actitudes positivas hacia la robótica creativa en la etapa de escolaridad.

Financiamiento

La investigación fue financiada con fondos del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Norbert Wiener [Código de Registro No. 1868-2022].

Referencias

- Aghajani, M. (2018). Types of Intelligences as Predictors of Self-Efficacy: A Study on Iranian EFL Students. *International Journal of Research in English Education*, 3(4), 12-6. <http://dx.doi.org/10.29252/ijree.3.4.12>
- Aranzabal, A., Epelde, E., & Artetxe, M. (2022). Team formation on the basis of Belbin's roles to enhance students' performance in project based learning. *Education for Chemical Engineers*, 38, 22-37. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.09.001>
- Arnett, M., Luo, Z., Paladugula, P. K., Cardenas, I. S., & Kim, J.-K. (2020). Robots Teaching Recycling: Towards Improving Environmental Literacy of Children. *HRI '20: Companion of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 615-616. <https://doi.org/10.1145/3371382.3379462>
- Bula, I., Hajrizi, E., & Kunicina, N. (2019). Demonstration of the use of robotics in the development of a scrap processing model for mechatronic education. *IEEE 60th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/RTUCON48111.2019.8982323>
- Castellano, G., De Carolis, B., D'Errico, F., Macchiarulo, N., & Rossano, V. (2021). PeppereCycle: Improving Children's Attitude Toward Recycling by Playing with a Social Robot. *International Journal of Social Robotics*, 13, 97-111. <https://doi.org/10.1007/s12369-021-00754-0>
- Chang, C. J., Liu, C. C., & Tsai, C. C. (2016). Explicaciones científicas de apoyo con dibujos y narraciones en tabletas: un análisis de patrones de explicación. *Asia-Pacific Education Researcher*, 25, 173-184. <https://doi.org/10.1007/s40299-015-0247-0>
- Chalmers, C. (2018). Robotics and computational thinking in primary school. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 17, 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.005>
- Da Costa, A., Rodrigues, F., & Ramírez, L. (2020). Creative robotics for the development of inclusive Maker culture in elementary education: the case of the Capistrano de Abreu Municipal School, in São Paulo, Brazil. *Revista de Investigación en Educación Militar*, 1(1), 69-91. <https://doi.org/10.47961/27450171.7>
- De Albuquerque, A. P., Kelner, J., Hung, P.C.K., De Souza Jeronimo, B., Rocha, R., & Ribeiro, A. F. (2021). Toy user interface design—Tools for Child-Computer Interaction. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 30, 100307. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100307>
- Donnermann, M., Lein, M., Messingschlager, T., Riedmann, A., Schaper, P., Steinhäusser, S., & Lugrin, B. (2021). Social robots and gamification for technology supported learning: An empirical study on engagement and motivation. *Computers in Human Behavior*, 121, 106792. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106792>
- Emmiyati, N., Rasyid, M. A., Rahman, M. A., Arsyad, A., & Dirawan, G. D. (2014). Multiple Intelligences Profiles of Junior Secondary School Students in Indonesia. *International Education Studies*, 7(11), 77-103. <https://doi.org/10.5539/ies.v7n11p103>

- Fischer, F., Kollar, I., Ufer, S., Sodian, B., Hussman, H., Pekrun, R., Neuhaus, B., Dorner, B., Pankofer, S., Fischer, M., Strijbos, J. W., Heene, M., & Eberle, J. (2014). Scientific Reasoning and Argumentation: Advancing an Interdisciplinary Research Agenda in Education. *Frontline Learning Research*, 2(3), 28-45. <https://doi.org/10.14786/flr.v2i2.96>
- Fortunati, L., Manganelli, A. M., & Ferrin, G. (2022). Arts and crafts robots or LEGO® MINDSTORMS robots? A comparative study in educational robotics. *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 287–310. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09609-7>
- Gardner, H., Kornhaber, M. L., & Wake, W. K. (1996). *Intelligence: Multiple perspectives*. Harcourt Brace College Publishers.
- Garofalo, D. D. (2019). Robotics with scratch a creative education for all. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, 15(34), 1-21. <https://doi.org/10.21713/rbpg.v15i34.1611>
- Garofalo, D. D., & Bacich, L. (2020). Um olhar para aprendizagem socioemocional no STEAM. En L. Bacich, L. Holanda (Org.). *STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica*, 9. Grupo Educação SA.
- Gentil, D., Martins, F., Palheta, M. C., & Da Silva, W. (2019). Robótica pedagógica na amazônia-aprendizagem significativa e conectividade na Educação 4.0. *Anais IV CONAPESC* (2019). <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/57203>
- Hiğde, E., & Aktamış, H. (2022). The effects of STEM activities on students' STEM career interests, motivation, science process skills, science achievement and views. *Thinking Skills and Creativity*, 43, 101000. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101000>
- Irianto, D., Herlambang, Y., & Hana, Y. (2018). Multiliteration model based on Eco pedagogy Approach in improving ecological Intelligence and developing characters. *Universitas Pendidikan Indonesia*, 135-142. <http://proceedings.upi.edu/index.php/icee/article/view/30/27>
- Lin, V., Yeh, H.-C., Huang, H.-H., & Chen, N.-S. (2021). Enhancing EFL vocabulary learning with multimodal cues supported by an educational robot and an IoT-Based 3D book. *System*, 104, 102691. <https://doi.org/10.1016/j.system.2021.102691>
- Liu, X., Huang, P., & Ge, S. S. (2021). Optimized control for human-multi-robot collaborative manipulation via multi-player Q-learning. *Journal of the Franklin Institute*, 358 (11), 5639-5658. <https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2021.03.017>
- Lizana, J., Manteigas, V., Chacartegui, R., Lage, J., Becerra, J. A., Blondeau, P., Rato, R., Silva, F., Gamarra, A. R., Herrera, I., Gomes, M., Fernandez, A., Berthier, C., Gonçalves, K., Alexandre, J. L., Almeida-Silva, M., & Almeida, S. M. (2021). A methodology to empower citizens towards a low-carbon economy. The potential of schools and sustainability indicators. *Journal of Environmental Management*, 284, 112043. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112043>
- Luo, F., Antonenko, P. D., & Davis, E. C. (2020). Exploring the evolution of two girls' conceptions and practices in computational thinking in Science. *Computers & Education*, 146, 103759. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103759>
- Maiurova, A., Kurniawan, T. A., Kustikova, M., Bykovskaia, E., Othman, M. H. D., Singh, D., & Goh, H. W. (2022). Promoting digital transformation in waste collection service and waste recycling in Moscow (Russia): Applying a circular economy paradigm to mitigate climate change impacts on the environment. *Journal of Cleaner Production*, 354, 131604. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131604>

- Madyal, J., Platte, L., Arndt, J., Spangenberg, M., & Zähl, K. (2020). MoBi - An Interactive Classroom Robot Helping Children to Separate Waste. *HRI '20: Companion of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 629–630. <https://doi.org/10.1145/3371382.3379459>
- Oliveira, R., Arriaga, P., Santos, F. P., Mascarenhas, A., & Paiva, A. (2021). Towards prosocial design: A scoping review of the use of robots and virtual agents to trigger prosocial behavior. *Computers in Human Behavior*, 114, 106547. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106547>
- Ong, E. T., Ramiah, P., Ruthven, K., Salleh, S. M., Yusuff, N. A. N., & Mokhsein, S. E. (2015). Acquisition of Basic Science Process Skills among Malaysian Upper Primary Students. *Research in Education*, 94(1), 88-101. <https://doi.org/10.7227/RIE.0021>
- Ormancı, Ü., & Çepni, S. (2020). Investigating the Effects of web-based Science Material for Guided Inquiry Approach on Information and Communication Skills of Students. *Participatory Educational Research*, 7(1), 201-219. <https://doi.org/10.17275/per.20.12.7.1>
- Palupi, B., Subiyantoro, S., Rukayah, & Triyanto. (2020). The Effectiveness of Guided Inquiry Learning (GIL) and Problem-Based Learning (PBL) for Explanatory Writing Skill. *International Journal of Instruction*, 13(1), 713-730. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13146a>
- Pearce, H., Hudders, L., & Van de Sompel, D. (2020). Young energy savers: Exploring the role of parents, peers, media and schools in saving energy among children in Belgium. *Energy Research & Social Science*, 63, 101392. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101392>
- Pivetti, M., Di Battista, S., Agatolio, F., Simaku, B., Moro, M., & Menegatti, E. (2020). Educational Robotics for children with neurodevelopmental disorders: A systematic review. *Heliyon*, 6(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05160>
- Pramono, S., Prajanti, S., & Wibawanto, W. (2019). Virtual Laboratory for Elementary Students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1387/1/012113>
- Schouten, A. P., Portegies, T. C., Withuis, I., Willemsen, L. M., & Mazerant-Dubois, K. (2022). Robomorphism: Examining the effects of telepresence robots on between-student cooperation. *Computers in Human Behavior*, 126. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106980>
- Valdés, A., Arteaga, L., & Martínez, J. (2016). La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio. Retos y sugerencias. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(1), 169-176. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/321>
- Yang, Y., Chen, L., & Xue, L. (2021). Looking for a Chinese solution to global problems: The situation and countermeasures of marine plastic waste and microplastics pollution governance system in China. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 19(4), 352-357. <https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2022.01.008>
- Yuksel, I. (2019). The effects of research inquiry based learning on the scientific reasoning skills of prospective science teachers. *Journal of Education and Training Studies*, 7(4), 273-278. <https://doi.org/10.11114/jets.v7i4.4020>
- Zimmerman, C. (2005). *The Development of Scientific Reasoning Skills: What Psychologists Contribute to an Understanding of Elementary Science Learning*. <https://www.informalscience.org/development-scientific-reasoning-skills-what-psychologists-contribute-understanding-elementary>

Robotic ecology from the coast: results of a science skills strengthening program

Ecología robótica desde el litoral: resultados de un programa fortalecedor de las habilidades para la ciencia

来自海岸的机器人生态学: 科学技能强化计划的结果

Роботизированная экология с побережья: результаты программы развития научных навыков

Jhon Holguin-Alvarez

Norbert Wiener Private University
jhon.holguin@uwiener.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-5786-0763>

Juana Cruz-Montero

César Vallejo University
jcruzmo@ucv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-7772-6681>

Jenny Ruiz-Salazar

Technological University of Peru
c17373@utp.edu.pe.
<https://orcid.org/0000-0001-9882-3133>

Fernando Ledesma-Pérez

César Vallejo University
fledesma@ucv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-4572-1381>

Dates · Fechas

Received: 2022-07-09
Accepted: 2022-11-28
Published: 2023-01-01

How to Cite this Paper · Cómo citar este trabajo

Holguin-Alvarez, J., Cruz-Montero, J., Ruiz-Salazar, J., & Ledesma-Pérez, F. (2023). Robotic ecology from the coast: results of a science skills strengthening program. *Publicaciones*, 53(2), 31–47. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26816>

Abstract

Introduction: Coastal waste increases up to four times each year, although many of them can generate sustainability if they are used as renewable resources; in this sense, the research is based on Garofalo's STEAM proposal, adapting its urban robotic version to the educational exploration of beaches. An experiment of social responsibility was developed through a robotic ecology program based on three pedagogical phases: (a) Social ecological intelligence, (b) Social scientific task, (c) Scientific reflection; whose effects try to contribute to the sustainable care of a polluted beach.

Method: Through the positivist paradigm, experimental design study, two groups of students were formed out of a total of 80 subjects residing in a coastal district of Lima. A contaminated beach context was approached, from which basic school students recycled waste to elaborate robot prototypes.

Results: The data compared in the experiment reported significant indices that support the increase in scientific skills and awareness of the environment, as well as the indicators that care for natural elements and their resources. The robotic ecology program improved the skills of scientific knowledge, observation and reflection.

Conclusions: The improvement of scientific skills increased significantly in the experimental group ($t_{(74)} = -3.831; p < .005$), as well as in environmental awareness ($t_{(72)} = -2.720; p < .005$). Although the dimensions improved, the differences obtained in knowledge capacity were not significant in the group comparison.

Keywords: environmental awareness, scientific skills, school robotics, sustainability.

Resumen

Introducción: Los desechos del litoral se incrementan hasta cuatro veces cada año, aunque muchos de ellos pueden generar sostenibilidad si se les aprovecha como recursos renovables; en este sentido, la investigación se basa en la propuesta STEAM de Garofalo adaptando su versión robótica ciudadina a la exploración educativa de playas. Se desarrolló un experimento de responsabilidad social mediante un programa de ecología robótica basado en tres fases pedagógicas: (a) Inteligencia ecológica social; (b) Tarea científica social y; (c) Reflexión científica; cuyos efectos intentan aportar en el cuidado sostenible de una playa contaminada.

Método: A través del paradigma positivista, estudio de diseño experimental, se conformaron dos grupos de estudiantes de un total de 80 sujetos residentes en el distrito costero de Lima. Se abordó un contexto playero contaminado, desde el cual, estudiantes de escolaridad básica realizaron el reciclaje de desechos para elaborar prototipos de robot.

Resultados: Los datos comparados en el experimento reportaron índices significativos que sustentan el incremento de las habilidades científicas y de la conciencia sobre el medio ambiente, así como los indicadores de cuidado de los elementos naturales y sus recursos. El programa de ecología robótica mejoró las habilidades de conocimiento, observación y reflexión científica.

Conclusiones: La mejora de las habilidades científicas se incrementaron de forma significativa en el grupo experimental ($t_{(74)} = -3.831; p < .005$), así como en la conciencia ambiental ($t_{(72)} = -2.720; p < .005$). Aunque las dimensiones mejoraron, las diferencias obtenidas en la capacidad de conocimiento no fueron significativas en la comparación de grupos.

Palabras clave: conciencia ambiental, habilidades científicas, robótica escolar, sostenibilidad.

Аннотация

Введение: Прибрежный мусор увеличивается в четыре раза каждый год, хотя большая его часть может обеспечить устойчивость, если будет использоваться в качестве возобновляемых ресурсов; в этом смысле исследование основано на предложении Гарофало по STEAM, адаптирующем его городскую роботизированную версию для образовательного исследования пляжей. Эксперимент по социальной ответственности был разработан с помощью роботизированной экологической программы, основанной на трех педагогических этапах: (а) Социальный экологический интеллект; (b) Социальная научная задача и (с) Научное осмысление; последствия которого должны способствовать устойчивому уходу за загрязненным пляжем.

Метод: С помощью экспериментального исследования были сформированы две группы студентов из 80 человек, проживающих в прибрежном районе Лимы. Был использован загрязненный пляж, на котором учащиеся начальной школы перерабатывали отходы для создания прототипов роботов.

Результаты: данные, сопоставленные в ходе эксперимента, показали значительные индикаторы, подтверждающие рост научных навыков и осведомленности об окружающей среде, а также показатели бережного отношения к природным элементам и их ресурсам. Программа роботизированной экологии улучшила научные знания, навыки наблюдения и размышления.

Выводы: Улучшение научных навыков значительно возросло в экспериментальной группе ($t(74) = -3.831$; $p < .005$), также как и экологическая осведомленность ($t(72) = -2.720$; $p < .005$). Хотя показатели улучшились, различия, полученные в способности к знаниям, не были значительными при сравнении групп.

Ключевые слова: экологическая сознательность, научные навыки, школьная робототехника, устойчивое развитие.

摘要

引言: 沿海废物每年以四倍速度增长,但如果将它们用作可再生资源,其中一大部分可以达到可持续性发展;从这个意义上说,这项研究基于 Garofalo 的 STEAM 提案,将其城市机器人版本应用于海滩的教育探索。通过基于三个教学阶段的机器人生态学计划开发了一项社会责任实验:(a) 社会生态智能;(b) 社会科学任务;(c) 科学反思;其影响力图为污染海滩的可持续保护做出贡献。

研究方法: 我们使用实验设计研究,将居住在利马沿海地区的80名学生组成两组受试者。学生从受污染的海滩环境中回收废物用以制作机器人原型。

研究结果: 实验中比较的数据提供了支持提高科学技能和环境意识的重要指标,以及对自然元素及其资源的关注指标。机器人生态学计划提高了科学知识、观察和反思的技能。

结论: 在实验组科学技能 ($t_{(74)} = -3.831$; $p < .005$) 以及环境意识 ($t_{(72)} = -2.720$; $p < .005$) 中表现出显著提高。虽然维度有所提高,但在知识容量方面获得的差异在组间比较中并不显著。

关键词: 环境意识、科学技能、学校机器人、可持续性。

Introduction

According to Garofalo (2019), evidence of ecological transformation from active recycling in an urban context is reported. In this experience we seek to follow other works that inquire into STEAM work forms, with the production of teaching elements based on educational robotics (Chalmers, 2018; Garofalo & Bacich, 2020; Gentil et al., 2019). This work reports the results of the scientific skills development based on a Robotic Ecology program in the school-society interrelationship. It contributes to the study of the basic skills of observation, inquiry and reflection through the use of creativity, together with the care for the environment. This evidence shows the first results in science and technology learning from an experience-based teaching applied in a Latin American coastal context, which reflect the increase of science skills, the development of social responsibility and ecological care attitudes.

Robotic ecology for education

The robotic ecology proposal supports the work of educational robotics based on overcoming difficulties in learning science and technology. In the proposal of Garofalo and Bacich (2020), the needs of scientific learning from the development of social-emotional skills through STEAM are found. This is evidenced in other studies that have reflected the development of interrelationships that schematize I-C-R [individual-computer-robot] behavior (Oliveira et al., 2021), as well as work in groups with learning difficulties (Pivetti et al., 2020).

Social learning has been established in educational management to develop various emotional components in students. This has begun to be achieved from gamification, developing from the individual's commitment to master their own ways of learning through autonomous and participatory learning (Donnermann et al., 2021; Lin et al., 2021; Liu et al., 2021). In this regard, robotics has also been intermediary; however, evidence is still unclear regarding human engagement and interaction when teaching processes are exchanged between man and machine based on the structure of robotic models (Donnermann et al., 2021); this is how robotics, as a scientific practice, allows to provide new ways to be still explored in STEM practice (Chalmers, 2018).

Some studies based on the use of simulation algorithms already demonstrate attempts to improve the quality of learning and human-robot interactions (Liu et al., 2021). In the area of language, improvements in orality and vocabulary are already evident with this type of interaction (Lin et al., 2021), and this is also corroborated in collaborative communicative interaction in research-based online education (Schouten et al., 2022).

In the educational area, other proposals have been found with innovative and ludic methodological structures such as Design Thinking, which help to mediate previous knowledge, new knowledge and cognitive feedback (Da Costa et al., 2020; Gentil et al., 2019). Among other proposals, the use of technology-derived inorganic materials has also been used as an opportunity to create more advanced and autonomous robots with more practice hours than theory ones (Bula et al., 2019; Fortunati et al., 2020); although the use of previously presented designs generates better preventive knowledge in the development of robotic models (Fortunati et al., 2020), instead of being developed with neutral or very basic knowledge. Another approach is implemented from R-H [robot-human] pedagogical structures, whereby the conditions of scientific and attitudinal development are mediated by the use of robots beforehand without building them using waste (Arnett et al., 2020; Castellano et al., 2021; De Albuquerque

que et al., 2021; Madyal et al., 2020). These approaches are much more instructional than constructionist approaches based on social responsibility, although they apply increasingly gamified teaching in the classroom.

Works based on waste recycling to create robotic models by students have developed new approaches to sustainability when learning starts at school (Pearce et al., 2020), mediated by curricula oriented towards social responsibility. In Belgium, energy savings have already been sought in the school-family-society trinomial. Therefore, these types of experiences are developed for a more participatory educational programming in society, not limited to the use of theory manuals. This research supports the development and use of school robotics as a practice of sustainability in the care for water.

In this sense, we based this experience on an educational robotics program based on solid waste recycling in a specific context. The proposed teaching processes were divided into three pedagogical cornerstones: Social Ecological Intelligence (IES), Social Scientific Task (TCS), and Social Scientific Reflection (RCS). Each one is based on the theory proposals for the development of ecological and social intelligence (Aghajani, 2018; Gardner et al., 1996; Nuri et al., 2014).

The implementation of the IES phase sought to generate cultural knowledge and the recognition of the diversity of a polluting environment in students, in order to achieve a capacity for inquiry and generate new knowledge through social self-reflection. Then, the TCS phase allowed the student to use the objects, prevent damages to his person, and succeed in proposing robotic designs in the classroom with the replica of other pre-existing ones. Regarding the RCS process, pedagogical questions were posed to raise two types of reflection, one is cognitive about the robotic models, and the other is social about the conservation of the environment and its sustainability. The processes proposed herein try to follow the steps of the multiple teaching methods by Irianto et al. (2018), based on the search for cultural and social recognition for the development of technological models.

Scientific skills: cognitive approach

Scientific skills from the cognitive approach are conceived as the set of abilities that allow developing knowledge from empirical experience (Zimmerman, 2005). This position includes the set of skills stimulated for the search of new knowledge as a precedent of the previous knowledge acquired by the student (Fisher, 2014; Valdés, 2016), by contrasting it with the results obtained, by observing, analyzing, comparing, arguing, refuting and reflecting on certain phenomena that allow him or her to arrive at knowledge. In certain students, better knowledge has been found in the use of technologies when they perform reflective tasks by interpreting knowledge (Chang et al., 2016); likewise, combinatorial thinking generates better skills when some type of cooperation is achieved among the members of a student group (Yuksel, 2019). Other evidence has reported results describing the use of technology as a motivation generator, the development of critical thinking and better opportunities to learn science (Pramono et al., 2019), and the reflective ability to pose solutions to certain scientific problems.

In some countries such as China and Russia, science education policies implement the development of inquiry skills, considering the reflective ability from the use of technology. In this sense, if the student applies the design and transformation of digital products to their recycling activities, managing solid waste such as metals and plastic,

could create reflective attitudes towards science (Maiurova et al., 2022; Yang et al., 2021). This is how methodologies that seek to solve problems from the use of these reusable objects need to be introduced in all schools to obtain potential indicators in the care for the environment (Lizana et al., 2021). This encourages independent, conscious and investigative training for professional life.

In the study of Hiğde and Aktamiş (2022) and Luo et al. (2020) it is shown that involving the development of inquiry and analysis in disciplines related to engineering enhances the results in students' academic performance, in the scientific and computational domains. These types of proposals contribute to the curriculum prepared in South America, in contexts without the implementation of science education based on the development of projects. In other countries, the curriculum has already been developed based on the contributions of science, mathematics and engineering (Aranzabal et al., 2022). However, the main problem in the curriculum and school teaching methods in South America focuses on the lack of understanding of strategies and the use of resources, or on the contrary, on the coherence between the use of strategies and the biological, social and personal characteristics of the students to participate in classes that create a better awareness of sustainability.

In this case, the IES-TCS-RCS educational scheme is proposed through a scientific skills development program with environmental ecology. However, there is special interest in the use of other methodologies such as: Inquiry [I]-Problem-Based Learning [ABP]-Reflection and Feedback [RR], which are based on other studies whose purpose is to develop informational, communicative and scientific skills in students with low cognitive level (Ormanci & Çepni, 2020; Palupi et al., 2020). Therefore, we adapted these processes to the methodological phases of the Robotic Ecology program: phase I to the social ecology intelligence process, which is more recognized as a motivational process; ABP adapted to the activities: scientific and social tasks, and autonomous reflection adapted to the RR process. This made it possible to bring the scientific research process closer to the studies and proposals focused on recycling and the search for social ecological awareness (Garofalo, 2019; Garofalo & Bacich, 2020).

Method

The research is based on the positivist paradigm, an applied study in which an independent variable is manipulated and its effects on another dependent variable are verified; this is how we carried out measurements in the quantitative approach. The design was experimental with pretest and posttest. This study sought to modify science skills (dependent variable) from the effects of the robotic ecology program (dependent variable) in the school year of a group of coastal schoolchildren. The measurement of scientific skills involved both science abilities and environmental awareness competencies. We carried out this measurement with the instruments that allowed us to evaluate these conditions on each component.

Subjects

We made a methodological comparison between two groups of students ($n_{(Exp.)} = 45$; $n_{(Cont.)} = 35$). Eighty subjects from fifth and sixth grade of elementary education were selected and included in the overall experimental sample. The number of subjects was mostly female (male = 39%; female = 61%), all of them attended schools in vulnerable

contexts in the capital districts. The average age of the participants was 10 years and 8 months (fifth grade = 10.43; sixth grade = 11.2). Variables controlled for were: (a) daily classroom attendance; (b) profound cognitive deficits; (c) age above the educational range; (d) pre- and post-pandemic reinforcement stages, and (d) health status.

All participants gave their consent by signing the informed parental consent form. This document was prepared in accordance with the acceptance of the parents and signed by them to include their children in the experiment. This was given as part of a cognitive reinforcement cycle in the area of science and technology in their respective educational institutions. The aforementioned process made it possible to avoid biases such as the institutional management obligation or the teacher's demands. After contacting the parents, the school administrators and the respective classroom teachers who intervened in the research in general were contacted. This administrative procedure followed the research ethics model based on the model established by the Declaration of Helsinki and avoided generating exogenous factors that would invalidate the study.

Instruments and procedure

We developed a theory and practice performance test on scientific skills, in which the following dimensions were measured: (a) knowledge, (b) observation and (c) reflection. The tasks performed allowed measuring the content of these dimensions through tasks called "Scientific Situations" (Table 1). The tasks were based on the research proposed by Pramono et al. (2019) and Ong et al. (2015), choosing and diversifying the most appropriate dimensions to assess students in the context. An Environmental Awareness Scale was also used with the intention of supporting the grade in scientific reflection, in this case, the instrument allowed measuring the constructs: (a) awareness of the environment and (b) beliefs about care.

Table 1

Test-subtest correlations in the Test and Scale constructs

Variables	Dimensions	r*
Scientific skills	Knowledge	.891
	Observation	.901
	Reflection	.789
Environmental awareness	Awareness of the environment	.871
	Beliefs about care	.883

Note. The R-values are the respective values of bivariate Pearson correlation coefficient, correlations between variables and dimensions are performed. *p < .001.

The level of reliability achieved in both instruments was acceptable (Ins. $_{(a-1)}$ = .921; Ins. $_{(a-2)}$ = .890). Table 1 reflects the results of correspondence between variables and dimensions through a component-variable correlation analysis. From the relationships obtained to establish test-subtest correspondences, a higher index was found between observation ability and scientific skills, and beliefs about environmental care and awareness. It should be noted that all the indices found exceeded the index of .70, so it was accepted as a standard correspondence between the factors and their respective variables.

The ecological problem of a coastal beach was addressed with a social responsibility program, conducted through an agreement between a private university and three schools in vulnerable contexts. The program consisted of three pedagogical phases [IES-TCS-RCS], implemented in six months of the school term. The implementation is shown in Figure 1. These allowed the subjects in the experimental group to come into contact with the recycled waste to develop basic robot prototypes, following their creativity criteria and the teaching pathways applied by the teachers. Students in the control group performed common recycling activities.

Subjects in the experimental group participated in the IES-TCS-RCS phases for six months. In the first phase [social ecological intelligence], students visited a coastal beach in Callao up to five times in the two-month period; the visits were combined with evaluative work in class on the information gathered from the context. Working groups were organized for the questioning to analyze: (a) context and characteristics of the site, (b) atmospheric and aquatic conditions, and (c) recycling actions. The information was collected during the five visits; each working group was able to preventively organize the use of the necessary resources for the collection, selection and revision of the useful renewable objects.

In the second phase [social scientific task], we applied the scientific inquiry activity as a means of searching for information on the robotic models to be implemented by each group. In a second stage, we designed mockups of robot prototypes, for which we used usable resources, which are shown in Figure 1, and were submitted for evaluation by teachers specialized in science and educational robotics. The purpose was to encourage the inclusion of these prototypes in the schools' innovation projects, in order to generate their own economic income. The non-usable resources were disposed of in an organized manner from the waste request by the municipality involved. These were collected in compactor trucks for distribution to the respective Recycling-Waste Collection Centers. Waste collection and compaction took place during the three months following the execution of the first phase.

Finally, with the third phase: social scientific reflection, we were able to organize advertising events on environmental care, these were intended to discuss knowledge-environment, environment-user and context-awareness topics. The first topic was used to generate self-questioning about the elements that prevent achieving sustainability in the care of the environment and what the inhabitants and visitors of the beach in question would need to take care of it. The products were banners and posters aimed at promoting care for the physical environment (the coastline). For the second and third topics we were able to prepare banners, posters and others that could be pasted in each street of entry to the beach, in other environments near the disposal centers. Therefore, we were able to make a social criticism of the care of the environment near the visitors. In this sense, the products were intangible, due to the fact that awareness-raising activities were planned and carried out. These were carried out in the last month of the program implementation.

Figure 1

Pedagogical phases of the robotic ecology program



(a)



(b)



(c)

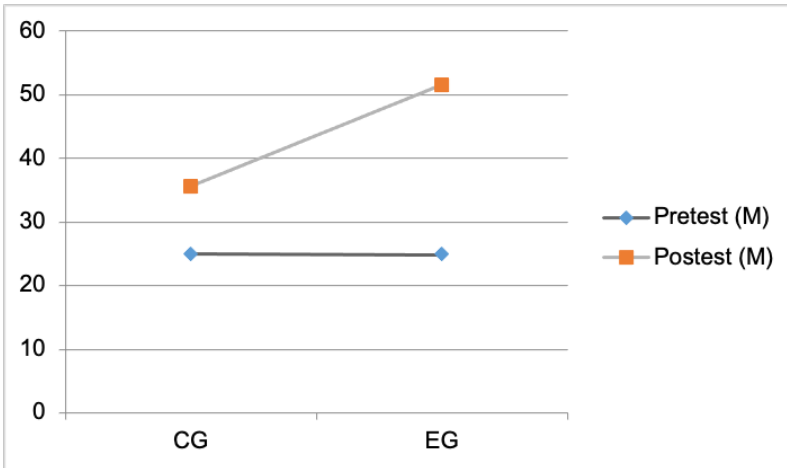
Note. The figure represents different phases of the ecological approach program: (a) social ecological intelligence [IES], (b) social scientific task [TCS], (c) social scientific reflection [RCS].

Results

Scientific skills and environmental awareness

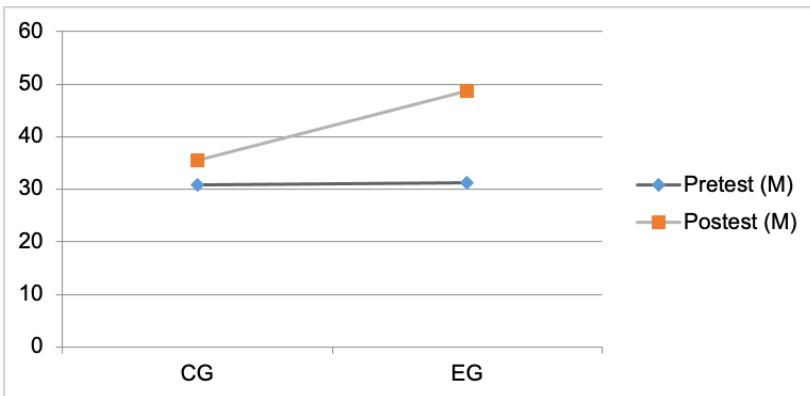
The initial scores for scientific skills ($t_{(53)} = -1.073; p > .005$) and environmental awareness ($t_{(41)} = -1.110; p > .005$) were statistically equal (no significance). The overall results (Figure 2) allowed finding notable differences that support the improvement of scientific skills ($t\text{-SS}_{(74)} = -3.831; p < .005$) after implementing the robotic ecology program.

Figure 2
Pretest and posttest measurements in scientific skills



The scores obtained in environmental awareness are shown in Figure 3. The comparison of medians allowed establishing significant increases in the experimental group ($t\text{-CA}_{(72)} = -2.720; p < .005$) and evidenced the parallel development of scientific skills.

Figure 3
Pretest and posttest measurements of environmental awareness



Comparison of average measures in dimensions

The initial scores did not show significant differences before starting the experimental approach in the components of scientific skills and environmental awareness. On the other hand, as shown in Table 2, there were favorable scores for the experimental group after applying the pedagogical phases [IES-TCS-RCS] of the robotic ecology program, which represented significant differences in the dimensions of scientific skills: observation ($t_{(70)} = -2.45$), reflection ($t_{(77)} = -2.31$).

Table 2

Average in dimensions of scientific skills and environmental awareness

Dimension	Pretest		Posttest	
	CG	EG	CG	EG
Knowledge	10.11	10.19	15.16	16.01
Observation	9.21	9.16	15.21	18.32
Reflection	5.71	5.8	6.34	10.81
Awareness of the environment	15.20	15.01	20.41	21.30
Beliefs about care	12.30	12.35	18.83	20.01

Regarding the dimensions of environmental awareness, differences were also reported in awareness of the environment ($t_{(75)} = -2.21$), beliefs about care ($t_{(78)} = -2.10$). However, Table 2 also shows non-significant differences in the scientific knowledge dimension ($t_{(61)} = -1.02$).

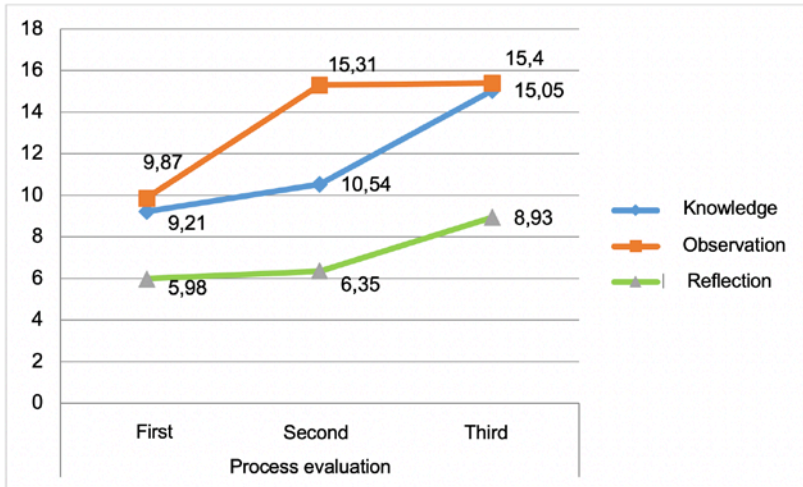
Measures of progression in scientific skills

In order to measure the progress of scientific skills over a six-month period, additional tests were developed, applying the evaluations on three occasions to monitor the quality of progress in each of the dimensions or skills considered (knowledge, observation, reflection). The first test was conducted a few weeks after the application of the pretest, and the last, two weeks before the posttest evaluation.

In Figure 4 we note better progress in the knowledge skill, with a better difference between the first and second evaluation (diff. = -5.44), and between the second and third evaluation (diff. = -4.51). On the other hand, the progression in the observation dimension was slightly less smooth and the increase was smaller between the first and second report (diff. = -1.33). Nevertheless, from the second evaluation there is evidence that the property to perform basic observation was complex to develop for the test subjects (diff. = -.09). Finally, there was less evident progress in reflective ability between the first and second evaluation. The increase was more evident in the last evaluation (diff. = -2.58), although it was a low-level progress up to that last evaluation ($M = 8.93$) with respect to the beginning of the program ($M = 5.98$).

Figure 4

Pretest and posttest measurements in components of scientific skills



Descriptors by levels in the variables

For a more descriptive report of the variables, we classified the results by levels. It was found that less than 20% of the individuals in the experimental group reached the high level of scientific skills, more than 30% presented a moderate level and more than 40% presented a low level. In the control group, less than 30% represented a high level of these abilities for science; 40% showed a moderate level and more than 25% at a low level. Once the program was applied in the experimental group, more than 40% reached a high level, decreasing the number of subjects in the low level, since less than 20% reached that level. In the control group, the level of progress was static, with only 45% of the total showing growth at the moderate level.

In the levels of environmental awareness evaluated before the robotic ecology program was implemented, 22% of the subjects in the control group and 24% in the experimental group showed a high level. 30% of the participants of the experimental group and 35% of the control group showed a low level. At the end of the coastal beach intervention program, the levels were similar in the control group. More than 45% of participants in the experimental group achieved a high level.

Discussion

The findings allow affirming that the phases of the responsibility-based method [IES-TCS-RCS] contributed in the strengthening of scientific skills with the awakening of prior knowledge as already evidenced in other studies (Da Costa et al., 2020; Garofalo, 2019), which has been evident in the robotic prototypes developed in the students. This has been evidence of the constructive period of scientific learning. In this sense, the program was able to integrate creativity towards scientific inquiry processes through STEAM in the experimental group as scientific feedback processes (Garofalo & Bacich, 2020; Gentil et al., 2019).

The general approach based on the use of social ecological intelligence (Gardner et al., 1996; Nuri et al., 2014) and processes of cooperative and motivational teaching methods (Pramono et al., 2019; Yuksel, 2019) have contributed in the improvement of knowledge acquisition, in the increase of knowledge production and in its reflection. The cognitive reflection dimension was also supported after developing the contribution in environmental awareness processes through the coastal beach cleanup.

The evidence obtained from the implementation of the program allows us to accept that the knowledge dimension has less complexity for development, since the group of students performed their classes in a receptive way, without traces of being constructivist. Some evidence has demonstrated that, as a basic skill, it tends to be applied in subjects with certain characteristics similar to those of this study (Donnermann et al., 2021; Schouten et al., 2022). Consequently, the extension of individualistic work with robotics has been transformed into this experience due to the collaboration generated by the individuals themselves in their guided learning, as they also do in other contexts through cognitive collaboration (Schouten et al., 2022; Lin et al., 2021; Liu et al., 2021). In any case, the reflective processes assessed in the progress of reflective ability seem to be linked to the observational processes of the subjects in the experiment. Therefore, it is argued that the individual-robotics-learning experience can be crucial due to the stimulation generated in the science processes themselves (Chalmers, 2018).

Regarding the factors of awareness of the environment and beliefs about care, values have been found that supported their change in the subjects of the experimental group, due to the fact that many of them added reflective events based on the analysis of their own environment to their previous knowledge, so the use of contextual information about the public waste and the quality of the environment visited by the students involved is highlighted. If we consider studies that involved student work through knowledge of the immediate environment (Garofalo, 2019; Garofalo & Baccic, 2020), it is assumed that the practice of prior knowledge added to the search for knowledge of the context stimulates the generation of scientific information, as well as in studies in which the development of pedagogical feedback processes in the classroom is reported (Lin et al., 2021; Nuri et al., 2014; Schouten et al., 2022; Yuksel, 2019). In the study we found that the context is used as a means to feed back the students' environmental awareness, as well as critical thinking about the problems that affect their community.

Finally, although no significant differences were found in the knowledge dimension, it is important to note the progress shown by both the subjects in the control group and those of the experimental group, since both discovered the immediate environment, they were facing, which helped them to obtain permanent information on environmental pollution and environmental settings as an academic status.

Conclusions

The robotic ecology experience premeditated the modification and improvement of scientific skills, developing observation and reflection in the participants of the coastal beach approach program. This was corroborated in the significant differences obtained, which were favorable to the experimental group at the end of the robotic ecology program ($t_{(74)} = -3.831$; $M = 51.62$; $p < .005$). Regarding their ways of reflecting, the scientific task and social scientific reflection phases of the program improved

awareness of the environment and care for the environment as part of the students' scientific reflection. The specific results evidenced effects of improvement in scientific knowledge, although the results are promising, their low statistical significance prevents them from being understood as totally determinant evidence.

According to the objective, scientific skills were compared, and it was concluded that they increased in parallel to the environmental awareness of the subjects in the experimental group ($t_{(72)} = -2.720$; $M = 48.78$; $p < .005$), although this increase can be considered as an implicit moral condition that supports the learning of science from the application of robotic models with recycled waste.

The pedagogy that sought to implement the use of ecological robotics as a means to develop abilities for science allowed demonstrating that the phase based on the use of social ecological intelligence, allowed the subjects to develop their skills to observe and analyze the information that surrounds them, establishing knowledge about the environment and the contamination factors of the environment. On the other hand, the direct tasks with renewable resources have allowed the development of robotic knowledge in each student and analytical thinking as a means to achieve scientific knowledge. Scientific reflection promoted both the development of the actions of other citizens, their competencies to care for the environment, as well as the knowledge of the factors to achieve the sustainability of this care.

The study helped to clarify links between science learning, conservation of the environment and the use of waste as a method of STEM education. It becomes clear that the ability to know is crucial to the skills of observation and reflection, albeit in contexts where the use of the natural environment are issues of social (environmental) necessity. These latter skills generate broader conservative thinking, investigative analysis skills and positive attitudes toward creative robotics at the schooling stage.

Financing

The research was financed by funds from the Vice-President's Office for Research of Norbert Wiener University [Registration Code No. 1868-2022].

References

- Aghajani, M. (2018). Types of Intelligences as Predictors of Self-Efficacy: A Study on Iranian EFL Students. *International Journal of Research in English Education*, 3(4), 12-6. <http://dx.doi.org/10.29252/ijree.3.4.12>
- Aranzabal, A., Epelde, E., & Artetxe, M. (2022). Team formation on the basis of Belbin's roles to enhance students' performance in project based learning. *Education for Chemical Engineers*, 38, 22-37. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.09.001>
- Arnett, M., Luo, Z., Paladugula, P. K., Cardenas, I. S., & Kim, J.-K. (2020). Robots Teaching Recycling: Towards Improving Environmental Literacy of Children. *HRI '20: Companion of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 615-616. <https://doi.org/10.1145/3371382.3379462>
- Bula, I., Hajrizi, E., & Kunicina, N. (2019). Demonstration of the use of robotics in the development of a scrap processing model for mechatronic education. *IEEE 60th In-*

- ternational Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), 1-4. <https://doi.org/10.1109/RTUCON48111.2019.8982323>
- Castellano, G., De Carolis, B., D'Errico, F., Macchiarulo, N., & Rossano, V. (2021). PePeRecycle: Improving Children's Attitude Toward Recycling by Playing with a Social Robot. *International Journal of Social Robotics*, 13, 97–111. <https://doi.org/10.1007/s12369-021-00754-0>
- Chang, C. J., Liu, C. C., & Tsai, C. C. (2016). Explicaciones científicas de apoyo con dibujos y narraciones en tabletas: un análisis de patrones de explicación. *Asia-Pacific Education Researcher*, 25, 173–184. <https://doi.org/10.1007/s40299-015-0247-0>
- Chalmers, C. (2018). Robotics and computational thinking in primary school. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 17, 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.005>
- Da Costa, A., Rodrigues, F., & Ramírez, L. (2020). Creative robotics for the development of inclusive Maker culture in elementary education: the case of the Capistrano de Abreu Municipal School, in São Paulo, Brazil. *Revista de Investigación en Educación Militar*, 1(1), 69-91. <https://doi.org/10.47961/27450171.7>
- De Albuquerque, A. P., Kelner, J., Hung, P. C. K., De Souza Jeronimo, B., Rocha, R., & Ribeiro, A. F. (2021). Toy user interface design—Tools for Child–Computer Interaction. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 30, 100307. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100307>
- Donnermann, M., Lein, M., Messingschlager, T., Riedmann, A., Schaper, P., Steinhäusser, S., & Lugin, B. (2021). Social robots and gamification for technology supported learning: An empirical study on engagement and motivation. *Computers in Human Behavior*, 121, 106792. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106792>
- Emmiyati, N., Rasyid, M. A., Rahman, M. A., Arsyad, A., & Dirawan, G. D. (2014). Multiple Intelligences Profiles of Junior Secondary School Students in Indonesia. *International Education Studies*, 7(11), 77-103. <https://doi.org/10.5539/ies.v7n11p103>
- Fischer, F., Kollar, I., Ufer, S., Sodian, B., Hussman, H., Pekrun, R., Neuhaus, B., Dorner, B., Pankofer, S., Fischer, M., Srijbos, J. W., Heene, M., & Eberle, J. (2014). Scientific Reasoning and Argumentation: Advancing an Interdisciplinary Research Agenda in Education. *Frontline Learning Research*, 2(3), 28-45. <https://doi.org/10.14786/flr.v2i2.96>
- Fortunati, L., Manganeli, A. M., & Ferrin, G. (2022). Arts and crafts robots or LEGO® MINDSTORMS robots? A comparative study in educational robotics. *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 287–310. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09609-7>
- Gardner, H., Kornhaber, M. L., & Wake, W. K. (1996). *Intelligence: Multiple perspectives*. Harcourt Brace College Publishers.
- Garofalo, D. D. (2019). Robotics with scratch a creative education for all. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, 15(34), 1-21. <https://doi.org/10.21713/rbpg.v15i34.1611>
- Garofalo, D. D., & Bacich, L. (2020). Um olhar para aprendizagem socioemocional no STEAM. En L. Bacich, L. Holanda (Org.). *STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica*, 9. Grupo Educação SA.
- Gentil, D., Martins, F., Palheta, M. C., & Da Silva, W. (2019). Robótica pedagógica na amazônia-aprendizagem significativa e conectividade na Educação 4.0. *Anais IV CONAPESC* (2019). <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/57203>

- Hiğde, E., & Aktamış, H. (2022). The effects of STEM activities on students' STEM career interests, motivation, science process skills, science achievement and views. *Thinking Skills and Creativity*, 43, 101000. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101000>
- Irianto, D., Herlambang, Y., & Hana, Y. (2018). Multiliteration model based on Eco pedagogy Approach in improving ecological Intelligence and developing characters. *Universitas Pendidikan Indonesia*, 135-142. <http://proceedings.upi.edu/index.php/icee/article/view/30/27>
- Lin, V., Yeh, H.-C., Huang, H.-H., & Chen, N.-S. (2021). Enhancing EFL vocabulary learning with multimodal cues supported by an educational robot and an IoT-Based 3D book. *System*, 104, 102691. <https://doi.org/10.1016/j.system.2021.102691>
- Liu, X., Huang, P., & Ge, S. S. (2021). Optimized control for human-multi-robot collaborative manipulation via multi-player Q-learning. *Journal of the Franklin Institute*, 358 (11), 5639-5658. <https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2021.03.017>
- Lizana, J., Manteigas, V., Chacartegui, R., Lage, J., Becerra, J. A., Blondeau, P., Rato, R., Silva, F., Gamarra, A. R., Herrera, I., Gomes, M., Fernandez, A., Berthier, C., Gonçalves, K., Alexandre, J. L., Almeida-Silva, M., & Almeida, S. M. (2021). A methodology to empower citizens towards a low-carbon economy. The potential of schools and sustainability indicators. *Journal of Environmental Management*, 284, 112043. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112043>
- Luo, F., Antonenko, P. D., & Davis, E. C. (2020). Exploring the evolution of two girls' conceptions and practices in computational thinking in Science. *Computers & Education*, 146, 103759. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103759>
- Maiurova, A., Kurniawan, T. A., Kustikova, M., Bykovskaia, E., Othman, M. H. D., Singh, D., & Goh, H. W. (2022). Promoting digital transformation in waste collection service and waste recycling in Moscow (Russia): Applying a circular economy paradigm to mitigate climate change impacts on the environment. *Journal of Cleaner Production*, 354, 131604. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131604>
- Madyal, J., Platte, L., Arndt, J., Spangenberg, M., & Zähl, K. (2020). MoBi - An Interactive Classroom Robot Helping Children to Separate Waste. *HRI '20: Companion of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 629-630. <https://doi.org/10.1145/3371382.3379459>
- Oliveira, R., Arriaga, P., Santos, F. P., Mascarenhas, A., & Paiva, A. (2021). Towards pro-social design: A scoping review of the use of robots and virtual agents to trigger prosocial behavior. *Computers in Human Behavior*, 114, 106547. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106547>
- Ong, E. T., Ramiah, P., Ruthven, K., Salleh, S. M., Yusuff, N. A. N., & Mokhsein, S. E. (2015). Acquisition of Basic Science Process Skills among Malaysian Upper Primary Students. *Research in Education*, 94(1), 88-101. <https://doi.org/10.7227/RIE.0021>
- Ormancı, Ü., & Çepni, S. (2020). Investigating the Effects of web-based Science Material for Guided Inquiry Approach on Information and Communication Skills of Students. *Participatory Educational Research*, 7(1), 201-219. <https://doi.org/10.17275/per.20.12.7.1>

- Palupi, B., Subiyantoro, S., Rukayah, & Triyanto. (2020). The Effectiveness of Guided Inquiry Learning (GIL) and Problem-Based Learning (PBL) for Explanatory Writing Skill. *International Journal of Instruction*, 13(1), 713-730. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13146a>
- Pearce, H., Hudders, L., & Van de Sompel, D. (2020). Young energy savers: Exploring the role of parents, peers, media and schools in saving energy among children in Belgium. *Energy Research & Social Science*, 63, 101392. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101392>
- Pivetti, M., Di Battista, S., Agatolio, F., Simaku, B., Moro, M., & Menegatti, E. (2020). Educational Robotics for children with neurodevelopmental disorders: A systematic review. *Heliyon*, 6(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05160>
- Pramono, S., Prajanti, S., & Wibawanto, W. (2019). Virtual Laboratory for Elementary Students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1387/1/012113>
- Schouten, A. P., Portegies, T. C., Withuis, I., Willemsen, L. M., & Mazerant-Dubois, K. (2022). Robomorphism: Examining the effects of telepresence robots on between-student cooperation. *Computers in Human Behavior*, 126. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106980>
- Valdés, A., Arteaga, L., & Martínez, J. (2016). La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio. Retos y sugerencias. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(1), 169-176. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/321>
- Yang, Y., Chen, L., & Xue, L. (2021). Looking for a Chinese solution to global problems: The situation and countermeasures of marine plastic waste and microplastics pollution governance system in China. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 19(4), 352-357. <https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2022.01.008>
- Yuksel, I. (2019). The effects of research inquiry based learning on the scientific reasoning skills of prospective science teachers. *Journal of Education and Training Studies*, 7(4), 273-278. <https://doi.org/10.11114/jets.v7i4.4020>
- Zimmerman, C. (2005). *The Development of Scientific Reasoning Skills: What Psychologists Contribute to an Understanding of Elementary Science Learning*. <https://www.informalscience.org/development-scientific-reasoning-skills-what-psychologists-contribute-understanding-elementary>

Evidencias de validez y confiabilidad del DigCompEdu CheckIn en docentes de una universidad privada peruana

Evidence of validity and reliability of DigCompEdu CheckIn among professors at a Peruvian private university

DigCompEdu CheckIn 在一所秘鲁私立大学的教师中的有效性和可靠性证据

Доказательства валидности и надежности DigCompEdu CheckIn среди преподавателей частного перуанского университета

Eliana Gallardo-Echenique

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
eliana.gallardo@upc.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-8524-8595>

Ambrosio Tomás-Rojas

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
ambrosio.tomas@upc.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-9722-2501>

Jorge Bossio

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
jorge.bossio@upc.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-4426-8063>

Úrsula Freundt-Thurne

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
ursula.freundt@upc.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-5983-3651>

Fechas · Dates

Recibido: 2022-06-29
Aceptado: 2022-10-14
Publicado: 2023-01-01

Cómo citar este trabajo · How to Cite this Paper

Gallardo-Echenique, E., Tomás-Rojas, A., Bossio, J., & Freundt-Thurne, U. (2023). Evidencias de validez y confiabilidad del DigCompEdu CheckIn en docentes de una universidad privada peruana. *Publicaciones*, 53(2), 49–68. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26817>

Resumen

Introducción: Desde hace algunos años, se vienen desarrollando diversos marcos y herramientas de autoevaluación para describir las facetas de la competencia digital de los docentes, siendo uno de estos el DigCompEdu CheckIn. Este ha sido validado al inglés en Marruecos, al alemán en Alemania, y al español en España. El objetivo de este estudio consiste en validar el instrumento que fue elaborado en otro contexto, para que responda a la necesidad de medir la competencia digital de los docentes de una universidad privada en Lima, Perú, a partir de su autopercepción.

Método: Se realizó un estudio instrumental para determinar las evidencias de validez y confiabilidad de la herramienta DigCompEdu CheckIn. La muestra estuvo constituida por 1218 docentes de diferentes áreas: Arte, Ciencias, Ciencias Sociales, Ciencias Jurídicas, Ingenierías y Arquitectura, Ciencias de la Salud, y Humanidades.

Resultados: Los resultados señalan la reagrupación de las competencias digitales en una estructura de tres factores (F1, F2, F3) y 22 competencias, a diferencia de la estructura original compuesta de seis factores. Esta reducción de la estructura de las competencias no descarta la interacción entre las competencias generales, sino que la mantiene. Las tres competencias globales (Competencias de los estudiantes (F1); Competencias profesionales de los educadores (F2); Competencias pedagógicas de los educadores (F3) interactúan y se interrelacionan.

Conclusiones: Los hallazgos evidencian que el DigCompEdu CheckIn es una herramienta válida y confiable entre los docentes. Es necesario realizar nuevos estudios que verifiquen la propuesta de tres factores del instrumento para el contexto peruano, así como su confiabilidad en nuevas poblaciones y contextos culturales.

Palabras clave: competencia digital, educación superior, COVID-19, validez, confiabilidad.

Abstract

Introduction: For some years now, various frameworks and self-assessment tools have been developed to describe the facets of teachers' digital competence, one of these being the DigCompEdu CheckIn. This has been validated in English in Morocco, in German in Germany, and in Spanish in Spain. The objective of this study is to validate the instrument that was developed in another context, so that it responds to the need to measure the digital competence of teachers at a private university in Lima, Peru, based on their self-perception.

Method: An instrumental study was carried out to determine the evidence of validity and reliability of the DigCompEdu CheckIn tool. The sample consisted of 1,218 teachers from different areas: Art, Sciences, Social Sciences, Legal Sciences, Engineering and Architecture, Health Sciences, and Humanities.

Results: The results indicate the regrouping of digital skills in a structure of three factors (F1, F2, F3) and 22 skills, unlike the original structure composed of six factors. This reduction in the structure of competencies does not rule out the interaction between general competencies, but rather maintains it. The three global competencies (Student Competencies (F1); Educators Professional Competencies (F2); Educators Pedagogical Competencies (F3) interact and interrelate.

Conclusions: The findings show that the DigCompEdu CheckIn is a valid and reliable tool among teachers. New studies are needed to verify the three-factor proposal of the instrument for the Peruvian context, as well as its reliability in new populations and cultural contexts.

Keywords: digital competence, higher education, COVID-19, validity, reliability.

Аннотация

Введение: В течение нескольких лет было разработано несколько шаблонов и инструментов самооценки для описания аспектов цифровой компетентности учителей, одним из которых является DigCompEdu CheckIn. Она была утверждена на английском языке в Марокко, на немецком языке в Германии и на испанском языке в Испании. Целью данного исследования является проверка инструмента, который был разработан в другом контексте, чтобы ответить на необходимость измерения цифровой компетентности преподавателей частного университета в Лиме, Перу, на основе их самовосприятия.

Метод: Было проведено инструментальное исследование для определения доказательств валидности и надежности инструмента DigCompEdu CheckIn. Выборка состояла из 1218 учителей из различных областей: искусства, естественных наук, социальных наук, юридических наук, инженерии и архитектуры, здравоохранения и гуманитарных наук.

Результаты: Результаты показывают перегруппировку цифровых компетенций в структуру из трех факторов (F1, F2, F3) и 22 компетенций, в отличие от первоначальной структуры из шести факторов. Такое сокращение структуры компетенций не исключает взаимодействия между общими компетенциями, а сохраняет его. Три глобальные компетенции (компетенции обучающихся (F1); профессиональные компетенции педагогов (F2); педагогические компетенции педагогов (F3)) взаимодействуют и взаимосвязаны.

Выводы: Полученные результаты свидетельствуют о том, что DigCompEdu CheckIn является валидным и надежным инструментом для учителей. Необходимы дальнейшие исследования для проверки трехфакторного подхода инструмента для перуанского контекста, а также его надежности в новых популяциях и культурных контекстах.

Ключевые слова: цифровая компетентность, высшее образование, COVID-19, валидность, надежность.

摘要

引言: 多年来,用来描述教师数字能力各个方面的不同自我评估框架和工具已经得到了开发,其中之一就是 DigCompEdu CheckIn。该工具已在摩洛哥的英语版本、德国的德语版本和西班牙的西班牙语版本中得到验证。本研究的目的是验证其另一种背景下的开发,以便它回应秘鲁利马一所私立大学教师根据自我认知来衡量的数字能力的需求。

研究方法: 我们进行了一项工具型研究,以确定 DigCompEdu CheckIn 工具的有效性和可靠性的证据。样本包括来自不同领域的 1218 名教师:艺术、科学、社会科学、法律科学、工程与建筑学、健康科学和人文科学。

研究结果: 结果表明数字技能在三个因素 (F1、F2、F3) 和 22 项技能的结构中重新组合,与由六个因素组成的原始结构不同。这种能力结构的减少并不排除一般能力之间的相互作用,而是保持它。三种全球能力 (学生能力 F1; 教育者专业能力 F2 和教育者教学能力 F3) 相互作用和相互关联。

研究结论: 调查结果表明, DigCompEdu CheckIn 在教师中是一种有效且可靠的工具。此外,我们需要进行新的研究来验证这一在秘鲁背景下由三个因素组成的工具,以及它在新的人群和文化背景下的可靠性。

关键词: 数字能力、高等教育、COVID-19、有效性、可靠性。

Introducción

En diciembre de 2019, el mundo se vio afectado por la COVID-19 que apareció inicialmente en Wuhan, China (OPS, 2020), y que fue identificada como una enfermedad respiratoria aguda severa que, de complicarse, podía causar la muerte (Twinamasiko et al., 2021). Según la Organización Mundial de la Salud es a partir del 11 de marzo de 2020 cuando esta enfermedad alcanzó la categoría de pandemia (OPS, 2020) afectando al desarrollo de la educación superior en varios aspectos (Mok et al., 2021), visibilizando y profundizando las brechas educativas en lo que a acceso a tecnologías digitales, conexión a Internet y exclusión social se refiere (Reimers, 2022).

La propagación de la enfermedad a nivel mundial obligó a los gobiernos a establecer condicionamientos como la promulgación de normas sobre el distanciamiento físico de los ciudadanos, la suspensión de toda clase de actividades en los centros educativos, así como a limitar e interrumpir un buen número de actividades económicas y sociales (Hatabu et al., 2021; OPS, 2020). Las instituciones educativas, en muchas partes del mundo, suspendieron sus clases presenciales en marzo de 2020 afectando negativamente los sistemas educativos a futuro (IIPE Unesco América Latina, 2020). La población estudiantil vulnerable, así como los estudiantes con dificultades para aprender en el hogar fueron los más impactados (IIPE Unesco América Latina, 2020; Pardo & Cobo, 2020).

Si bien antes de la COVID-19 muchos países evidenciaban retos sociales, económicos y políticos (IIPE Unesco América Latina, 2020), en el campo educativo, la pandemia exigió reacciones inmediatas. Algunas de estas fueron la puesta en práctica de alternativas para transitar rápidamente de la enseñanza presencial a la remota y el despliegue de estrategias de educación a distancia (Mok et al., 2021; Reimers, 2022). Esto ha implicado no solo la exhaustiva revisión de las relaciones humanas, sino el obligatorio rediseño de un importante número de tareas, trabajos académicos y experiencias educativas que pasaron de ser presenciales a realizarse a través de plataformas digitales (Alania-Contreras et al., 2022; Pardo & Cobo, 2020). En el Perú, las instituciones educativas de nivel inicial, primaria, secundaria y de Educación Superior suspendieron sus actividades presenciales. Las universidades, por su parte, profundizaron en políticas y actividades de educación remota para el dictado no presencial de sus materias (Resolución de Consejo Directivo, 2020), y establecieron acciones para contar con recursos pedagógicos y herramientas digitales (Rojas-Salas et al., 2021).

La virtualidad planteada por la pandemia obligó a diseñar hojas de ruta basadas en contextos particulares con enfoques más innovadores, considerando las necesidades y las posibilidades de cada sistema, y tomando en cuenta la integración de la tecnología digital (Reimers, 2022; Rodríguez et al., 2021). Transcurridos más de dos años desde que se inició la pandemia, esta ha desencadenado que muchos de los principales actores, acostumbrados tradicionalmente a desarrollar clases presenciales (Álvarez et al., 2020), se hayan visto obligados a reconocer las clases virtuales como muy importantes, incorporándolas en su quehacer docente en respuesta a las nuevas demandas de la sociedad (Pardo & Cobo, 2020; Rodríguez et al., 2021). La integración de las tecnologías digitales al sistema de gestión del aprendizaje confirma que actualmente, es factible referirse a una “nueva normalidad” en el terreno educativo (Álvarez et al., 2020; Mok et al., 2021).

Adicionalmente, el Consejo y el Parlamento Europeo diseñaron, en 2006, un marco referencial sobre las principales competencias relacionadas al aprendizaje permanente

que los habitantes necesitan para lograr una participación activa con inclusión social y empleabilidad en esta sociedad. Estas competencias son: (a) comunicación en la lengua materna; (b) comunicación en lenguas extranjeras; (c) competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología; (d) competencia digital; (e) aprender a aprender; (f) competencias sociales y cívicas; (g) sentido de la iniciativa y espíritu de empresa; y (h) conciencia y expresión culturales (Comisión Europea, 2007). En este contexto, la importancia que han adquirido las tecnologías digitales reconoce como indispensable la competencia digital (Gallardo-Echenique et al., 2018; Pozos & Tejada, 2018; Prendes et al., 2018) de cara a su participación activa y sistemática en esta nueva sociedad post-pandemia (Pardo & Cobo, 2020).

La competencia digital es un aspecto clave relacionado con un importante número de actividades que realizan los docentes. Por ello, la oportuna y adecuada integración de la tecnología ha evidenciado un protagonismo significativo (Cobo, 2019; Padilla-Hernández et al., 2020). La competencia digital es definida como:

El uso seguro y crítico de las tecnologías de la sociedad de la información (TIC) para el trabajo, el ocio y la comunicación. Se sustenta en las competencias básicas en materia de TIC: el uso de ordenadores para obtener, evaluar, almacenar, producir, presentar e intercambiar información, y comunicarse y participar en redes de colaboración a través de Internet. (Comisión Europea, 2007, p. 7)

La competencia digital docente, por su parte, es considerada como un cúmulo de actitudes, conocimientos, destrezas y habilidades que favorecen el fortalecimiento de sus estrategias de enseñanza- aprendizaje, su desarrollo personal y profesional, así como las interacciones con estudiantes, compañeros de trabajo, familiares, entre otros actores (Redecker & Punie, 2020).

A raíz de la COVID-19 surgieron nuevos recursos tecnológicos en línea que abrumaron no solo a los docentes, sino al personal educativo, quienes no estaban preparados para garantizar que los estudiantes sigan aprendiendo (Pardo & Cobo, 2020). Ellos enfrentaron el reto de impartir clases a distancia sin la adecuada orientación, capacitación o acceso a los recursos necesarios (IPE Unesco América Latina, 2020). No obstante, es justamente este mismo contexto de emergencia sanitaria, el que se ha convertido en una nueva oportunidad para construir una relación más natural, fluida, estrecha y efectiva con los recursos y herramientas digitales al alcance, facilitando la labor docente y su práctica educativa (Mok et al., 2021; Padilla-Hernández et al., 2018; Selwyn, 2017).

En Perú, el interés por las competencias digitales docentes, que aumentó significativamente durante el período de aislamiento forzoso, se mantiene dados los cambios regulatorios surgidos durante este periodo de emergencia sanitaria. En mayo de 2020, mediante Decreto Legislativo N° 1496 (Gobierno de Perú, 2020), el Gobierno peruano incluyó en la ley universitaria, la posibilidad de proveer servicios educativos en tres modalidades (presencial, semi-presencial y a distancia o no presencial), ampliando las oportunidades para una oferta diversificada y de calidad. En agosto de ese mismo año, mediante Resolución del Consejo Directivo N° 105, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU, 2020) estableció las condiciones de calidad para la provisión de servicios educativos en estas tres modalidades, señalando como requisito que las universidades debían contar con un cuerpo docente competente y calificado, así como con políticas claras de actualización de sus competencias digitales.

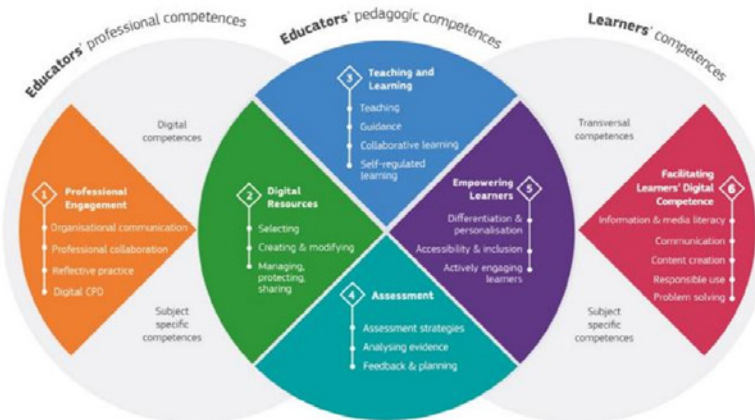
Competencia Digital de los Educadores (DigCompEdu)

Desde hace varios años se vienen desarrollando, a nivel internacional, diversos marcos y herramientas de autoevaluación para nombrar las fases de la competencia digital de los docentes (Redecker & Punie, 2020, 2017). Uno de estos es el denominado Marco Europeo para la Competencia Digital de los Educadores (DigCompEdu), cuyo propósito consiste en orientar las políticas para el establecimiento de herramientas y programas de capacitación competencial docente (European Commission, 2021b; Redecker & Punie, 2020). Este marco es parte de un proyecto sobre la formación, preparación e instrucción en entornos digitales de la Comisión Europea (European Commission, 2021b). El marco DigCompEdu, cuyo objetivo consiste en reunir y describir las competencias digitales de los docentes, se dirige a educadores de los diversos niveles (educación infantil, superior y de adultos) considerando, además, la formación general y profesional, así como la educación para estudiantes con necesidades especiales (Redecker & Punie, 2020).

El marco DigCompEdu comprende la progresión de seis áreas de la competencia digital docente (Figura 1): (1) Compromiso profesional, (2) Contenidos digitales, (3) Enseñanza y aprendizaje, (4) Evaluación y retroalimentación, (5) Empoderamiento de los estudiantes y, (6) Desarrollo de la competencia digital de los estudiantes (Redecker & Punie, 2020). El centro del marco DigCompEdu incluye las áreas 2-5 que explican “la competencia pedagógica digital de los educadores, es decir, las competencias digitales que los docentes necesitan para adoptar estrategias de enseñanza y aprendizaje eficientes, inclusivas e innovadoras” (Redecker & Punie, 2020, p. 16). Este núcleo se complementa con el área 1, que está dirigido al entorno profesional, y con el área 6, que determina las competencias pedagógicas específicas, necesarias para desarrollar la competencia digital de los estudiantes (Redecker & Punie, 2020).

Figura 1

Sinopsis del marco DigCompEdu

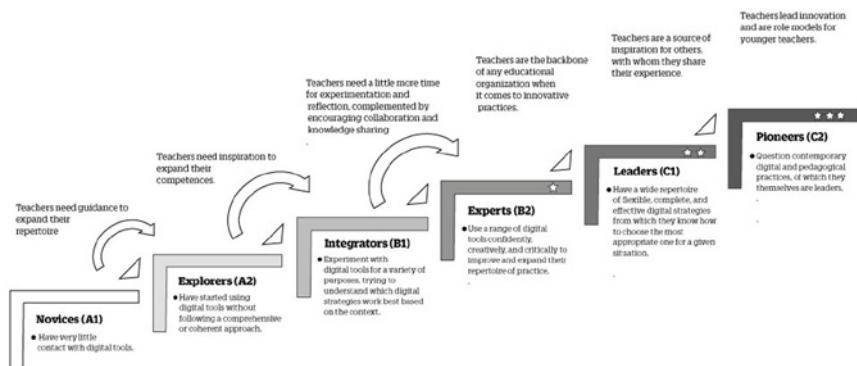


Nota. Tomado del *Marco Europeo para la competencia digital de los educadores: DigCompEdu* (p. 19), por C. Redecker, Y. Punie, 2020, Centro Común de Investigación de la Comisión Europea.

El desarrollo de la competencia consta de “seis niveles de aptitud utilizados por el Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas (MCER), que van desde el A1 al C2” (Redecker & Punie, 2020, p. 28) (Figura 2). Este marco desarrolló un instrumento de autopercepción de la competencia digital docente denominada, provisionalmente, DigCompEdu CheckIn elaborado por Redecker y Punie (2017b), el cual ha sido adaptado a diversos idiomas y perfiles docentes (European Commission, 2021b, 2021a). Su diseño es el resultado de diversas propuestas y experiencias a nivel internacional en múltiples eventos académicos y científicos, así como de la consulta a profesores, investigadores, expertos y profesionales de la comunidad europea (European Commission, 2021b; Ghomi & Redecker, 2019; Redecker & Punie, 2020), quienes fueron convocados a comentar los ítems y probar la encuesta. El DigCompEdu propone 22 competencias organizadas en áreas y niveles de habilidad (A1, A2, B1, B2, C1, C2), y pretende promover la competencia digital docente, así como impulsar la innovación en educación (Redecker & Punie, 2020, 2017). En la actualidad, el instrumento se sigue validando entre educadores de diferentes Estados de la Comunidad Europea y del mundo (European Commission, 2021a), para demostrar que el contexto cultural requiere de atención y valoración particular.

En marzo de 2018, la versión inicial de DigCompEdu CheckIn fue publicada en Marruecos en inglés contando con la validación de 160 profesores del curso de Inglés (Benali et al., 2018). En abril de 2018 fue traducida al alemán, y validada por 22 docentes de nacionalidad alemana (Ghomi & Redecker, 2019). En mayo del mismo año, se hizo la consulta a 20 expertos (investigadores y docentes) para discutir la relevancia y representatividad de los ítems. En octubre de 2018, se hizo una nueva versión del instrumento en inglés y en alemán (Ghomi & Redecker, 2019). Entre setiembre y noviembre de 2018, el instrumento fue nuevamente validado, vía encuesta online de la Unión Europea, por 335 docentes alemanes, (Ghomi & Redecker, 2019). En 2021, fue validado por 2180 profesores españoles de Educación Superior (Cabero-Almenara et al., 2021).

Figura 2
Niveles de Aptitud



Nota. Tomado del Marco Europeo para la Competencia Digital de los Educadores: DigCompEdu (pp. 29-30), por C. Redecker, Y. Punie, 2020, Centro Común de Investigación de la Comisión Europea.

Diversos investigadores (Arafat et al., 2016; Yaghoobzadeh et al., 2019) advierten que el uso de instrumentos de medición elaborados en otros países debe considerar las variables culturales particulares para generar hallazgos válidos y confiables. La validez es la coherencia entre la teoría y la evidencia empírica para que las interpretaciones realizadas con el instrumento tengan sentido (Campo-Arias & Oviedo, 2008; Ramada-Rodilla et al., 2013). Cabe resaltar que la validez no es una propiedad del instrumento de medición como tal (Messick, 1995b), sino que dependerá del objetivo de la medición, los ítems, la población y el contexto de aplicación, por lo que un instrumento puede ser válido para un grupo determinado, pero no para otros (Messick, 1995a; Soriano Rodríguez, 2014). Es por esta razón que todo proceso de validación resulta un proceso continuo que exige constantes comprobaciones empíricas (Messick, 1995a, 1995b). Por su parte, la confiabilidad es la capacidad del instrumento de mostrar resultados similares en repetidas mediciones; sin embargo, la confiabilidad no es suficiente para garantizar la validez de un instrumento para una población en particular (Campo-Arias & Oviedo, 2008; Soriano Rodríguez, 2014).

Desde 1994, la Comisión Internacional de Tests ha ido elaborando directivas para la adaptación de cuestionarios y pruebas (Muñiz et al., 2013), así como para orientar metodológicamente el proceso de adaptación y mejora de su calidad (Hernández et al., 2020). La primera versión fue publicada en 2005, mientras que la segunda en 2017, conteniendo 18 directivas agrupadas en seis categorías: condición previa (3 directivas), desarrollo de la prueba (5 directivas), confirmación (4 directivas), administración (2 directivas), puntuación e interpretación (2 directivas) y documentación (2 directivas) (Hernández et al., 2020; ITC, 2017).

El DigCompEdu CheckIn ya ha sido validado al inglés en Marruecos, al alemán en Alemania, y al español en España. Si bien ya se administró en Hispanoamérica en los países que integran MetaRed, a la fecha, este es el primer estudio que intenta validar un instrumento, elaborado en otro contexto, que responda a la relevancia de medir la competencia digital docente en una universidad privada en Lima, Perú, a partir de su autopercepción. MetaRed Perú es la organización de universidades públicas y privadas peruanas, que nace con el apoyo de Universia para debatir, reflexionar y trabajar colaborativamente la relevancia de las tecnologías digitales (Ojeda del Arco, 2021). Con el objetivo de conocer el estado de las competencias digitales docentes peruanas, MetaRed decide utilizar el DigCompEdu en 2019 para lograr que, a partir de la reflexión que realice cada universidad, proponga políticas de virtualización, planes de capacitación docente, así como un modelo educativo (Ojeda del Arco, 2021).

Métodos

Se realizó un estudio instrumental cuyo objetivo consistió en precisar las evidencias de validez y confiabilidad de la herramienta DigCompEdu CheckIn, adaptada en una muestra distinta a la original (Millán et al., 2013). Este estudio se enmarca en MetaRed Perú, y tiene como propósito que las universidades puedan utilizar la herramienta desarrollada por el Joint Research Centre (JRC) de la Comisión Europea (MetaRed Perú, 2021). Se tomó en consideración los 22 ítems de la versión original que cuenta con alternativas de respuesta tipo Likert.

Se tomaron los datos correspondientes a los docentes de una universidad privada peruana. La muestra no probabilística, de conveniencia y homogénea estuvo constitui-

da por 1218 profesores de Educación Superior de diferentes áreas de esa institución: Arte, Ciencias, Ciencias Sociales, Ciencias Jurídicas, Ingenierías y Arquitectura, Ciencias de la Salud, y Humanidades. En abril de 2021, el instrumento fue distribuido por correo electrónico a más de 4000 profesores, quienes participaron de manera voluntaria y anónima, y sin que ello les genere perjuicio académico y/o laboral alguno. Todos los participantes recibieron oportunamente precisiones sobre la naturaleza de la investigación, así como el compromiso de salvaguardar su confidencialidad y anonimato (Grady et al., 2017).

En cuanto al tratamiento de los datos, estos fueron organizados, codificados y analizados utilizando los programas de cálculo estadístico IBM SPSS Statistics 25, IBM SPSS Amos 23, Jamovi 2.0 y JASP 0.16. La muestra fue dividida aleatoriamente en dos partes iguales, con la finalidad de evaluar la estructura interna del instrumento. Con la primera parte se realizó el análisis factorial exploratorio, mientras que, con la segunda, un análisis factorial confirmatorio. Se realizaron los análisis descriptivos de los ítems: “media, desviación estándar, asimetría y curtosis” (Ventura-León et al., 2018, p. 25); además, se evaluó la homogeneidad de estos mediante el cálculo de la correlación ítems-test corregida.

Posteriormente, se realizó el análisis factorial exploratorio. Con respecto al análisis factorial confirmatorio, se calcularon los índices de bondad de ajuste: Chi cuadrado, Chi cuadrado/Grados de libertad, Raíz residual media, Índice de Tucker-Lewis, Índice de ajuste comparativo, Índice de ajuste incremental y el Error cuadrático medio de aproximación con sus intervalos de confianza. Finalmente, la confiabilidad se determinó por consistencia interna mediante el coeficiente Omega de McDonald. Cabe señalar que se desestimó emplear el Alfa de Cronbach debido a que presenta limitaciones: la magnitud del coeficiente es afectado por el número de ítems, por el número de alternativas de respuesta y por el error muestral. Por el contrario, el cálculo del coeficiente Omega depende de las cargas factoriales obtenidas en el análisis confirmatorio, lo cual hace que este método produzca resultados más estables de confiabilidad (Ventura-León et al., 2018).

Resultados

Análisis preliminar de los ítems

En la Tabla 1 se presentan los estadísticos descriptivos de los ítems: “media, desviación estándar, asimetría y curtosis” (Ventura-León et al., 2018, p. 25). Se presentan, también, las correlaciones ítem-test corregidas. Se observa que el ítem 9 presenta la media más alta ($M = 3.06$; $DE = .83$), y el ítem 21 presenta la menor media ($M = 2.30$; $DE = 1.13$). Respecto a la asimetría y curtosis, todos los ítems presentaron valores inferiores a ± 1.5 (Ferrando & Anguiano-Carrasco, 2010; Pérez & Medrano, 2010) lo que evidencia que los datos presentan una aproximación a la distribución normal. Este hallazgo fue decisivo para optar por el método de factorización de máxima verosimilitud (Ximénez & García, 2005). Además, los valores de correlación ítem-test corregido indicaron que se deben retener todos los ítems debido a que obtuvieron un coeficiente de correlación superior a .20 (Kline, 2016).

Tabla 1*Análisis preliminar de los ítems de la DigCompEdu CheckIn*

Ítems	M	DE	g ¹	g ²	r _{itc}
1. Comunicación organizativa	2.62	.81	-.18	-.15	.50
2. Colaboración profesional	2.41	.93	-.22	-.01	.52
3. Práctica reflexiva	2.48	.96	.01	-.71	.58
4. Desarrollo profesional continuo a través de medios digitales	3.02	.93	-.76	.12	.45
5. Selección	2.63	.88	-.13	-.64	.50
6. Creación y modificación	2.72	.81	-.70	1.27	.49
7. Protección, gestión e intercambio	2.51	1.21	-.51	-.56	.39
8. Enseñanza	2.71	1.02	-.49	-.41	.65
9. Orientación y apoyo en el aprendizaje	3.06	.83	-.85	.81	.57
10. Aprendizaje colaborativo	3.02	.93	-.86	.64	.58
11. Aprendizaje autorregulado	2.67	.94	-.80	.56	.64
12. Estrategias evaluación	2.82	.84	-.53	.36	.59
13. Analíticas de aprendizaje	2.57	1.00	-.35	-.51	.59
14. Retroalimentación, programación y toma de decisiones	2.72	.84	-.36	-.05	.62
15. Accesibilidad e inclusión	2.97	1.06	-.91	.19	.61
16. Personalización	2.42	1.23	-.42	-.93	.62
17. Compromiso activo de los estudiantes con su aprendizaje	2.73	.95	-.57	.24	.58
18. Información y alfabetización mediática	2.43	1.03	-.37	-.41	.62
19. Comunicación	2.56	.85	-.20	.33	.62
20. Creación de contenido	2.64	1.09	-.94	.33	.59
21. Uso responsable	2.30	1.13	-.15	-.54	.71
22. Solución de problemas	2.59	.91	-.53	.52	.70

Nota. M = Media; DE = Desviación estándar; g¹ = Asimetría; g² = Curtosis; r_{itc} = Correlación ítem-test corregido.

Análisis factorial exploratorio (AFE)

Antes de efectuar el análisis factorial exploratorio (AFE), se verificó si los datos cumplían los requisitos para poder realizarlo: la medida de adecuación muestral obtenida con el coeficiente de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) fue .96 (excelente) y la prueba de esfericidad de Bartlett obtuvo un coeficiente $\chi^2 = 6360.47$, $p < .001$ (óptimo). Con estos resultados se procedió con el AFE mediante el método de extracción de máxima ve-

rosimilitud (Costello & Osborne, 2005). La determinación del número de factores se realizó mediante el análisis paralelo (Timmerman & Lorenzo-Seva, 2011) que sugirió una solución de tres factores para agrupar a los 22 ítems del DigCompEdu CheckIn, tal como se muestra en la Tabla 2. Estos factores explicaron el 47.70% (aceptable) de la varianza del constructo. Se observa que las cargas factoriales fueron superiores .30 (Kline, 1993). Los ítems 8, 15 y 17 se ubicaron en más de un factor. Ante ello, se decidió retenerlos y agruparlos con los ítems pertenecientes a las dimensiones originales.

Se aprecia que la estructura de tres factores guarda relación con las competencias evaluadas por el DigCompEdu CheckIn. Por ello, los factores hallados se denominarán: competencias de los estudiantes (Factor 1); competencias profesionales de los educadores (Factor 2) y competencias pedagógicas de los educadores (Factor 3) (Redecker & Punie, 2017). Se aprecia que el Factor 1 agrupó a los ítems de las dimensiones 5 y 6 del instrumento original (empoderamiento de los estudiantes y desarrollo de la competencia digital de los estudiantes); por otro lado, que el Factor 2 agrupó a las dimensiones 1 y 2 del instrumento original (compromiso profesional y contenidos digitales); y que, finalmente, el Factor 3 agrupó a las dimensiones 3 y 4 del instrumento original (enseñanza-aprendizaje y evaluación-retroalimentación).

Tal como se ilustra en la Figura 3, a diferencia del modelo original (Figura 1), el orden y la colocación de las competencias cambian de ubicación: competencias de los estudiantes (Factor 1); competencias profesionales de los educadores (Factor 2) y competencias pedagógicas de los educadores (Factor 3).

Tabla 2

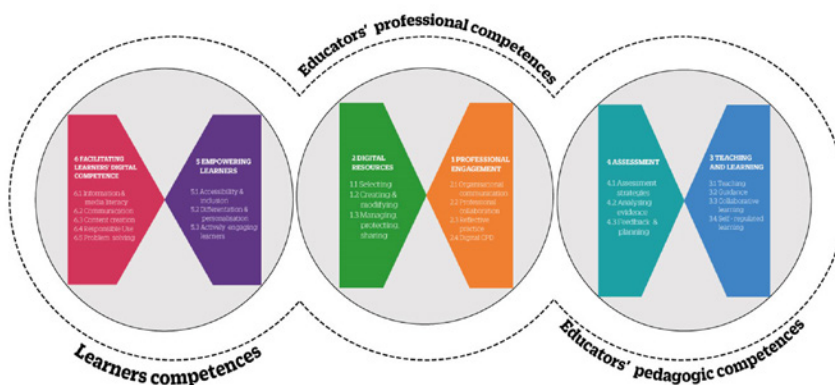
Análisis factorial exploratorio de la DigCompEdu CheckIn

Ítems	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Comunalidad
21. Uso responsable	.94			.31
22. Solución de problemas	.71			.41
18. Información y alfabetización mediática	.66			.52
20. Creación de contenido	.56			.60
16. Personalización	.48			.50
19. Comunicación	.46			.50
15. Accesibilidad e inclusión	.34		.40	.54
17. Compromiso activo de los estudiantes con su aprendizaje	.33		.36	.51
6. Creación y modificación		.72		.52
3. Práctica reflexiva		.71		.49
5. Selección		.70		.51
1. Comunicación organizativa		.56		.61

Ítems	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Comunalidad
8. Enseñanza		.55	.36	.36
2. Colaboración profesional		.50		.63
4. Desarrollo profesional continuo a través de medios digitales		.44		.71
7. Protección, gestión e intercambio		.34		.75
12. Estrategias evaluación			.71	.43
9. Orientación y apoyo en el aprendizaje			.65	.55
14. Retroalimentación, programación y toma de decisiones			.50	.49
10. Aprendizaje colaborativo			.49	.57
13. Analíticas de aprendizaje			.49	.54
11. Aprendizaje autorregulado			.46	.46
Autovalores	9.20	.74	.32	
% de varianza	17.10%	15.00%	15.60%	

Figura 3

Propuesta del marco DigCompEdu validada en el contexto peruano



Análisis factorial confirmatorio (AFC)

Este análisis tuvo como finalidad confirmar los resultados del AFE. En la Tabla 3 se presentan los tres factores que obtuvieron excelentes valores de bondad de ajuste.

Tabla 3

Índices de bondad de ajuste estadístico de la DigCompEdu CheckIn

Modelo	X ² (gl)	X ² /gl	RMR	TLI	CFI	IFI	RMSEA [IC90%]
Tres factores	633.54 (206)	3.07	.04	.92	.93	.93	.06 [.05-.06]

Nota. χ^2 = Chi cuadrado; gl= Grados de libertad; RMR= Raíz residual media; TLI= Índice de Tucker-Lewis; CFI= Índice de ajuste comparativo; IFI= Índice de ajuste incremental; RMSEA= Error cuadrático medio de aproximación; IC= Intervalos de confianza.

En la Figura 4, se muestra la estructura factorial de la DigCompEdu CheckIn. Se puede apreciar que las cargas factoriales están en el rango entre .52 y .78, que pueden ser consideradas fuertes.

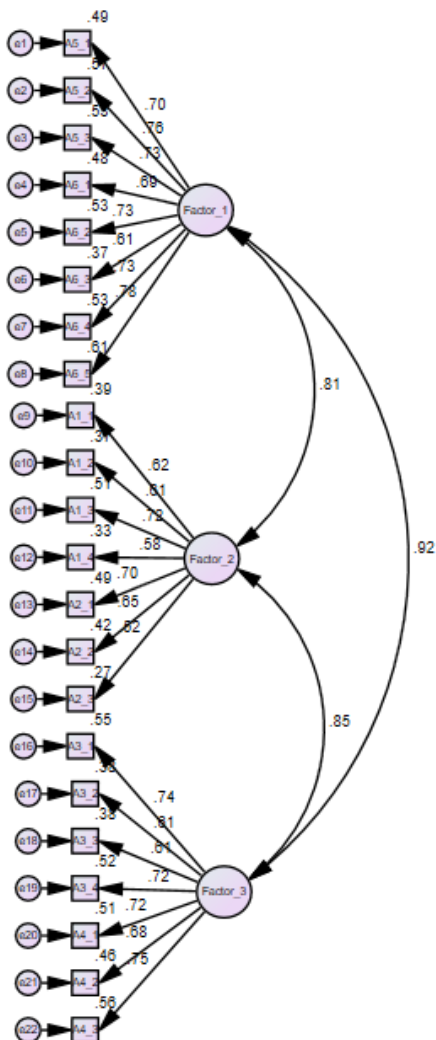


Figura 4
Estructura factorial de la Dig-CompEdu CheckIn

Análisis de confiabilidad

Finalmente, se comprobó la confiabilidad de consistencia interna del DigCompEdu CheckIn, mediante el coeficiente Omega de McDonald, así como sus respectivos intervalos de confianza, cuyos resultados se aprecian en la Tabla 4. Se observa que la fiabilidad de esta solución es considerada buena en todos los factores al haberse hallado coeficientes $\omega > .80$.

Tabla 4

Confiabilidad de consistencia interna de la DigCompEdu CheckIn

Factores	ω	IC95%
Factor 1	.89	[.87 - .90]
Factor 2	.81	[.79 - .83]
Factor 3	.86	[.84 - .88]

Nota. ω = Coeficiente Omega de McDonald; IC95% = Intervalo de confianza.

Discusión y Conclusiones

Cuando se emplean instrumentos de autopercepción elaborados en otros contextos, culturas (e idiomas) y poblaciones, es necesario realizar un proceso metodológicamente adecuado de adaptación transcultural (Arafat et al., 2016; Yaghoobzadeh et al., 2019). En consecuencia, se hace hincapié en la necesidad de adaptar culturalmente los instrumentos (Arafat et al., 2016) de manera que sean psicométricamente sólidos y capaces de generar hallazgos válidos y generalizables (Yaghoobzadeh et al., 2019). En línea con resultados previos (Borsa et al., 2012; Yaghoobzadeh et al., 2019), instrumentos sin la debida validez y confiabilidad pueden mostrar problemas, generando datos poco confiables cuando se emplean en otros estudios.

Por ello, el objetivo consistió en validar un instrumento, elaborado en otro contexto, que responda a la exigencia de medir la competencia digital docente en una universidad privada en Lima, Perú, a partir de su autopercepción. Este estudio incorpora las recomendaciones de autores previos (Benali et al., 2018; Ghomi & Redecker, 2019), quienes plantean la necesidad de adaptaciones en otros contextos y culturas. Los hallazgos presentados evidencian que el DigCompEdu CheckIn es válido y confiable entre la población objeto del estudio. Además, estos resultados confirman la importancia de que los estudios sobre el nivel de competencias digitales cuenten con instrumentos de evaluación que sean validados y aplicados transculturalmente y dentro de las culturas, como en el caso del DigCompEdu.

La propuesta conseguida evidencia la reagrupación de las competencias digitales en una estructura de tres factores y 22 ítems, a diferencia de lo mostrado en la estructura original compuesta de seis factores. Una posible explicación a la nueva reagrupación de factores podría justificarse en las evidencias de validez previas al instrumento original. Las validaciones del instrumento realizadas en Marruecos, Alemania y España adolecen de propiedades psicométricas (Benali et al., 2018; Cabero-Almenara et al., 2021; Ghomi & Redecker, 2019). Sin embargo, en todas ellas se señala, declarativamente, que se contó con las opiniones de expertos, aunque no se mostraron eviden-

cias explícitas del proceso de validez de contenido. No existe un análisis de concordancia de las opiniones de los expertos lo cual es determinante para descartar posibles respuestas ofrecidas al azar. Esta reducción de la estructura de las competencias no descarta la interacción entre las competencias generales, sino que las mantiene. Ello, a pesar de que la posición de los factores de la estructura original (Figura 1) se haya visto modificada (Figura 3).

La estructura de tres factores (F1, F2, F3) está relacionada. Si bien la posición de los factores cambia de ubicación de lo mostrado en la Figura 1 (F1: Competencias profesionales de los educadores; F2: Competencias pedagógicas de los educadores; F3: Competencias de los estudiantes), a lo planteado en la Figura 3 (F1: Competencias de los estudiantes; F2: Competencias profesionales de los educadores; F3: Competencias pedagógicas de los educadores), todas se interrelacionan e interactúan (Redecker & Punie, 2017). Este hallazgo coincide, parcialmente, con lo reportado por Cabero-Almenara et al. (2021), debido a que se conserva la integridad de ítems del instrumento original, pero se agrupan en tres factores que corresponden a la estructura teórica del DigCompEdu (Redecker & Punie, 2020), aunque en una posición diferente. En línea con previos estudios (Arafat et al., 2016; Borsa et al., 2012; Yaghoobzadeh et al., 2019), existen factores de índole cultural, de idioma (la presencia de localismos o regionalismos) y contexto que también influyen significativamente en la estructural factorial encontrada en este estudio.

Considerando que el instrumento original fue creado antes de la pandemia, cuando el acceso a la educación a distancia era aún más limitado, el cambio de la posición interna de los factores podría obedecer a la percepción que tienen los docentes sobre las capacidades de los estudiantes para enfrentar el uso de las competencias digitales. Esta percepción, al interior de la nueva estructura, ubica a los estudiantes en el primer lugar (F1) de la nueva estructura (Figura 3), resaltándose así la importancia del estudiante y del profesor en toda la dinámica de enseñanza-aprendizaje digital.

Por su propia práctica, si los docentes no perciben que los estudiantes están capacitados o empoderados, el aprendizaje está lejos de lograrse. No existe dinámica de aprendizaje si no hay empoderamiento del estudiante. Las competencias pedagógicas de los educadores se reorganizaron en el Factor 2. Una posible explicación podría ser que los docentes se vieron en el menester de asumir importantes retos, vinculados con el diseño instruccional y las experiencias de aprendizaje en entornos digitales. La colaboración y el compromiso profesional entre miembros del cuerpo docente resultan indispensables.

Finalmente, el Factor 2 del esquema original (Figura 1), que incluye áreas como Evaluación y retroalimentación (4), Enseñanza y aprendizaje (3) termina ocupando el tercer Factor de la nueva estructura (Figura 3). Por tratarse de un instrumento que mide la autopercepción de los docentes, la reubicación podría deberse a que las áreas 4 y 3 han sido tradicionalmente consideradas como competencias asociadas a la docencia (Falco, 2017), más no como competencias vinculadas directamente a los entornos digitales.

En línea con Cabero-Almenara et al. (2021), esta nueva estructura fue testeada por el análisis factorial confirmatorio, evidenciando excelentes índices de ajuste. Mediante el coeficiente Omega de McDonald, el nuevo instrumento mostró confiabilidad de consistencia interna, con valores superiores a .70, al igual que lo reportado por Cabero-Almenara et al. (2021). El hecho de hallar que la validez de constructo obtenida en este estudio y el modelo de Cabero-Almenara et al. (2021) presentan estructuras factoriales

distintas, pero igual de válidas y confiables, sugiere la necesidad de realizar nuevos estudios que verifiquen la estructura y confiabilidad del instrumento en nuevas poblaciones. Ello debido a que las percepciones de los actores del mundo académico dependen, entre otros, de la cultura organizacional.

Adicionalmente, este resultado obtenido plantea la necesidad de trabajar las competencias digitales con el objetivo de empoderar a los estudiantes en el uso de las herramientas digitales de modo tal que les faciliten su aprendizaje de manera integral. Para ello es fundamental seguir las buenas prácticas en el proceso de adaptación de instrumentos elaborados en determinado contexto a la hora de su aplicación en otros. Ello, con el objetivo de evitar errores y de garantizar la comparación de las puntuaciones de las pruebas. Si este proceso no se lleva a cabo de manera rigurosa, podrían cometerse errores a la hora de tomar decisiones con respecto a las futuras políticas de virtualización y de capacitación docente. Como resaltan diversos autores, se requiere acciones de capacitación pedagógica y soporte tecnológico de carácter urgente que permitan el empoderamiento digital en las actividades docentes universitarias (Benali et al., 2018; Durán et al., 2016; Martínez Rodríguez & González Martínez, 2015; Pren-des et al., 2018).

Esta investigación presenta tres limitaciones. La primera está relacionada al hecho de que los datos fueron recopilados de una sola institución con una muestra homogénea no probabilística de conveniencia. Ello impide que los resultados puedan ser generalizados. La segunda se asocia a que los datos no fueron recolectados por los autores de este estudio, sino que fueron tomados de una fuente secundaria (MetaRed Perú). Finalmente, se trata de un instrumento de autopercepción y autoaplicable, por lo cual se esperaría que la respuesta de los participantes tenga cierto nivel de deseabilidad social.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Fundación Universia y a las siguientes autoridades de MetaRed, Tomás Jiménez García (Coordinador de MetaRed Global), Dr. Edward Roekaert Embrechts (Presidente de MetaRed Perú), y Ugo Ojeda de Arco (Coordinador del Grupo de Trabajo de Tecnologías Educativas). Adicionalmente a los docentes universitarios quienes participaron de manera voluntaria en este proyecto.

Financiación

Este estudio fue financiado parcialmente por la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).

Referencias

Alania-Contreras, R. D., Chanca-Flores, A., Condori-Apaza, M., Fabian-Arias, E., & Rafele-de-la-Cruz, M. (2022). Adaptación, validación, fiabilidad y baremación de una escala de actitud hacia la educación online para universitarios en la crisis por COVID-19. *Publicaciones*, 52(3), 229–260. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v52i3.22273>

- Álvarez, M., Gardyn, N., Iardelevsky, A., & Rebello, G. (2020). Segregación educativa en tiempos de pandemia: Balance de las acciones iniciales durante el aislamiento social por el Covid-19 en Argentina. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 9(3), 25–43. <https://doi.org/10.15366/riejs2020.9.3.002>
- Arafat, S., Chowdhury, H., Qusar, M., & Hafez, M. (2016). Cross cultural adaptation and psychometric validation of research instruments: a methodological review. *Journal of Behavioral Health*, 5(3), 129. <https://doi.org/10.5455/jbh.20160615121755>
- Benali, M., Kaddouri, M., & Azzimani, T. (2018). Digital competence of Moroccan teachers of English. *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology*, 14(2), 99–120. <http://ijedict.dec.uwi.edu/viewissue.php?id=51>
- Borsa, J. C., Damásio, B. F., & Bandeira, D. R. (2012). Cross-cultural adaptation and validation of psychological instruments: Some considerations. *Paidéia (Ribeirão Preto)*, 22(53), 423–432. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-863X2012000300014>
- Cabero-Almenara, J., Guillén-Gámez, F. D., Ruiz-Palmero, J., & Palacios-Rodríguez, A. (2021). Digital competence of higher education professor according to DigCompEdu. Statistical research methods with ANOVA between fields of knowledge in different age ranges. *Education and Information Technologies*, 4691–4708. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10476-5>
- Campo-Arias, A., & Oviedo, H. C. (2008). Propiedades psicométricas de una escala: La consistencia interna. *Revista de Salud Pública*, 10(5), 831–839. <https://doi.org/10.1590/s0124-00642008000500015>
- Cobo, C. (2019). *Acepto las condiciones: Usos y abusos de las tecnologías digitales*. Fundación Santillana.
- Comisión Europea. (2007). *Competencias claves para el aprendizaje permanente. Un marco de referencia europeo*. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. <https://www.educacionyfp.gob.es/dctm/ministerio/educacion/mecu/movilidad-europa/competenciasclave.pdf?documentId=0901e72b80685fb1>
- Costello, A. B., & Osborne, J. (2005). Best practices in exploratory factor analysis: four recommendations for getting the most from your analysis. *Practical Assessment Research & Evaluation*, 10(7), 1–9. <https://doi.org/10.7275/yj1-4868>
- Durán, M., Gutiérrez, I., & Prendes, M. (2016). Certificación de la competencia TIC del profesorado universitario. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 21(69), 527–556. <https://doi.org/10.17398/1695288X.15.1.97>
- European Commission. (2021a). *DigCompEdu. The European Framework for the Digital Competence of Educators*. <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcompedu/self-reflection>
- European Commission. (2021b). *Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu)*. <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcompedu>
- Falco, M. (2017). Reconsiderando las prácticas educativas: TICs en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Tendencias Pedagógicas*, 29, 59–76. <https://doi.org/10.15366/tp2017.29.002>
- Ferrando, P. J., & Anguiano-Carrasco, C. (2010). El análisis factorial como técnica de investigación en psicología. *Papeles Del Psicólogo*, 31(1), 18–33. <https://psycnet.apa.org/record/2010-04075-002>
- Gallardo-Echenique, E., Poma-Acevedo, A., & Esteve Mon, F. M. (2018). La competencia digital: análisis de una experiencia en el contexto universitario. *Revista de*

Ciencias de La Educación. ACADEMICUS, I(12), 6–15. <http://www.ice.uabjo.mx/media/15/2019/03/1A2019.pdf>

- Ghomi, M., & Redecker, C. (2019). Digital competence of educators (DigCompedu): Development and evaluation of a self-assessment instrument for teachers' digital competence. *CSEDU 2019 - Proceedings of the 11th International Conference on Computer Supported Education*, 1, 541–548. <https://doi.org/10.5220/0007679005410548>
- Gobierno del Perú. (2020, May 9). Decreto Legislativo N° 1496. *Diario Oficial El Peruano*, 32–34. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-establece-disposiciones-en-materia-d-decreto-legislativo-n-1496-1866211-3/>
- Grady, C., Cummings, S. R., Rowbotham, M. C., Mcconnell, M. V, Ashley, E. A., Phil, D., & Kang, G. (2017). Informed consent. *New England Journal of Medicine*, 376(9), 856–867. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1603773>
- Hatabu, A., Mao, X., Zhou, Y., Kawashita, N., Wen, Z., Ueda, M., Takagi, T., & Tian, Y. S. (2021). Knowledge, attitudes, and practices toward COVID-19 among university students in Japan and associated factors: An online cross-sectional survey. *PLoS ONE*, 15(12), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244350>
- Hernández, A., Hidalgo, M. D., Hambleton, R. K., & Gómez-Benito, J. (2020). International test commission guidelines for test adaptation: A criterion checklist. *Psicothema*, 32(3), 390–398. <https://doi.org/10.7334/psicothema2019.306>
- IPE Unesco América Latina. (2020). *Informe de políticas: La educación durante la COVID-19 y después de ella*. https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/policy_brief_-_education_during_covid-19_and_beyond_spanish.pdf
- International Test Commission. [ITC]. (2017). *ITC guidelines for translating and adapting tests* (2nd ed.). International Test Commission (ITC). https://www.intestcom.org/files/guideline_test_adaptation_2ed.pdf
- Kline, P. (1993). *An easy guide to factor analysis*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315788135>
- Kline, R. (2016). *Principles and practices of structural equation modelling* (4th ed.). The Guilford Press.
- Martinez Rodriguez, F., & González Martínez, J. (2015). Uso y apropiación de las tecnologías de la información y la comunicación por parte de los docentes en las facultades de ingeniería. *Redes de Ingeniería*, 6(1), 6–24. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.redes.2015.1.a01>
- McDonald, R. P. (1999). *Test theory: A unified treatment*. Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781410601087>
- Messick, S. (1995a). Validity of psychological assessment: Validation of inferences from persons' responses and performances as scientific inquiry into score meaning. *American Psychologist*, 50(9), 741–749. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.50.9.741>
- Messick, S. (1995b). Standards of validity and the validity of standards in performance assessment. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 14(4), 5–8. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3992.1995.tb00881.x>
- MetaRed Perú. (2021). *Webinar: Competencias digitales docentes en la Educación Superior*. <https://www.metared.org/pe/novedades/webinar--competencias-digitales--docentes-en-la-educacion-superior.html>

- Millán, A., Calvanese, N., & D'Aubeterre, M. E. (2013). Propiedades psicométricas del Cuestionario de Condiciones de Trabajo (qCT) en una muestra multiocupacional venezolana. *CES Psicología*, 6(2), 28-52-52. <https://doi.org/10.21615/2543>
- Mok, K. H., Xiong, W., Ke, G., & Cheung, J. O. W. (2021). Impact of COVID-19 pandemic on international higher education and student mobility: Student perspectives from mainland China and Hong Kong. *International Journal of Educational Research*, 105(101718), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101718>
- Muñiz, J., Elosua, P., & Hambleton, R. K. (2013). Directrices para la traducción y adaptación de los tests: Segunda edición. *Psicothema*, 25(2), 151-157. <https://doi.org/10.7334/psicothema2013.24>
- Ojeda del Arco, U. (2021). *ICODI PERÚ 2021. Informe de Competencias Digitales de Docentes en la Educación Superior Peruana*. Universia & MetaRed Perú. <https://www.metared.org/pe/novedades/-MetaRedPeru-icodi-2021.html>
- Organización Panamericana de la Salud. [OPS]. (2020). *Coronavirus*. <https://www.paho.org/es/temas/coronavirus>
- Padilla-Hernández, A. L., Gámiz-Sánchez, V. M., & Romero-López, M. A. (2020). Evolución de la competencia digital docente del profesorado universitario: incidentes críticos a partir de relatos de vida. *Educación*, 56(1), 109-127. <https://doi.org/10.5565/REV/EDUCAR.1088>
- Padilla-Hernández, A. L., Gámiz Sánchez, V. M., & Romero López, M. A. (2018). Selección de categorías para el estudio de la evolución de la competencia digital docente del profesorado en Educación Superior. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 4, 55-67. <https://doi.org/10.6018/riite/2018/327881>
- Pardo, H., & Cobo, C. (2020). *Expandir la universidad más allá de la enseñanza remota de emergencia*. Outliers School. <http://outliersschool.net/project/universidadpost-pandemia/>
- Pérez, E., & Medrano, L. (2010). Análisis factorial exploratorio: Bases conceptuales y metodológicas. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento (RACC)*, 2(1), 58-66. <https://doi.org/10.32348/1852.4206.v2.n1.15924>
- Pozos, K. V., & Tejada, J. (2018). Competencias digitales en docentes de educación superior: Niveles de dominio y necesidades formativas. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 12(2), 59-87. <https://doi.org/10.19083/ridu.2018.712>
- Prendes, M. P., Gutiérrez, I., & Martínez, F. (2018). Competencia digital: Una necesidad del profesorado universitario en el siglo XXI. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 56, 1-22. <https://doi.org/10.6018/red/56/7>
- Ramada-Rodilla, J. M., Serra-Pujadas, C., & Delclós-Clanchet, G. L. (2013). Adaptación cultural y validación de cuestionarios de salud: Revisión y recomendaciones metodológicas. *Salud Pública de México*, 55(1), 57-66. <https://doi.org/10.1590/S0036-36342013000100009>
- Redecker, C., & Punie, Y. (2020). *Marco Europeo para la competencia digital de los educadores: DigCompEdu*. Centro Común de Investigación de la Comisión Europea. <https://doi.org/10.2760/159770>
- Redecker, & Punie, Y. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>
- Reimers, F. M. (2022). Learning from a pandemic. The Impact of COVID-19 on Education around the world. In *Primary and secondary education during Covid-19: Disrup-*

- tions to educational opportunity during a pandemic (pp. 1–37). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81500-4_1
- Rodríguez, A., Caurcel, M. J., Gallardo-Montes, C. D., & Crisol, E. (2021). Psychometric properties of the questionnaire “Demands and potentials of ICT and apps for assisting people with autism” (DPTIC-AUT-Q). *Education Sciences*, *11*(10), 1–30. <https://doi.org/10.3390/educsci11100586>
- Rojas-Salas, G., Huanca-Apaza, M. Á., Castro-Paniura, C., & Gallardo-Echenique, E. (2021). Virtual education on health during the COVID-19 pandemic. *2021 IEEE 1st International Conference on Advanced Learning Technologies on Education & Research (ICALTER)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICALTER54105.2021.9675084>
- Selwyn, N. (2017). Profesores y tecnología: repensar la digitalización de la labor docente. *Boletín de La Institución Libre de Enseñanza*, *104*, 27–36. <https://doi.org/10.31235/osf.io/jauea>
- Soriano Rodríguez, A. M. (2014). Diseño y validación de instrumentos de medición. *Diá-Logos*, *14*(12), 19–40. <https://doi.org/10.5377/dialogos.v0i14.2202>
- Resolución de Consejo Directivo. (2020). <https://www.gob.pe/institucion/sunedu/normas-legales/462882-039-2020-sunedu-cd>
- Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria. [SUNEDU]. (2020, August 24). Resolución del Consejo Directivo N° 105-2020-SUNEDU/CD. *Diario Oficial El Peruano*, 33–40. <https://busquedas.elperuano.pe/normas-legales/aprueban-disposiciones-para-la-prestacion-del-servicio-educa-resolucion-n-105-2020-suneducd-1879494-1/>
- Timmerman, M. E., & Lorenzo-Seva, U. (2011). Dimensionality assessment of ordered polytomous items with parallel analysis. *Psychological Methods*, *16*(2), 209–220. <https://doi.org/10.1037/a0023353>
- Twinamasiko, N., Nuwagaba, J., Maria Gwokyalya, A., Nakityo, I., Wasswa, E., & Sserunjogi, E. (2021). Drivers affecting the acceptance and use of electronic learning among Ugandan university students in the COVID-19 era: A cross-sectional survey among three universities. *SAGE Open*, *11*(3), 21582440211029920. <https://doi.org/10.1177/21582440211029922>
- Ventura-León, J., Caycho-Rodríguez, T., Vargas-Tenazoa, D., & Flores-Pino, G. (2018). Adaptación y validación de la Escala de Tolerancia a la Frustración (ETF) en niños peruanos. *Revista de Psicología Clínica con Niños y Adolescentes (RPCNA)*, *5*(2), 23–29. <https://doi.org/10.21134/rpcna.2018.05.2.3>
- Ximénez, M. C., & García, A. G. (2005). Comparación de los métodos de estimación de máxima verosimilitud y mínimos cuadrados no ponderados en el análisis factorial confirmatorio mediante simulación Monte Carlo. *Psicothema*, *13*(3), 528–535. <https://www.psicothema.com/pdf/3140.pdf>
- Yaghoobzadeh, A., Pahlevan Sharif, S., Ong, F. S., Soundy, A., Sharif Nia, H., Moradi Bagloee, M., Sarabi, M., Goudarzian, A. H., & Morshedi, H. (2019). Cross-cultural adaptation and psychometric evaluation of the Herth Hope Index within a sample of Iranian older peoples. *International Journal of Aging and Human Development*, *89*(4), 356–371. <https://doi.org/10.1177/0091415018815239>

Evidence of validity and reliability of DigCompEdu CheckIn among professors at a Peruvian private university

Evidencias de validez y confiabilidad del DigCompEdu CheckIn en docentes de una universidad privada peruana

DigCompEdu CheckIn 在一所秘鲁私立大学的教师中的有效性和可靠性证据

Доказательства валидности и надежности DigCompEdu CheckIn среди преподавателей частного перуанского университета

Eliana Gallardo-Echenique

Peruvian University of Applied Sciences
eliana.gallardo@upc.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-8524-8595>

Ambrosio Tomás-Rojas

Peruvian University of Applied Sciences
ambrosio.tomas@upc.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-9722-2501>

Jorge Bossio

Peruvian University of Applied Sciences
jorge.bossio@upc.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-4426-8063>

Úrsula Freundt-Thurne

Peruvian University of Applied Sciences
ursula.freundt@upc.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-5983-3651>

Fechas · Dates

Received: 2022-06-29
Accepted: 2022-10-14
Published: 2023-01-01

Cómo citar este trabajo · How to Cite this Paper

Gallardo-Echenique, E., Tomás-Rojas, A., Bossio, J., & Freundt-Thurne, U. (2023). Evidence of validity and reliability of DigCompEdu CheckIn among professors at a Peruvian private university. *Publicaciones*, 53(2), 69–88. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26817>

Resumen

Introducción: Desde hace algunos años, se vienen desarrollando diversos marcos y herramientas de autoevaluación para describir las facetas de la competencia digital de los docentes, siendo uno de estos el DigCompEdu CheckIn. Este ha sido validado al inglés en Marruecos, al alemán en Alemania, y al español en España. El objetivo de este estudio consiste en validar el instrumento que fue elaborado en otro contexto, para que responda a la necesidad de medir la competencia digital de los docentes de una universidad privada en Lima, Perú, a partir de su autopercepción.

Método: Se realizó un estudio instrumental para determinar las evidencias de validez y confiabilidad de la herramienta DigCompEdu CheckIn. La muestra estuvo constituida por 1218 docentes de diferentes áreas: Arte, Ciencias, Ciencias Sociales, Ciencias Jurídicas, Ingenierías y Arquitectura, Ciencias de la Salud, y Humanidades.

Resultados: Los resultados señalan la reagrupación de las competencias digitales en una estructura de tres factores (F1, F2, F3) y 22 competencias, a diferencia de la estructura original compuesta de seis factores. Esta reducción de la estructura de las competencias no descarta la interacción entre las competencias generales, sino que la mantiene. Las tres competencias globales (Competencias de los estudiantes (F1); Competencias profesionales de los educadores (F2); Competencias pedagógicas de los educadores (F3) interactúan y se interrelacionan.

Conclusiones: Los hallazgos evidencian que el DigCompEdu CheckIn es una herramienta válida y confiable entre los docentes. Es necesario realizar nuevos estudios que verifiquen la propuesta de tres factores del instrumento para el contexto peruano, así como su confiabilidad en nuevas poblaciones y contextos culturales.

Palabras clave: competencia digital, educación superior, COVID-19, validez, confiabilidad.

Abstract

Introduction: For some years now, various frameworks and self-assessment tools have been developed to describe the facets of teachers' digital competence, one of these being the DigCompEdu CheckIn. This has been validated in English in Morocco, in German in Germany, and in Spanish in Spain. The objective of this study is to validate the instrument that was developed in another context, so that it responds to the need to measure the digital competence of teachers at a private university in Lima, Peru, based on their self-perception.

Method: An instrumental study was carried out to determine the evidence of validity and reliability of the DigCompEdu CheckIn tool. The sample consisted of 1,218 teachers from different areas: Art, Sciences, Social Sciences, Legal Sciences, Engineering and Architecture, Health Sciences, and Humanities.

Results: The results indicate the regrouping of digital skills in a structure of three factors (F1, F2, F3) and 22 skills, unlike the original structure composed of six factors. This reduction in the structure of competencies does not rule out the interaction between general competencies, but rather maintains it. The three global competencies (Student Competencies (F1); Educators Professional Competencies (F2); Educators Pedagogical Competencies (F3) interact and interrelate.

Conclusions: The findings show that the DigCompEdu CheckIn is a valid and reliable tool among teachers. New studies are needed to verify the three-factor proposal of the instrument for the Peruvian context, as well as its reliability in new populations and cultural contexts.

Keywords: digital competence, higher education, COVID-19, validity, reliability.

Аннотация

Введение: В течение нескольких лет было разработано несколько шаблонов и инструментов самооценки для описания аспектов цифровой компетентности учителей, одним из которых является DigCompEdu CheckIn. Она была утверждена на английском языке в Марокко, на немецком языке в Германии и на испанском языке в Испании. Целью данного исследования является проверка инструмента, который был разработан в другом контексте, чтобы ответить на необходимость измерения цифровой компетентности преподавателей частного университета в Лиме, Перу, на основе их самовосприятия.

Метод: Было проведено инструментальное исследование для определения доказательств валидности и надежности инструмента DigCompEdu CheckIn. Выборка состояла из 1218 учителей из различных областей: искусства, естественных наук, социальных наук, юридических наук, инженерии и архитектуры, здравоохранения и гуманитарных наук.

Результаты: Результаты показывают перегруппировку цифровых компетенций в структуру из трех факторов (F1, F2, F3) и 22 компетенций, в отличие от первоначальной структуры из шести факторов. Такое сокращение структуры компетенций не исключает взаимодействия между общими компетенциями, а сохраняет его. Три глобальные компетенции (компетенции обучающихся (F1); профессиональные компетенции педагогов (F2); педагогические компетенции педагогов (F3)) взаимодействуют и взаимосвязаны.

Выводы: Полученные результаты свидетельствуют о том, что DigCompEdu CheckIn является валидным и надежным инструментом для учителей. Необходимы дальнейшие исследования для проверки трехфакторного подхода инструмента для перуанского контекста, а также его надежности в новых популяциях и культурных контекстах.

Ключевые слова: цифровая компетентность, высшее образование, COVID-19, валидность, надежность.

摘要

引言:多年来,用来描述教师数字能力各个方面的不同自我评估框架和工具已经得到了开发,其中之一就是 DigCompEdu CheckIn。该工具已在摩洛哥的英语版本、德国的德语版本和西班牙的西班牙语版本中得到验证。本研究的目的是验证其另一种背景下的开发,以便它回应秘鲁利马一所私立大学教师根据自我认知来衡量的数字能力的需求。

研究方法:我们进行了一项工具型研究,以确定 DigCompEdu CheckIn 工具的有效性和可靠性的证据。样本包括来自不同领域的 1218 名教师:艺术、科学、社会科学、法律科学、工程与建筑学、健康科学和人文科学。

研究结果:结果表明数字技能在三个因素 (F1、F2、F3) 和 22 项技能的结构中重新组合,与由六个因素组成的原始结构不同。这种能力结构的减少并不排除一般能力之间的相互作用,而是保持它。三种全球能力 (学生能力 F1; 教育者专业能力 F2 和教育者教学能力 F3) 相互作用和相互关联。

研究结论:调查结果表明, DigCompEdu CheckIn 在教师中是一种有效且可靠的工具。此外,我们需要进行新的研究来验证这一在秘鲁背景下由三个因素组成的工具,以及它在新的人群和文化背景下的可靠性。

关键词:数字能力、高等教育、COVID-19、有效性、可靠性。

Introduction

In December 2019, the world was struck by the COVID-19 pandemic, which was first reported in Wuhan, China (PAHO, 2020) and identified as a severe acute respiratory disease that, if worsened, could lead to death (Twinamasiko et al., 2021). According to the World Health Organization, from March 11, 2020, this disease was categorized as a pandemic (PAHO, 2020), thus affecting the development of higher education in various aspects (Mok et al., 2021), with the educational gaps being more visible and deepened in terms of access to digital technologies, internet connection, and social exclusion (Reimers, 2022).

The spread of the disease worldwide forced governments to establish conditions such as passing regulations on social distancing of citizens, suspension of all kinds of activities in educational centers, and limiting and interrupting a good number of economic and social activities (Hatabu et al., 2021; PAHO, 2020). Educational establishments, in many parts of the world, suspended face-to-face classes in March 2020, negatively affecting future educational systems (IIEP Unesco Latin America, 2020). The vulnerable student population and students with learning difficulties at home were the most impacted (IIEP Unesco Latin America, 2020; Pardo & Cobo, 2020).

Although before COVID-19, many countries had social, economic, and political challenges (IIEP Unesco Latin America, 2020) in the educational field, the pandemic demanded immediate responses such as the implementation of alternatives to quickly transition from face-to-face to remote teaching and the deployment of remote education strategies (Mok et al., 2021; Reimers, 2022). This has involved not only an exhaustive review of human relations, but also the mandatory redesign of a significant number of tasks, academic work, and educational experiences that transitioned from being face-to-face to being carried out through digital platforms (Alania-Contreras et al., 2022; Pardo & Cobo, 2020). In Peru, educational facilities at the pre-school, primary, secondary, and higher education levels suspended face-to-face activities. However, universities strengthened remote education policies and activities for the non-face-to-face teaching of their subjects (Resolution of the Board of Directors, 2020) and established actions to have pedagogical resources and digital tools (Rojas-Salas et al., 2021).

The virtuality caused by the pandemic forced the design of roadmaps to be based on particular contexts with more innovative approaches, considering the needs and possibilities of each system, and taking into account the integration of digital technology (Reimers, 2022; Rodríguez et al., 2021). After more than two years since the beginning of the pandemic, many participants, traditionally used to holding face-to-face classes (Álvarez et al., 2020), have been forced to recognize the importance of virtual classes, incorporating them into their teaching work in response to the new demands of society (Pardo & Cobo, 2020; Rodríguez et al., 2021). The integration of digital technologies into the learning management system confirms that it is currently possible to refer to a “new normal” in the educational field (Álvarez et al., 2020; Mok et al., 2021).

Additionally, the Council and the European Parliament designed, in 2006, a reference framework on the main competences related to lifelong learning that habitants need to achieve to ensure active participation with social inclusion and employability in this society. These competences are: (a) communication in the mother tongue; (b) communication in foreign languages; (c) mathematical competence and basic competences in science and technology; (d) digital competence; (e) learning to learn; (f) social and civic competences; (g) sense of initiative and entrepreneurship; and (h) cultural awareness

and expression (European Commission, 2007). In this context, with the importance that digital technologies have acquired, digital competence has become essential (Gallardo-Echenique et al., 2018; Pozos & Tejada, 2018; Prendes et al., 2018) for active and systematic participation in this new post-pandemic society (Pardo & Cobo, 2020).

Digital competence is a key aspect related to a great number of activities carried out by professors. Therefore, the timely and adequate integration of technology has shown a significant role (Cobo, 2019; Padilla-Hernández et al., 2020). Digital competence is defined as:

The safe and critical use of information and communications technologies (ICTs) in society for work, leisure, and communication. It is based on basic ICT competences: the use of computers to obtain, evaluate, store, produce, present, and exchange information and to communicate and participate in collaborative networks through the Internet. (European Commission, 2007, p. 7)

However, digital teaching competences are considered as a set of attitudes, knowledge, competences, and abilities that favor the strengthening of their teaching-learning strategies; personal and professional development; and interactions with students, co-workers, relatives, among other actors (Redecker & Punie, 2020).

As a result of COVID-19, new technological resources that emerged online overwhelmed teachers and other educational staff, who were unprepared to ensure the continuity of students' learning (Pardo & Cobo, 2020). They faced the challenge of teaching remotely without adequate guidance, training, or access to the necessary resources (IIEP Unesco Latin America, 2020). However, this health emergency has become a new opportunity to build a more natural, fluid, close, and effective relationship with the available digital resources and tools, thus facilitating the teaching work and its educational practice (Mok et al., 2021; Padilla-Hernández et al., 2018; Selwyn, 2017).

In Peru, the interest in teaching digital competences, which increased significantly during the period of forced isolation, still remains given the regulatory changes introduced during this period of health emergency. In May 2020, through Legislative Decree No. 1496 (Government of Peru, 2020), the Peruvian Government included in the university law, the possibility of providing educational services in three modalities (face-to-face, semi-face-to-face, and remote or non-face-to-face), thereby expanding opportunities for a diversified and quality offering of education. In August 2020, by Resolution of the Board of Directors No. 105, the National Superintendence of Higher University Education (SUNEDU, 2020) established the quality conditions for the provision of educational services in these three modalities, indicating competent and qualified teaching staff in universities as a requirement, as well as clear policies for updating their digital competences.

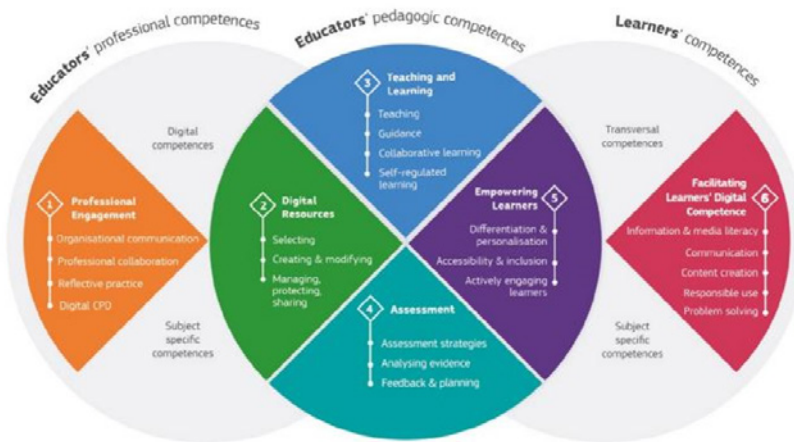
Digital Competence for Educators (DigCompEdu)

For several years, many self-assessment frameworks and tools have been developed internationally to name the different phases of professors' digital competence (Redecker & Punie, 2020, 2017). One of these is the so-called European Framework for the Digital Competence of Educators (DigCompEdu), whose purpose is to guide policies for the establishment of tools and training programs for professors' competence (European Commission, 2021b; Redecker & Punie, 2020). This framework is part of the European Commission's project for the training, preparation, and instruction on digital environments (European Commission, 2021b). The DigCompEdu framework,

whose goal is to gather and describe the digital competences of teachers, is aimed at educators at various levels (pre-school, higher and adult education), also considering general and professional training, and education for special needs students (Redecker & Punie, 2020).

The DigCompEdu framework comprises the progress of six areas of teaching digital competence (Figure 1): (1) Professional engagement, (2) digital content, (3) teaching and learning, (4) assessment and feedback, (5) empowerment of students, and (6) development of digital competence of students (Redecker & Punie, 2020). The core of the DigCompEdu framework includes areas 2–5 that explain “the digital pedagogical competence of educators, that is, the digital competences that professors need to adopt efficient, inclusive, and innovative teaching and learning strategies” (Redecker & Punie, 2020, p. 16). This is complemented by area 1, which is aimed at the professional environment and with area 6 which determines the specific pedagogical competences necessary to develop students’ digital competence (Redecker & Punie, 2020).

Figure 1
DigCompEdu Framework Synopsis



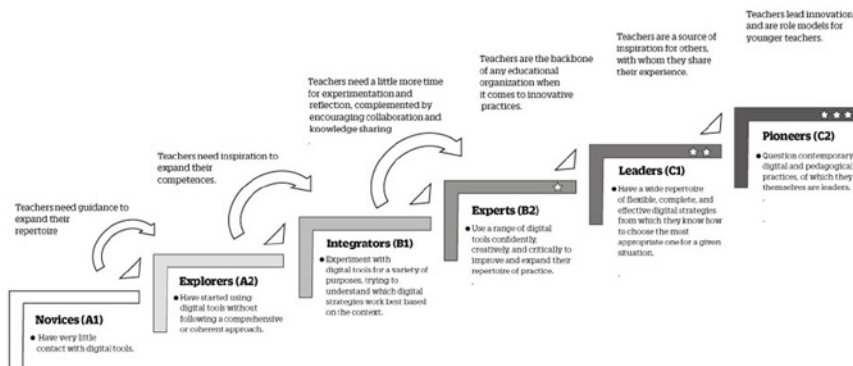
Note. Taken from the *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu* (p. 19), by C. Redecker, Y. Punie, 2020, Joint Research Center of the European Commission.

Competence development consists of “six proficiency levels used by the Common European Framework of Reference for Languages (CEFR), ranging from A1 to C2” (Redecker & Punie, 2020, p. 28) (Figure 2). This framework developed a self-perception instrument of digital teaching competence provisionally called DigCompEdu CheckIn developed by Redecker and Punie (2017b), which has been adapted to many languages and teaching profiles (European Commission, 2021b, 2021a). Its design is the result of several international proposals and experiences in multiple academic and scientific events, as well as consultation with professors, researchers, experts, and professionals from the European community (European Commission, 2021b; Ghomi & Redecker, 2019; Redecker & Punie, 2020), who were invited to comment on the items and test the survey. The DigCompEdu proposes 22 competences organized in areas and compe-

tence levels (A1, A2, B1, B2, C1, C2) and aims to promote digital teaching competence and innovation in education (Redecker & Punie, 2020, 2017). Currently, the instrument continues to be validated among educators from different States of the European Union and the world (European Commission, 2021a) to demonstrate that the cultural context requires special attention and assessment.

In March 2018, the initial version of DigCompEdu CheckIn was published in Morocco in English with the validation of 160 teachers of the English course (Benali et al., 2018). In April 2018, it was translated into German and validated by 22 professors from Germany (Ghomi & Redecker, 2019). In May 2018, 20 experts (researchers and professors) were consulted to discuss the relevance and representativeness of the items. In October 2018, a new version of the instrument was made in English and German (Ghomi & Redecker, 2019). Between September and November 2018, the instrument was validated again, by means of an online survey of the European Union, by 335 German professors, (Ghomi & Redecker, 2019). In 2021, it was validated by 2,180 Spanish higher education professors (Cabero-Almenara et al., 2021).

Figure 2
Proficiency Levels



Note. Taken from the *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu* (pp. 29–30), by C. Redecker, Y. Punie, 2020, Joint Research Center of the European Commission.

Many researchers (Arafat et al., 2016; Yaghoobzadeh et al., 2019) warn that the use of measurement instruments developed in other countries must consider specific cultural variables to generate valid and reliable findings. Validity is the coherence between theory and empirical evidence so that the interpretations made with the instrument make sense (Campo-Arias & Oviedo, 2008; Ramada-Rodilla et al., 2013). It should be noted that validity is not a property of the measurement instrument as such (Messick, 1995b), but will depend on the goal of the measurement, items, population, and application context; hence, an instrument may be valid for a certain group, but not for others (Messick, 1995a; Soriano Rodríguez, 2014). This is the reason for any validation process to be ongoing and requires constant empirical verification (Messick, 1995a, 1995b). Moreover, reliability is the ability of the instrument to show similar results in repeated measurements; however, it is not enough to guarantee the validity of an instrument for a specific population (Campo-Arias & Oviedo, 2008; Soriano Rodríguez, 2014).

Since 1994, the International Test Commission has been developing guidelines for the adaptation of questionnaires and tests (Muñiz et al., 2013) and to methodologically guide the process of adaptation and improvement of its quality (Hernández et al., 2020). The first version was published in 2005, and the second one in 2017, containing 18 directives grouped into six categories—precondition (3 directives), test development (5 directives), confirmation (4 directives), administration (2 directives), punctuation and interpretation (2 directives), and documentation (2 directives) (Hernández et al., 2020; ITC, 2017).

The DigCompEdu CheckIn has already been validated in English, German, and Spanish in Morocco, Germany, and Spain, respectively. Although it has already been administered in Latin American countries that make up MetaRed, this is the first study to date, seeking to validate an instrument developed in another context, that responds to the relevance of measuring teaching digital competence in a private university in Latin America, Lima, Peru, based on their self-perception. MetaRed Peru is the organization of Peruvian public and private universities, created with the support of Universia to debate, reflect, and work collaboratively on the relevance of digital technologies (Ojeda del Arco, 2021). To understand the state of Peruvian teaching digital competences, MetaRed decided to use DigCompEdu in 2019 to ensure that, based on the reflection carried out by each university, it proposes virtualization policies, teacher training plans, and an educational model (Ojeda del Arco, 2021).

Methods

An instrumental study was carried out and its goal was to specify the evidence of validity and reliability of the DigCompEdu CheckIn tool, adapted in a different sample from the original (Millan et al., 2013). This study is part of MetaRed Peru and its purpose is for universities to be able to use the tool developed by the Joint Research Center of the European Commission (MetaRed Peru, 2021). The 22 items of the original version that have Likert-type response alternatives were taken into consideration.

The data corresponding to the teachers of a Peruvian private university were collected. The non-probabilistic convenience and homogeneous sample consisted of 1,218 higher education professors from different areas of that institution such as Art, Sciences, Social Sciences, Legal Sciences, Engineering, and Architecture, Health Sciences, and Humanities. In April 2021, the instrument was distributed by email to more than 4,000 professors, who participated voluntarily and anonymously, and no academic and/or employment harm was caused to them. All participants received timely information on the nature of the research and the undertaking to safeguard their confidentiality and anonymity (Grady et al., 2017).

Regarding data treatment, these were organized, coded, and analyzed using statistical calculation programs IBM SPSS Statistics 25, IBM SPSS Amos 23, Jamovi 2.0, and JASP 0.16. The sample was randomly divided into two equal parts, to evaluate the internal structure of the instrument. Exploratory factorial analysis was carried out using the first part, while a confirmatory factorial analysis was conducted with the second part. Descriptive analyzes of the items were performed: “mean, standard deviation, asymmetry, and kurtosis” (Ventura-León et al., 2018, p. 25); Additionally, their homogeneity was evaluated by calculating the corrected item-test correlation.

Subsequently, the exploratory factor analysis was performed. Regarding the confirmatory factor analysis (CFA), the goodness-of-fit indexes were calculated using Chi

Square, Chi Square/Degrees of Freedom, Root Mean Residual, Tucker–Lewis Index, Comparative Fit Index, Incremental Fit Index, and the Mean Square Error of Approximation with their confidence intervals. Finally, reliability was determined by internal consistency using McDonald’s Omega coefficient. It should be noted that Cronbach’s Alpha was not used due to its limitations as the magnitude of the coefficient is affected by the number of items and response alternatives and sampling error. On the contrary, the calculation of the Omega coefficient depends on the factor loadings obtained in the confirmatory analysis, which makes this method produce more stable reliability results (Ventura-León et al., 2018).

Results

Preliminary analysis of the items

Table 1 presents the descriptive statistics of the items: “mean, standard deviation, asymmetry, and kurtosis” (Ventura-León et al., 2018, p. 25). Corrected item-test correlations are also presented. It is observed that item 9 presents the highest mean ($M = 3.06$; $SD = .83$) and item 21 presents the lowest mean ($M = 2.30$; $SD = 1.13$). Regarding asymmetry and kurtosis, all items presented values lower than ± 1.5 (Ferrando & Anguiano-Carrasco, 2010; Pérez & Medrano, 2010), which shows that the data present an approximation to the normal distribution. This finding was decisive in opting for the maximum likelihood factorization method (Ximenez & García, 2005). In addition, the corrected item-test correlation values indicated that all items should be retained because they obtained a correlation coefficient greater than .20 (Klin, 2016).

Exploratory factor analysis (EFA)

Before carrying out the exploratory factor analysis (EFA), it was verified whether the data met the requirements to be able to carry it out; the measure of sample adequacy obtained with the Kaiser–Meyer–Olkin coefficient was .96 (excellent) and the Bartlett’s sphericity test obtained a coefficient $X^2 = 6360.47$, $p < .001$ (optimal). With these results, the EFA was carried out using the maximum likelihood extraction method. (Costello & Osborne, 2005). The determination of the number of factors was carried out through parallel analysis (Timmerman & Lorenzo-Seva, 2011) which suggested a three-factor solution to group the 22 items of the DigCompEdu CheckIn, as shown in Table 2. These factors explained 47.70% (acceptable) of the variance of the construct. It is observed that the factor loadings were higher than .30 (Kline, 1993). Items 8, 15, and 17 were in more than one factor. Due to this, it was decided to keep them and group them with the items belonging to the original dimensions.

It can be noted that the three-factor structure is related to the competences evaluated by the DigCompEdu CheckIn. Therefore, the factors found will be called student competences (Factor 1); professional competences of educators (Factor 2), and pedagogical competences of educators (Factor 3) (Redecker & Punie, 2017). It is observed that Factor 1 grouped the items of dimensions 5 and 6 of the original instrument (empowerment of students and development of digital competence of students). However, Factor 2 grouped dimensions 1 and 2 of the original instrument (professional commitment and digital content); finally, Factor 3 grouped dimensions 3 and 4 of the original instrument (teaching-learning and evaluation-feedback).

Table 1

Preliminary analysis of the DigCompEdu CheckIn items

Items	M	SD	g ¹	g ²	r _{itc}
1. Organizational communication	2.62	.81	-.18	-.15	.50
2. Professional collaboration	2.41	.93	-.22	-.01	.52
3. Reflective practice	2.48	.96	.01	-.71	.58
4. Continuous professional development through digital means	3.02	.93	-.76	.12	.45
5. Selection	2.63	.88	-.13	-.64	.50
6. Creation and modification	2.72	.81	-.70	1.27	.49
7. Protection, management, and exchange	2.51	1.21	-.51	-.56	.39
8. Teaching	2.71	1.02	-.49	-.41	.65
9. Guidance and support in learning	3.06	.83	-.85	.81	.57
10. Collaborative learning	3.02	.93	-.86	.64	.58
11. Self-regulated learning	2.67	.94	-.80	.56	.64
12. Evaluation strategies	2.82	.84	-.53	.36	.59
13. Learning analytics	2.57	1.00	-.35	-.51	.59
14. Feedback, planning, and decision making	2.72	.84	-.36	-.05	.62
15. Accessibility and integration	2.97	1.06	-.91	.19	.61
16. Customization	2.42	1.23	-.42	-.93	.62
17. Active engagement of students with their learning	2.73	.95	-.57	.24	.58
18. Information and media literacy	2.43	1.03	-.37	-.41	.62
19. Communication	2.56	.85	-.20	.33	.62
20. Content creation	2.64	1.09	-.94	.33	.59
21. Responsible use	2.30	1.13	-.15	-.54	.71
22. Problem solving	2.59	.91	-.53	.52	.70

Note. M = Mean; SD = Standard deviation; g¹ = Asymmetry; g² = Kurtosis; r_{itc} = Corrected item-test correlation.

Table 2

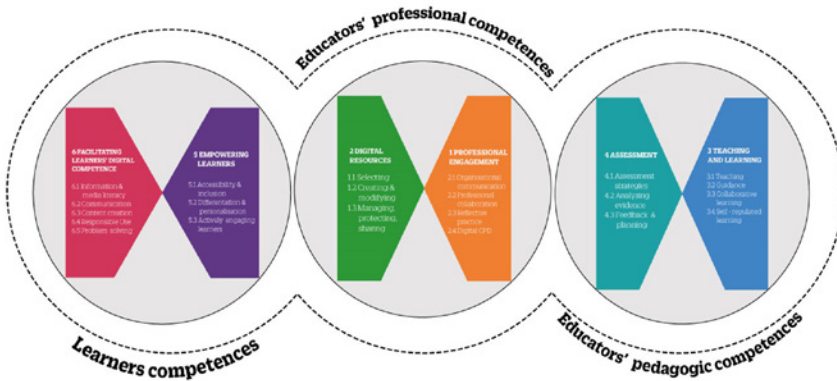
Exploratory factor analysis of the DigCompEdu CheckIn

Items	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Community
21. Responsible use	.94			.31
22. Problem solving	.71			.41
18. Information and media literacy	.66			.52
20. Content creation	.56			.60
16. Customization	.48			.50
19. Communication	.46			.50
15. Accessibility and integration	.34		.40	.54
17. Active engagement of students with their learning	.33		.36	.51
6. Creation and modification		.72		.52
3. Reflective practice		.71		.49
5. Selection		.70		.51
1. Organizational communication		.56		.61
8. Teaching		.55	.36	.36
2. Professional collaboration		.50		.63
4. Continuous professional development through digital means		.44		.71
7. Protection, management, and exchange		.34		.75
12. Evaluation strategies			.71	.43
9. Guidance and support in learning			.65	.55
14. Feedback, planning, and decision making			.50	.49
10. Collaborative learning			.49	.57
13. Learning analytics			.49	.54
11. Self-regulated learning			.46	.46
Eigenvalues	9.20	.74	.32	
Variance %	17.10%	15.00%	15.60%	

As shown in Figure 3, unlike the original model (Figure 1), the order and placement of competences— student competences (Factor 1); professional competences of educators (Factor 2) and pedagogical competences of educators (Factor 3) change location.

Figure 3

DigCompEdu framework proposal validated in the Peruvian context



Confirmatory factor analysis (CFA)

The purpose of this analysis was to confirm the results of the EFA. Table 3 shows the three factors that obtained excellent goodness-of-fit values.

Table 3

DigCompEdu CheckIn Statistical Goodness-of-Fit Indexes

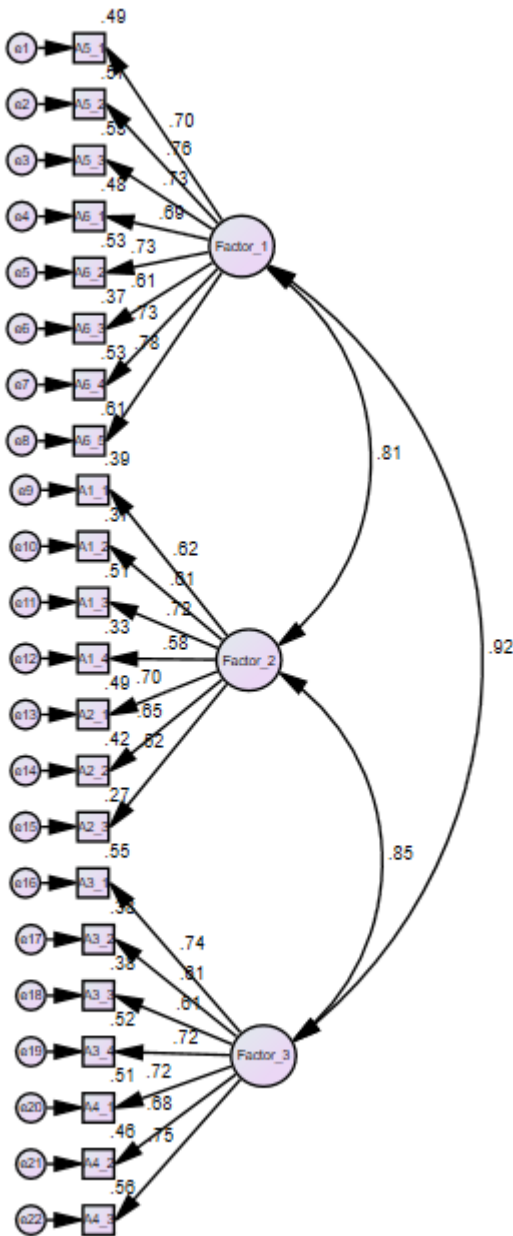
Model	χ^2 (gl)	χ^2 /gl	RMR	TLI	CFI	IFI	RMSEA [IC90%]
Three factors	633.54 (206)	3.07	.04	.92	.93	.93	.06 [.05-.06]

Note. χ^2 = Chi square; gl= Degrees of freedom; RMR= Mean residual root; TLI= Tucker-Lewis Index; CFI= Comparative Fit Index; IFI= Incremental Adjustment Index; RMSEA= Root Mean Square Error of Approximation; CI= Confidence intervals.

Figure 4 shows the factorial structure of the DigCompEdu CheckIn. It can be seen that the factor loadings are in the range between .52 and .78, which can be considered strong.

Figure 4

Factor structure of the DigCompEdu CheckIn



Analysis of the reliability

Finally, the internal consistency reliability of the DigCompEdu CheckIn was verified by means of McDonald's Omega coefficient, as well as their respective confidence intervals, the results of which are shown in Table 4. It is observed that the reliability of this solution is considered good in all the factors, as coefficients $\omega > .80$ were found.

Table 4
Internal consistency reliability of the DigCompEdu CheckIn

Factors	ω	CI95%
Factor 1	.89	[.87 –.90]
Factor 2	.81	[.79 –.83]
Factor 3	.86	[.84–.88]

Note. ω = McDonald's Omega Coefficient; 95% CI = Confidence interval.

Conclusions

When self-perception instruments developed in other contexts, cultures (and languages), and populations are used, it is necessary to carry out a methodologically adequate process of cross-cultural adaptation (Arafat et al., 2016; Yaghoobzadeh et al., 2019). Consequently, the emphasis is on culturally adapting the instruments (Arafat et al., 2016) so that they are psychometrically sound and capable of generating valid and generalizable findings (Yaghoobzadeh et al., 2019). In line with previous results (Borsa et al., 2012; Yaghoobzadeh et al., 2019), instruments without due validity and reliability can present problems, thus generating unreliable data when used in other studies.

Therefore, the goal was to validate an instrument, developed in another context that would respond to the requirement of measuring digital teaching competence in a private university in Lima, Peru, based on self-perception. This study incorporates the recommendations of previous authors (Benali et al., 2018; Ghomi & Redecker, 2019) who raise the need for adaptations to other contexts and cultures. The findings introduced show that the DigCompEdu CheckIn is valid and reliable among the population under study. Moreover, these results confirm the importance for studies on digital competences to have evaluation instruments that are validated and applied cross-culturally and within cultures, as in the case of DigCompEdu.

The proposal obtained shows the regrouping of digital competences in a structure of three factors and 22 items, unlike what is shown in the original six-factor structure. A possible explanation for the new regrouping of factors could be the validity evidence prior to the original instrument. The validations of the instrument carried out in Morocco, Germany, and Spain lack psychometric properties (Benali et al., 2018; Cabero-Almenara et al., 2021; Ghomi & Redecker, 2019). However, in all of them it is declaratively stated that the opinions of experts were available, although no explicit evidence of the content validity process was shown. There is no concordance analysis of the experts' opinions, which is decisive in ruling out possible answers given randomly. This reduction in the structure of competences does not rule out the in-

teraction between general competences, but rather maintains them even though the position of the factors of the original structure (Figure 1) has been modified (Figure 3).

The structure of three factors (F1, F2, and F3) is connected. Although the position of the factors changes location from that shown in Figure 1 (F1: Professional competences of educators; F2: Pedagogical competences of educators; F3: Competences of the students), as stated in Figure 3 (F1: Student competences; F2: Professional competences of educators; F3: Pedagogical competences of educators), all interrelate and interact (Redecker & Punie, 2017). This finding is partially consistent with that reported by Cabero-Almenara et al. (2021), because the integrity of the items of the original instrument is preserved; but they are grouped into three factors that correspond to the theoretical structure of the DigCompEdu (Redecker & Punie, 2020), although in a different position. In line with previous studies (Arafat et al., 2016; Borsa et al., 2012; Yaghoobzadeh et al., 2019), there are factors of a cultural nature, language (the presence of localisms or regionalisms), and context that also significantly influence the factorial structure found in this study.

Considering that the original instrument was created before the pandemic, when access to remote education was even more limited, the change in the internal position of the factors could be due to the perception of teachers regarding the abilities of students to address the use of digital competences. This perception, within the new structure, places students in the first place (F1) of the new structure (Figure 3), thus highlighting the importance of the student and the professor in the entire digital teaching–learning dynamic.

In their own practice, if professors do not perceive students to be trained or empowered, learning is far from being achieved. Learning dynamic would not exist without student empowerment. The pedagogical competences of educators were reorganized in Factor 2. A possible explanation could be that professors were forced to take on important challenges linked to instructional design and learning experiences in digital environments. Collaboration and professional commitment among faculty members are essential.

Finally, Factor 2 of the original scheme (Figure 1), which includes areas such as evaluation and feedback (4), teaching and learning (3), are the third Factor of the new structure (Figure 3). As an instrument that measures the self-perception of professors, the relocation could be due to the fact that areas 4 and 3 have traditionally been considered as competences associated with teaching (Falco, 2017), but not as competences directly linked to digital environments.

In line with Cabero-Almenara et al. (2021), this new structure was tested by CFA, showing excellent fit indexes. Using McDonald's Omega coefficient, the new instrument showed internal consistency reliability with values greater than .70, as reported by Cabero-Almenara et al. (2021). The finding that the construct validity obtained in this study and the model of Cabero-Almenara et al. (2021) present different factorial structures, but just as valid and reliable, suggests the need for new studies to verify the instruments' structure and reliability in new populations. This is because the perceptions of participants in the academic world depend on the organizational culture, among others.

Additionally, this result raises the need to work on digital competences with the aim of empowering students' use of digital tools in such a way that they facilitate learning in an integral way. For this, it is essential to follow good practices in the process of adapting instruments developed in a certain context when applying them in others. The

foregoing should be carried out with the aim of avoiding errors and guaranteeing the comparison of test scores. If this process is not conducted rigorously, mistakes could be made while making decisions regarding future virtualization and teacher training policies. As highlighted by different authors, urgent pedagogical training and technological support actions are required to allow digital empowerment in university teaching activities (Benali et al., 2018; Durán et al., 2016; Martínez Rodríguez & González Martínez, 2015; Prendes et al., 2018).

This research has three limitations. First, it is related to the fact that the data was collected from a single institution with a homogeneous non-probabilistic convenience sample preventing the results from being generalized. Second, it is associated with the fact that data were not collected by the authors of this study but were taken from a secondary source (MetaRed Peru). Finally, it is a self-perception and self-applicable instrument, and thus the answers of participants would be expected to have a certain level of social desirability.

Acknowledgments

The authors thank the Universia Foundation and the following authorities of MetaRed: Tomás Jiménez García (Coordinator of MetaRed Global), Dr. Edward Roekaert Embrechts (President of MetaRed Peru), and Ugo Ojeda de Arco (Coordinator of the Working Group on Technologies Educational). In addition, they thank the university professors who participated voluntarily in this project.

Funding

This study was partially funded by the Peruvian University of Applied Sciences (UPC).

References

- Alania-Contreras, R. D., Chanca-Flores, A., Condori-Apaza, M., Fabian-Arias, E., & Rafael-de-la-Cruz, M. (2022). Adaptation, validation, reliability, and assessment of an attitude scale towards online education for university students in the COVID-19 crisis. *Publicaciones*, 52(3), 229–260. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v52i3.22273>
- Álvarez, M., Gardyn, N., Iardelevsky, A., & Rebello, G. (2020). Educational segregation in times of pandemic: Balance of the initial actions during social isolation by COVID-19 in Argentina. *International Journal of Education for Social Justice*, 9(3), 25–43. <https://doi.org/10.15366/riejs2020.9.3.002>
- Arafat, S., Chowdhury, H., Qusar, M., & Hafez, M. (2016). Cross cultural adaptation and psychometric validation of research instruments: A methodological review. *Journal of Behavioral Health*, 5(3), 129. <https://doi.org/10.5455/jbh.20160615121755>
- Benali, M., Kaddouri, M., & Azzimani, T. (2018). Digital competence of Moroccan teachers of English. *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology*, 14(2), 99–120. <http://ijedict.dec.uwi.edu/viewissue.php?id=51>

- Borsa, J. C., Damásio, B. F., & Bandeira, D. R. (2012). Cross-cultural adaptation and validation of psychological instruments: Some considerations. *Paidéia (Ribeirão Preto)*, 22(53), 423–432. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-863X2012000300014>
- Cabero-Almenara, J., Guillén-Gámez, F. D., Ruiz-Palmero, J., & Palacios-Rodríguez, A. (2021). Digital competence of higher education professor according to Dig-CompEdu. Statistical research methods with ANOVA between fields of knowledge in different age ranges. *Education and Information Technologies*, 4691–4708. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10476-5>
- Campo-Arias, A., & Oviedo, H. C. (2008). Psychometric properties of a scale: The internal consistency. *Journal of Public Health*, 10 (5), 831–839. <https://doi.org/10.1590/s0124-00642008000500015>
- Cobo, C. (2019). *I accept the conditions: Uses and abuses of digital technologies*. Fundación Santillana.
- European Commission. (2007). *Key competences for lifelong learning. A European frame of reference*. Publication Office of Official European Communities. <https://www.educacionyfp.gob.es/dctm/ministerio/educacion/mecu/movilidad-europa/competenciasclave.pdf?documentId=0901e72b80685fb1>
- Costello, A. B., & Osborne, J. (2005). Best practices in exploratory factor analysis: four recommendations for getting the most from your analysis. *Practical Assessment Research & Evaluation*, 10(7), 1–9. <https://doi.org/10.7275/jyj1-4868>
- Durán, M., Gutiérrez, I., & Prendes, M. (2016). Certification of the ICT competence of the university teaching staff. *Mexican Journal of Educational Research*, 21(69), 527–556. <https://doi.org/10.17398/1695288X.15.1.97>
- European Commission. (2021a). *DigCompEdu. The European Framework for the Digital Competence of Educators*. <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcompedu/self-reflection>
- European Commission. (2021b). *Digital Competence Framework for Educators (Dig-CompEdu)*. <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcompedu>
- Falco, M. (2017). Reconsidering Educational Practices: ICTs in the teaching-learning process. *Pedagogical Trends*, 29, 59–76. <https://doi.org/10.15366/tp2017.29.002>
- Ferrando, P. J., & Anguiano-Carrasco, C. (2010). Factor analysis as a research technique in psychology. *Psychologist Papers*, 31(1), 18–33. <https://psycnet.apa.org/record/2010-04075-002>
- Gallardo-Echenique, E., Poma-Acevedo, A., & Esteve Mon, F. M. (2018). Digital competence: Analysis of an experience in the university context. *Journal of Education Sciences. ACADEMICUS*, 1(12), 6–15. <http://www.ice.uabjo.mx/media/15/2019/03/1A2019.pdf>
- Ghomi, M., & Redecker, C. (2019). Digital competence of educators (DigCompEdu): Development and evaluation of a self-assessment instrument for teachers' digital competence. *CSEdu 2019 - Proceedings of the 11th International Conference on Computer Supported Education*, 1, 541–548. <https://doi.org/10.5220/0007679005410548>
- Gobierno del Perú. (2020, May 9). Legislative Decree No. 1496. *El Peruano Official Gazette*, 32–34. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-establece-disposiciones-en-materia-d-decreto-legislativo-n-1496-1866211-3/>

- Grady, C., Cummings, S. R., Rowbotham, M. C., McConnell, M. V., Ashley, E. A., Phil, D., & Kang, G. (2017). Informed consent. *New England Journal of Medicine*, 376(9), 856–867. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1603773>
- Hatabu, A., Mao, X., Zhou, Y., Kawashita, N., Wen, Z., Ueda, M., Takagi, T., & Tian, Y. S. (2021). Knowledge, attitudes, and practices toward COVID-19 among university students in Japan and associated factors: An online cross-sectional survey. *PLoS ONE*, 15(12), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244350>
- Hernández, A., Hidalgo, M. D., Hambleton, R. K., & Gómez-Benito, J. (2020). International test commission guidelines for test adaptation: A criterion checklist. *Psicothema*, 32(3), 390–398. <https://doi.org/10.7334/psicothema2019.306>
- IIPE Unesco América Latina. (2020). *Report of policies: Education during and after COVID-19*. https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/policy_brief_-_education_during_covid-19_and_beyond_spanish.pdf
- International Test Commission. [ITC]. (2017). *ITC guidelines for translating and adapting tests* (2nd ed.). International Test Commission (ITC). https://www.intestcom.org/files/guideline_test_adaptation_2ed.pdf
- Kline, P. (1993). *An easy guide to factor analysis*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315788135>
- Kline, R. (2016). *Principles and practices of structural equation modelling* (4th ed.). The Guilford Press.
- Martinez Rodriguez, F., & González Martínez, J. (2015). Use and appropriation of information and communication technologies by teachers in engineering faculties. *Engineering Networks*, 6(1), 6–24. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.redes.2015.1.a01>
- McDonald, R. P. (1999). *Test theory: A unified treatment*. Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781410601087>
- Messick, S. (1995a). Validity of psychological assessment: Validation of inferences from persons' responses and performances as scientific inquiry into score meaning. *American Psychologist*, 50(9), 741–749. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.50.9.741>
- Messick, S. (1995b). Standards of validity and the validity of standards in performance assessment. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 14(4), 5–8. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3992.1995.tb00881.x>
- MetaRed Perú. (2021). *Webinar: Teaching digital competences in Higher Education*. <https://www.metared.org/pe/novedades/webinar--competencias-digitales--docentes-en-la-educacion-superi.html>
- Millán, A., Calvanese, N., & D'Aubeterre, M. E. (2013). Psychometric properties of the Working Conditions Questionnaire (qCT) in a Venezuelan multi-occupational sample. *CES Psychology*, 6(2), 28–52–52. <https://doi.org/10.21615/2543>
- Mok, K. H., Xiong, W., Ke, G., & Cheung, J. O. W. (2021). Impact of COVID-19 pandemic on international higher education and student mobility: Student perspectives from mainland China and Hong Kong. *International Journal of Educational Research*, 105(101718), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101718>
- Muñiz, J., Elosua, P., & Hambleton, R. K. (2013). Guidelines for the translation and adaptation of the tests: Second edition. *Psicothema*, 25(2), 151–157. <https://doi.org/10.7334/psicothema2013.24>

- Ojeda del Arco, U. (2021). *ICODI PERU 2021. Report on Digital Competences of Professors in Peruvian Higher Education*. University & MetaRed Peru. <https://www.metared.org/pe/novedades/-MetaRedPeru-icodi-2021.html>
- Pan American Health Organization [PAHO]. (2020). *Coronavirus*. <https://www.paho.org/es/temas/coronavirus>
- Padilla-Hernández, A. L., Gámiz-Sánchez, V. M., & Romero-López, M. A. (2020). Evolution of the teaching digital competence of university professors: Critical incidents from life stories. *Educate*, 56(1), 109–127. <https://doi.org/10.5565/REV/EDUCAR.1088>
- Padilla-Hernández, A. L., Gámiz Sánchez, V. M., & Romero López, M. A. (2018). Selection of categories for the study on the evolution of the digital competence of the teaching staff in higher education. *Interuniversity Journal of Educational Technology Research*, 4, 55–67. <https://doi.org/10.6018/riite/2018/327881>
- Pardo, H., & Cobo, C. (2020). Expand the university beyond the emergency remote teaching. *Outliers School*. <http://outliersschool.net/project/universidadpostpandemia/>
- Pérez, E., & Medrano, L. (2010). Exploratory factor analysis: Conceptual and methodological bases. *Argentine Journal of Behavioral Sciences (RACC)*, 2(1), 58–66. <https://doi.org/10.32348/1852.4206.v2.n1.15924>
- Pozos, K. V., & Tejada, J. (2018). Digital competences in higher education professors: Mastery levels and training needs. *Digital Journal of Research in University Teaching*, 12(2), 59–87. <https://doi.org/10.19083/ridu.2018.712>
- Prendes, M. P., Gutiérrez, I., & Martínez, F. (2018). Digital competence: A need for university professors in the 21st century. *Journal of Remote Education (RED)*, 56, 1–22. <https://doi.org/10.6018/red/56/7>
- Ramada-Rodilla, J. M., Serra-Pujadas, C., & Delclós-Clanchet, G. L. (2013). Cultural adaptation and validation of health questionnaires: Review and methodological recommendations. *Public Health of Mexico*, 55(1), 57–66. <https://doi.org/10.1590/S0036-36342013000100009>
- Redecker, C., & Punie, Y. (2020). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Joint Research Center of the European Commission. <https://doi.org/10.2760/159770>
- Redecker, & Punie, Y. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>
- Reimers, F. M. (2022). Learning from a pandemic. The Impact of COVID-19 on Education around the world. In *Primary and secondary education during Covid-19: Disruptions to educational opportunity during a pandemic* (pp. 1–37). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81500-4_1
- Rodríguez, A., Caurcel, M. J., Gallardo-Montes, C. D., & Crisol, E. (2021). Psychometric properties of the questionnaire “Demands and potentials of ICT and apps for assisting people with autism” (DPTIC-AUT-Q). *Education Sciences*, 11(10), 1–30. <https://doi.org/10.3390/educsci11100586>
- Rojas-Salas, G., Huanca-Apaza, M. Á., Castro-Paniura, C., & Gallardo-Echenique, E. (2021). Virtual education on health during the COVID-19 pandemic. *2021 IEEE 1st International Conference on Advanced Learning Technologies on Education & Research (ICALTER)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICALTER54105.2021.9675084>

- Selwyn, N. (2017). Teachers and technology: Rethinking the digitization of teaching. *Journal of the Free Institution of Education*, 104, 27–36. <https://doi.org/10.31235/osf.io/jauea>
- Soriano Rodríguez, A. M. (2014). Design and validation of measurement instruments. *Diá-Logos*, 14(12), 19–40. <https://doi.org/10.5377/dialogos.v0i14.2202>
- Resolution of the Board of Directors. (2020). <https://www.gob.pe/institucion/sunedu/normas-legales/462882-039-2020-sunedu-cd>
- National Superintendency of University Higher Education. [SUNEDU]. (2020, August 24). Resolution of the Board of Directors No. 105-2020-SUNEDU/CD. *Oficial Gazette El Peruano*, 33–40. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-disposiciones-para-la-prestacion-del-servicio-educa-resolucion-n-105-2020-sunedu-cd-1879494-1/>
- Timmerman, M. E., & Lorenzo-Seva, U. (2011). Dimensionality assessment of ordered polytomous items with parallel analysis. *Psychological Methods*, 16(2), 209–220. <https://doi.org/10.1037/a0023353>
- Twinamasiko, N., Nuwagaba, J., Maria Gwokyalya, A., Nakityo, I., Wasswa, E., & Sserunjogi, E. (2021). Drivers affecting the acceptance and use of electronic learning among Ugandan university students in the COVID-19 era: A cross-sectional survey among three universities. *SAGE Open*, 11(3), 21582440211029920. <https://doi.org/10.1177/21582440211029922>
- Ventura-León, J., Caycho-Rodríguez, T., Vargas-Tenazoa, D., & Flores-Pino, G. (2018). Adaptation and validation of the Frustration Tolerance Scale (FTS) in Peruvian children. *Journal of Clinical Psychology with Children and Adolescents (RPCNA)*, 5(2), 23–29. <https://doi.org/10.21134/rpcna.2018.05.2.3>
- Ximénez, M. C., & García, A. G. (2005). Comparison of maximum likelihood and unweighted minimum squares estimation methods in confirmatory factor analysis using Monte Carlo simulation. *Psicothema*, 13(3), 528–535. <https://www.psicothema.com/pdf/3140.pdf>
- Yaghoobzadeh, A., Pahlevan Sharif, S., Ong, F. S., Soundy, A., Sharif Nia, H., Moradi Bagloee, M., Sarabi, M., Goudarzian, A. H., & Morshedi, H. (2019). Cross-cultural adaptation and psychometric evaluation of the Herth Hope Index within a sample of Iranian older peoples. *International Journal of Aging and Human Development*, 89(4), 356–371. <https://doi.org/10.1177/0091415018815239>

Modelo clasificador para personalizar ejercicios propuestos a estudiantes utilizando redes neuronales artificiales

Classifier Model For Personalizing Exercises Given To Students Using Artificial Neural Networks

使用人工神经网络向学生提供的个性化练习的分类器模型

Классификационная модель для индивидуализации упражнений, предлагаемых студентам, с применением искусственных нейронных сетей

Edwar Abril Saire Peralta

Universidad Nacional de San Agustín
esaire@unsa.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-9526-0205>.

Edwar Andrés Velarde Allazo

Universidad Tecnológica del Perú
evelarde@utp.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-6639-7632>

Fechas · Dates

Recibido: 2022-08-02
Aceptado: 2022-09-30
Publicado: 2023-01-01

Cómo citar este trabajo · How to Cite this Paper

Saire Peralta, E. A., & Velarde Allazo, E. A. (2023). Modelo clasificador para personalizar ejercicios propuestos a estudiantes utilizando redes neuronales artificiales. *Publicaciones*, 53(2), 89–106. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26818>

Resumen

El artículo tiene como objetivo el desarrollo de un modelo que permite predecir en forma personalizada los ejercicios que puede resolver un estudiante, y por otro lado los que no puede resolver. El modelo está basado en una serie de factores que influye en los ritmos de aprendizaje de los estudiantes. El curso que se utilizó como experimento en el proyecto es el manejo de funciones en hojas de cálculo. Para el desarrollo del proceso se ha utilizado la metodología de minería de datos KDD (Knowledge Discovery in Databases) y para el modelo se ha utilizado redes neuronales artificiales con aprendizaje hacia atrás (Backpropagation), el cual es un algoritmo de aprendizaje supervisado. El modelo se alimenta con datos como sexo, edad, grado académico, nivel de instrucción de los padres, tipo de colegio, calificaciones previas de los temas que el estudiante obtiene mientras avanza en el curso. El enfoque de la investigación es de corte cuantitativo, experimental, de tipo aplicada y la población estuvo representada por 85 estudiantes. El resultado muestra que el modelo logra una probabilidad del 72% de precisión al predecir la asignación de ejercicios a los estudiantes según sus características. Los ejercicios que no pueden ser resueltos se les anexa una ayuda para su mejor comprensión y resolución.

Palabras clave: redes neuronales artificiales, aprendizaje supervisado, minería de datos, validación cruzada.

Abstract

The objective of the article is to develop a model that allows to predict in a personalized way the exercises that a student can solve, and on the other hand the exercises that a student cannot solve. The model is based on a series of factors that influence students' learning rates. The course that was used as an experiment in the project is the handling of functions in spreadsheets. For the development of the process, the KDD (Knowledge Discovery in Databases) data mining methodology has been used and artificial neural networks with backward learning (Backpropagation), which is a supervised learning algorithm, have been used for the model. The model is fed with data such as gender, age, academic grade, parents' level of education, type of school, previous grades of the subjects that the student obtains while advancing in the course. The research approach is quantitative, experimental, applied and the population was represented by eighty five students. The result shows that the model achieves a 72% probability of accuracy in predicting the assignment of exercises to students according to their characteristics. Exercises that cannot be solved are given a help for their better understanding and resolution.

Keywords: artificial neural networks, supervised learning, data mining, cross validation.

Аннотация

Цель статьи - разработать модель, позволяющую индивидуализированно прогнозировать те упражнения, которые студент может решить, и, с другой стороны, те, которые он/она не может решить. Модель основана на ряде факторов, влияющих на скорость обучения студентов. Предмет, используемый в качестве эксперимента в проекте, - работа с функциями в электронных таблицах. Для разработки процесса использовалась методология поиска данных KDD (Knowledge Discovery in Databases), а для модели - искусственные нейронные сети с обратным распространением, которые являются алгоритмом контролируемого обучения. В модель вводятся такие данные, как пол, возраст, академический курс, уровень образования родителей, тип школы, предыдущие оценки по предметам, полученные студентом при прохождении курса.

Исследовательский подход является количественным, экспериментальным, прикладным, а выборка была представлена 85 студентами. Результат показывает, что модель достигает 72% вероятности точности в предсказании назначения упражнений студентам в соответствии с их характеристиками. Упражнения, которые не удается решить, снабжены подсказкой для их лучшего понимания и решения.

Ключевые слова: контролируемое обучение, добыча данных, искусственные нейронные сети, кросс-валидация.

概要

本文的目标是开发一个允许以个性化的方式预测学可以解决的练习以及无法解决的练习的模型。该模型基于一系列影响学生学习率的因素。在项目中用作实验的课程是电子表格中函数的处理。对于流程的开发,使用了KDD (数据库中的知识发现) 数据挖掘方法,并使用了具有反向学习(反向传播)的模型人工神经网络,这一监督学习算法。该模型输入的数据包括性别、年龄、学业成绩、父母的教育水平、学校类型、学生在课程中取得的先前科目资格。研究方法是定量的、实验性的、应用型的,研究对象为85名学生。结果表明,该模型在预测根据学生的特征分配给学生的练习时,准确率达到了72%。无法解决的练习附有帮助,以便更好地理解 and 解决。

关键词: 监督学习, 数据挖掘, 人工神经网络, 交叉验证。

Introducción

El proceso de enseñanza aprendizaje es integral según Anijovich y Cappelletti (2017) señalan que, si las condiciones de los estudiantes siempre son diferentes, como los ritmos, las formas de aprendizaje y los puntos de partida de cada estudiante, entonces, lo que se aprende y lo que se evalúa no puede estar estandarizado, sino que debe ser diferenciado de acuerdo con la caracterización individual. Méndez (2007) indica que el estudiante procesa la información acorde a su capacidad, motivación, ambiente y la guía que el docente le brinde en su aprendizaje. Los ritmos de aprendizaje tienen vinculación con el rendimiento académico, el cual es determinado por factores personales, familiares, sociales, educativos, tal como lo señalan Medina et al. (2018) y Saucedo et al. (2014). Una sesión de aprendizaje dentro del aula está representada por varios momentos, uno de ellos representa la práctica, el cual mayormente apunta a que los estudiantes resuelvan ejercicios respecto al tema desarrollado. Se ha observado que muchos estudiantes tienen dudas y ciertos temores al interactuar con nuevos temas de aprendizaje, son estudiantes que les cuesta adaptarse al ritmo de avance que impone la mayoría de estudiantes e incluso el docente. Esta realidad se ha visto reflejada a través de los resultados en las evaluaciones del curso de funciones, el cual ha mostrado estudiantes con promedios bajos, abandonos de curso y estudiantes desaprobados. Anaya-Durand y Anaya-Huertas (2010) proponen que el docente debe trabajar en un nivel moderado de exigencia, que no ocasione desaliento y bajas notas. Según Tourón et al. (2014) indica que es un error utilizar los mismos contenidos, ritmos y evaluación a los estudiantes, esto supone un problema ya que pueden llegar a ocasionar frustraciones y que influye al relacionarse con otros estudiantes. La problemática descrita es muy común que se presente en las aulas, y en muchas investigaciones han utilizado predicciones para buscar las formas más idóneas de conocer

el perfil del estudiante en base a ciertos factores y así poder colaborar proponiendo soluciones que ayuden.

Trabajos relacionados

Los trabajos relacionados y previos a la investigación se caracterizan por el hecho de usar uno o más algoritmos de clasificación. Algunas investigaciones usan como datos de insumos/entradas aquellos rastros o interacciones que dejan los estudiantes en las plataformas virtuales como Moodle; otras investigaciones utilizan como insumos/entradas datos que son recolectados a través de instrumentos y que son diseñados en forma personalizada para la investigación y finalmente también existen las investigaciones que utilizan datos que son recolectados a lo largo de los años en sistemas de inscripciones y matrículas. Se ha revisado la literatura y se observa escenarios para hacer predicciones con datos que surgen del proceso de enseñanza aprendizaje y que son determinantes en la predicción del rendimiento académico de los estudiantes. En la Tabla 1 podemos ver un resumen de trabajos relacionados a la investigación.

Tabla 1

Resumen de trabajos previos

Autores	Título	Contribución	Oportunidades de mejora
(Otero et al., 2019)	Tic para la educación: sistema adaptativo basado en mecanismos de aprendizaje automático para la apropiación de tecnologías en estudiantes de educación media	Se construyó un sistema que posibilita las recomendaciones iniciales de contenidos educativos adecuado a las características individuales de estudiantes, administrados según el desempeño de los mismos y las características propias del territorio	El sistema tuvo como alimentación datos recolectados de cursos virtuales, tanto de estudiantes como educadores. La analítica de datos y aprendizaje automático para hacer predicciones y recomendaciones iniciales se ve limitado cuando el proceso de enseñanza aprendizaje es presencial, ya que no se dispone de muchos datos como en el proceso virtual. Una alternativa de mejora para recolectar datos, es analizar las grabaciones de la clases presenciales y extraer patrones de comportamiento.

Autores	Título	Contribución	Oportunidades de mejora
(Salgado Reyes et al., 2019)	Modelo para predecir el rendimiento académico basado en redes neuronales y analítica de aprendizaje	Se propuso un modelo predictivo de rendimiento académico usando datos proporcionados por un sistema de interacción virtual con los estudiantes, se usó analíticas de aprendizaje a través de redes neuronales artificiales, se encontró patrones que fueron determinantes en el rendimiento académicos de los estudiantes.	Los datos recolectados y usados para hacer las predicciones, son del sistema virtual de cursos que poseen, sin embargo queda la oportunidad de mejora si se incluye datos personales, sociales y otros de interés de la investigación.
(Menacho Chiok, 2017)	Predicción del rendimiento académico aplicando técnicas de minería de datos	Muestra un abanico de predicciones para clasificar (aprobado, desaprobado) a los futuros estudiantes matriculados en un curso. Se utilizaron técnicas de minería de datos y se compararon los resultados usando regresión logística, arboles de decisión, redes neuronales y redes bayesianas. Se logró una efectividad de predicción de 70%.	Para lograr la clasificación se usaron los datos académicos de los estudiantes matriculados en el curso de Estadística General de la UNALM, sin embargo, los factores o variables predictores se seleccionaron en base a los datos que ya poseían, sin tomar en cuenta según investigaciones que existen variables muy influyentes en el rendimiento académico, el cual no se contaba con esto en su investigación.
(Gutiérrez Cárdenas & Casafranca Aguilar, 2015)	Implementation of a Computerized Assessment System by using Backpropagation Neural Networks with R and Shiny	Mediante el uso de redes neuronales artificiales se creó un entorno de atención a las necesidades de cada estudiante con el uso de materiales correctos a través de ejercicios en su evaluación. Esto permite disminuir la sensación de insatisfacción y evitar en muchos casos el abandono de los cursos.	Se han utilizado datos generados por el mismo proyecto. Los resultados obtenidos fueron diferentes niveles de dificultad para los estudiantes en los ejercicios, sin embargo queda el espacio por cubrir para analizar otros factores determinantes y tomar en cuenta los niveles alcanzados por estudiantes en el tema anterior, ya que este proceso es cambiante.

Problemática

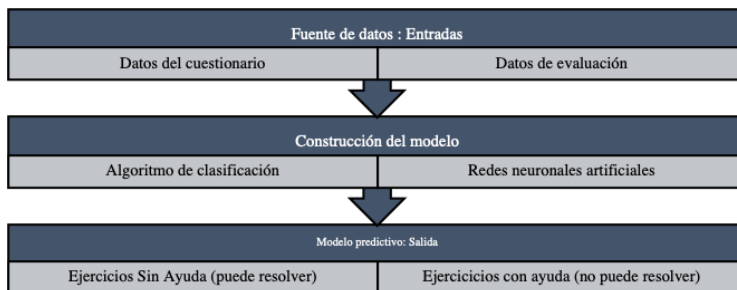
Los estudiantes en los centros educativos se caracterizan por ser únicos, singulares y pertenecer a grupos heterogéneos. En cada sesión de aprendizaje el docente trata de mejorar su trabajo con los estudiantes, en especial al desarrollar la parte práctica, donde es común que el docente proponga un conjunto de ejercicios durante la clase, en el cual se presenta casos donde los estudiantes deben resolverlo individualmente y en un determinado tiempo. Taurón y Santiago (2015) indican que un modelo de escuela donde los docentes enseñan los mismos contenidos, con un mismo nivel de complejidad y a una velocidad para toda la clase, esta escuela no está atendiendo a las necesidades diferenciales de los estudiantes. Se ha observado durante las clases que los estudiantes al resolver el conjunto de ejercicios necesitan apoyo, tutoría, ayuda en fórmulas, en su aplicación y sintaxis de las funciones a utilizar. El docente se enfrenta regularmente a dos situaciones las cuales son: primero cuando el estudiante pide ayuda o tutoría al docente, el tiempo siempre es apremiante y no se puede atender a todos ni dedicarle un tiempo adecuado a cada estudiante y, segundo muchos estudiantes necesitan ayuda pero no la solicitan. La diversidad se puede entender como la variedad de estudiantes que existen dentro de nuestras aulas. Cada estudiante es diferente en género, cultura, ritmos de aprendizaje, modos de pensamientos, en sus limitaciones o posibilidades físicas, discapacidades (Méndez, 2017).

Propuesta

Para abordar el problema planteado se ha implementado un modelo que permite predecir la asignación de ejercicios a los estudiantes en forma individualizada, proporcionando ayuda textual en los ejercicios que el estudiante no puede resolver. En la propuesta se implementó un modelo predictivo basado en redes neuronales artificiales. Este sistema de redes neuronales artificiales logra establecer una conexión o relación entre las entradas y salidas, el cual tiene un comportamiento parecido al cerebro humano, donde la información se procesa en paralelo, con el objeto de aprender y generalizar resultados (Singhal & Swarup, 2011). El Modelo propuesto tiene como entrada factores personales, sociales y notas de rendimiento académico de los estudiantes, los cuales fueron recolectados durante varios meses. La minería de datos permite obtener modelos analíticos que descubren patrones y tendencias interesantes en la información de uso del estudiante (Romero et al., 2008). En la Figura 1 se muestra el esquema de la propuesta.

Figura 1

Estructura del Modelo



Población

Los estudiantes que participaron en la investigación llevaron el curso de funciones en hojas de cálculo a un nivel básico, este tipo de curso tiene una duración de un mes con sesiones de lunes a viernes de una hora y media cronológica. Los temas que se desarrollaron en el curso son operadores matemáticos, funciones matemáticas, funciones estadísticas, entre otros. Son 8 temas que se abordaron en el curso y son temas 100% prácticos, es decir, en todo momento se hace uso de la computadora. Los grupos de estudio son heterogéneos y no hay prerrequisito alguno para llevar el curso. El grupo puede estar formado por estudiantes de 15 a 70 años, con niveles de instrucción que van desde la secundaria hasta posgrado y muchos pueden trabajar o estar desocupados. En total se trabajó con 85 estudiantes como población, el cual representa también la muestra.

Datos del cuestionario

Se construyó un instrumento basado en la técnica de la encuesta. Para la elaboración del instrumento cuestionario se revisó la literatura sobre aquellos factores que influyen en los estudiantes en el manejo de los temas de funciones, además de agregar otros factores contextualizados al problema que se aborda. El rendimiento académico, por ser multicausal, pueden agruparse en determinantes sociales, personales e institucionales tal como lo indica Garbanzo Vargas (2007). Uno de los aspectos determinantes para el éxito en el curso de hojas de cálculo fue determinar si el estudiante tenía preferencias por la matemática o poseía habilidades numéricas, por la coyuntura del tiempo y tener cero datos, se hizo una pregunta basada en la escala de likert, preguntándole ¿En qué medida te consideras una persona con habilidades numéricas?, las alternativas para esta pregunta fueron mucho, regular, poco y nada. Esta pregunta fue recomendada por el pedagogo y psicólogo con el que apoyo en la investigación. En la Tabla 2 se muestra los factores que se tomaron en cuenta para el cuestionario.

Tabla 2

Clasificación de los atributos

Tipo	Atributo
Individuales	Edad, sexo, estado civil
	Persona con habilidades numéricas
	Te enseñaron computación en el colegio
Académicos	Experiencia manejando Excel
	Grado académico
	Cuántas horas diarias estudias
Institucionales	Tipo de colegio
	Ocupación actual
	Cuántas horas diarias trabajas
Socioeconómicos	Nivel de instrucción del padre
	Nivel de instrucción de la madre
	Motivo por el cual estudias Excel

Se validó el instrumento con un psicólogo en Educación y un profesional en Ciencias de la Educación, se calculó la confiabilidad del instrumento aplicando el alpha de cronbach, donde el resultado fue .733, el cual representa un valor con denominación de bueno en confiabilidad. Con la validez y confiabilidad obtenida se procedió a aplicar el cuestionario a 85 estudiantes que llevaron el curso.

Datos de evaluación

La recolección de datos respecto a la evaluación representa datos de 85 estudiantes. Las notas de evaluación es un indicador que determina el rendimiento académico de los estudiantes, tal como lo señala Cueto (2006), donde indica que el rendimiento académico es el nivel de conocimiento que tiene un estudiante y se refleja en una nota numérica, el cual mide el resultado del proceso enseñanza aprendizaje, donde el estudiante participa. Se preparó por cada uno de los 8 temas del curso, ejercicios idóneos abarcando los fundamentos de los temas y los objetivos a cumplir. Por cada tema se diseñó 10 tipos de ejercicios. En total se preparó 80 tipos de ejercicios. El levantamiento de información se hizo durante varios meses, ya que cada grupo normalmente estuvo formado por un promedio de 10 estudiantes. Se trabajó con 9 grupos y se aplicó los tipos de ejercicios diseñados en cada tema, se hizo el levantamiento de los tipos de ejercicios que puede resolver y los que no puede resolver cada estudiante del grupo.

Metodología

Para desarrollar la propuesta se siguió el proceso de minería de datos KDD (Knowledge Discovery in Databases), como lo señala Hernández et al. (2004), el cual está representada por cinco etapas. El proceso KDD se define como un proceso de extracción de información útil, de patrones o tendencias dentro de grandes volúmenes de datos, incluso relacionados a big data (Londhe et al., 2013). Dentro de la etapa de minería de datos se trabajó con el algoritmo de clasificación llamado redes neuronales. Es cierto que para desarrollar un aprendizaje automático se necesita mayor cantidad de datos, sin embargo, la institución educativa donde ha ocurrido la investigación, no contaba con ningún dato de sus estudiantes respecto a su perfil y evaluaciones académicas como se requería para dicha investigación. Se inició parte del trabajo aplicando el cuestionario a los nueve grupos, se diseñó los 80 tipos de ejercicios y se aplicó los tipos de ejercicios a cada grupo por varios meses. Todo este proceso de recolección de datos desarticuló el proceso tradicional de evaluación que existía en la institución educativa. En la Figura 2 se muestra las etapas del proceso de minería de datos.

Fase de integración y Recopilación

Se unieron dos fuentes de datos que se recolectaron. La primera fuente de datos se obtuvo al aplicar el cuestionario a los estudiantes que se matricularon en el curso. En la Figura 3 se muestra parte de los datos recolectados.

La segunda fuente de datos que se recolectó estuvo formada por los datos de evaluación (se registró por cada tema y tipo de ejercicio si el estudiante pudo o no pudo resolver el ejercicio). En la Figura 4, podemos ver parte de las evaluaciones registradas. El valor 1 indica que un estudiante pudo resolver un tipo de ejercicio y el valor 0 indica que el estudiante no pudo resolver dicho tipo de ejercicio. Como se mencionó

por cada tema se diseñaron 10 tipos de ejercicios, los cuales fueron etiquetados con las letras A, B, C, D, E, F, G, H, I, J.

Figura 2
El proceso KDD

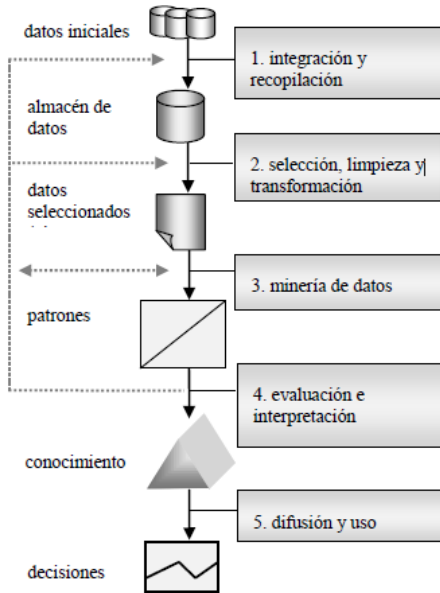


Figura 3
Datos de los estudiantes

1	codigo	edad	sexo	EstadoCivil	cant hermanos	eres una persona con habilidades numericas	tipo de colegio	te enseñaron computo en el colegio
3	1	19	Femenino	Soltero	1	Regular	Particular	Regular
4	2	29	Femenino	Soltero	1	Regular	Nacional	Poco
5	3	25	Femenino	Soltero	4	Regular	Nacional	Poco
6	4	17	Femenino	Soltero	5	Regular	Particular	Regular
7	5	23	Femenino	Soltero	3	Regular	Nacional	Poco
8	6	25	Femenino	Soltero	3	Regular	Nacional	Nada
9	7	21	Masculino	Soltero	1	Regular	Nacional	Poco
10	8	22	Femenino	Soltero	1	Mucho	Particular	Regular

Figura 4
Evaluaciones registradas

CodEstudiante	Tema 01										Tema 02										Tema 03										Tema 04										Nota4	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Nota1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Nota2	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Nota3	A	B	C	D	E	F	G		H
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	16	1	1	1	1	1	0	1	1	1	18	1	0	1	1	1	1	1	1	0	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	18	1	1	1	0	1	0	1	1	1	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
3	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	14	1	1	0	1	1	1	0	0	0	12	0	1	1	1	1	0	1	1	0	14	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	10
4	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	8	1	1	0	1	1	0	1	1	1	16	1	0	1	1	0	1	1	1	1	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	1	1	1	1	0	1	1	1	1	18	0	1	1	1	1	1	1	1	1	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20

Fase de selección, limpieza y transformación

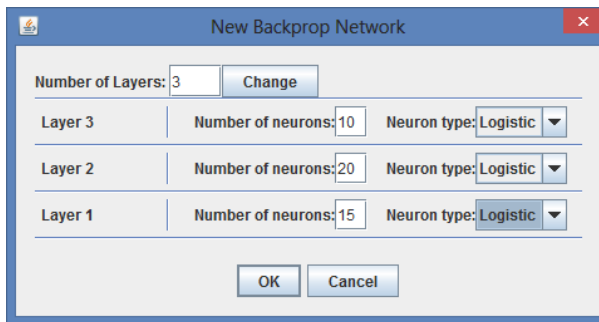
La fase de selección implicó el uso de todos los datos del cuestionario con la totalidad de los registros recolectados. La fase de limpieza se aplicó en las evaluaciones con estudiantes que no tenían notas de evaluación, debido a que faltaron uno o más días de evaluación. Finalmente, en la fase de transformación todos los datos del cuestionario se codificaron numéricamente para poder procesar los datos, utilizando en algunos casos variables binarias de tipo Dummy. El único campo calculado fue la nota final de cada tema, debido a que cada tipo de ejercicios valía 2 puntos y eran 10 tipos, el valor de la nota oscilaba entre 0 y 20. Las dos fuentes de datos fueron integradas y relacionadas. Finalmente, los datos fueron escalados, ya que existían valores que mostraban sesgos.

Fase de minería de datos

La técnica de minería de datos que se aplicó al proyecto propuesto es la de clasificación. Se separaron los datos recolectados, donde el 92% se asignaron para el entrenamiento y el 8% para la validación del modelo. Se utilizó el algoritmo de Redes Neuronales Artificiales con aprendizaje supervisado Backpropagation. Inicialmente los pesos asignados a las variables de entradas (capa de entrada) fueron al azar, los cuales fueron determinados por la Red Neuronal Backpropagation. Este algoritmo logra que las salidas de error se propaguen hacia atrás, partiendo de la capa de entrada replicándose hacia todas las neuronas de la capa oculta y contribuyendo directamente a la salida, al final todas las neuronas reciben una señal de error el cual contribuye al error total y se actualizan los pesos (García et al., 2003). Para obtener el modelo predictivo se utilizó la herramienta gratuita basada en Redes Neuronales artificiales, el cual se denomina "Simbrain". En la Figura 5 se muestra la topología de red para el primer tema.

Figura 5

Topología del primer tema

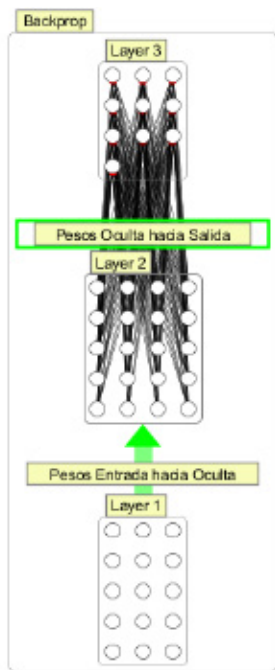


Layer 1 representa a la capa de entrada (15 atributos del cuestionario), Layer 2 representa la capa oculta con 20 neuronas y finalmente Layer 3 representa la capa de salida con 10 respuestas. Para entrenar el modelo para el segundo tema (funciones matemáticas), la topología debe tener ahora 16 entradas, la cual representa los 15 datos del cuestionario respecto al estudiante y la nota que se obtuvo por el rendimiento

académico del tema anterior (primer tema) y así sucesivamente aumentará las entradas para los demás temas. Lo mismo sucederá si entrenamos el modelo para el último tema (funciones de búsqueda), donde las entradas fueron 15 datos del cuestionario más las 6 notas de cada uno de los temas previos. En cada tema se va acumulando la nota del tema previo y así sucesivamente, esto debido a que la nota que obtiene un estudiante en el tema previo influye decisivamente en la nota de evaluación del tema siguiente. Existen numerosas investigaciones como las de Betts y Morell (1999), Porto y Gresia (2001) y Naylor y Smith (2004) han encontrado evidencia de que el desempeño previo de su rendimiento académico podría condicionar los resultados futuros. En la Figura 6 se muestra el diagrama de redes propuesto para el primer tema.

Figura 6

Diagrama propuesto. Fuente: Gráfico generado con la herramienta Simbrain



Los pesos se inicializan aleatoriamente y se inicia el proceso de aprendizaje o entrenamiento de la red neuronal. En todo momento se buscó que el error fuera mínimo y se comenzó a buscar la mejor topología, haciendo muchas pruebas y modificando sus parámetros de ajuste. Los pesos finales se obtuvieron en base a pruebas, tal como muestra en la Figura 7, usando la herramienta Simbrain.

Con los pesos determinado el modelo ya pudo hacer predicciones con respecto al primer tema, donde un estudiante nuevo que proporcione sus datos por medio del cuestionario, se puede ver qué tipo de ejercicios puede resolver y que tipo de ejercicio no puede resolver. En la Tabla 3 se muestra la cantidad de entradas, neuronas y salidas por cada capa del modelo para los primeros cinco temas.

Figura 7

Pesos de las neuronas del modelo

#	Neuron_16	Neuron_17	Neuron_18	Neuron_19	Neuron_20	Neuron_21	Neuron_22
Neuron_1	-2.5468686...	-6.7358700...	-1.2500194...	-4.0237875...	-1.0537745...	-7.1830402...	13.263154...
Neuron_2	1.5280421...	-3.7007524...	1.1490117...	-4.0832765...	9.6462547...	6.1628328...	7.1827076...
Neuron_3	-6.7114719...	8.6319200...	0.0256459...	0.0686249...	-1.1546985...	0.2023922...	0.6873477...
Neuron_4	0.1522253...	4.5581121...	2.8430765...	0.9717167...	5.7112917...	-3.4814065...	0.9283591...
Neuron_5	-2.8148780...	9.5564373...	0.5752059...	2.9482481...	3.1157402...	6.1367483...	7.8593134...
Neuron_6	0.6756623...	0.3150097...	-0.8997563...	-4.8103435...	-6.9550492...	9.9645840...	-11.98390...
Neuron_7	3.8851304...	-6.8118809...	-3.2610071...	-0.2625445...	-4.1443163...	-2.0591709...	6.0518174...
Neuron_8	2.9317069...	4.3304776...	2.4847936...	-5.8872260...	6.4363969...	9.9843602...	3.3970491...
Neuron_9	-1.9895990...	4.7668451...	3.4832447...	8.7176471...	-7.7326392...	10.358650...	0.5477307...
Neuron_10	1.3826432...	-0.4028418...	-4.6407271...	-3.7071017...	-3.1123237...	-3.8242243...	3.0688672...
Neuron_11	2.0039972...	3.2076531...	1.3461279...	10.690974...	-1.7129278...	-3.5633561...	3.3659328...
Neuron_12	-7.8066351...	0.9760955...	-0.3567500...	-4.0558211...	-9.2608831...	-2.7175812...	5.2736138...
Neuron_13	1.6796499...	-2.7012623...	-0.1975588...	-0.7658859...	6.5463030...	-9.2329547...	-6.617524...
Neuron_14	-3.8028446...	-1.1405232...	-1.9342247...	7.4752330...	2.2358516...	1.3089843...	-10.39941...

Tabla 3

Topología final del modelo propuesto

Tema	Capa de entrada	Capa oculta	Capa de salida
Tema 01	15	20	10
Tema 02	16	30	10
Tema 03	17	20	10
Tema 04	18	20	10
Tema 05	19	20	10

Fase de Evaluación e Interpretación

Con el 8% de los registros que fueron separados inicialmente se hizo la validación, ingresando al modelo datos que nunca vistos. Los resultados se muestran en la Tabla 4 respecto al primer tema. Recordemos que el valor 1 representa que el estudiante sí pudo resolver el ejercicio y el valor 0 representa que el estudiante no pudo resolver el ejercicio. La predicción basada en el 8% de estudiantes tuvo una precisión aproximada del 72%.

Fase Difusión y uso

Al término de la evaluación tanto los docentes como los estudiantes mostraron satisfacción con los resultados, ya que se logró una asertividad del 72%. La fortaleza del modelo es identificar aquellos tipos de ejercicios donde los estudiantes muestran dificultad, y es en este espacio donde se apoyará al estudiante.

Tabla 4

Predicción del modelo para los estudiantes

Estudiante	Resultado del modelo	Resultado esperado	Predicción acertada
1	1111111111	1111011100	70%
2	1111111111	1111011101	80%
3	1110000100	1010000111	70%
4	1011011110	1111111101	60%
5	1111011110	1011011111	80%

Resultados

En base al modelo predictivo obtenido se comprobó su efectividad, seleccionando grupos experimentales (grupo de estudiantes nuevos al curso), el cual se aplicó el modelo predictivo para los dos primeros temas. Además, se seleccionaron grupos de control (grupos de estudiantes nuevos al curso) donde también se desarrollaron los dos primeros temas, pero aplicando modelo tradicional. En total para hacer las pruebas se manejó 3 grupos experimentales y otros 3 grupos de control.

El tipo de curso que se usó para recoger los datos académicos y el tipo de curso donde se probó el modelo final son cursos relacionados a las hojas de cálculo, además los 80 tipos de ejercicios diseñados también están relacionados al manejo de funciones en hojas de cálculo, tales como funciones matemáticas, estadísticas, texto, fecha-hora, lógicas, etc. En la Tabla 5 podemos ver los promedios obtenidos por el grupo experimental, además se ve la cantidad de ejercicios que pudo y no pudo resolver.

Tabla 5

Resultados del grupo experimental

Resultados del Tema 01 aplicando el modelo predictivo - Grupo 1			
Código	Pudo resolver	no pudo resolver	Nota
1	7 de 8	1 de 2	16
2	6 de 8	0 de 2	12
3	8 de 8	2 de 2	20
4	7 de 8	1 de 2	16
5	8 de 8	2 de 2	20
6	7 de 8	0 de 2	14
7	7 de 10	0 de 0	14
8	7 de 8	0 de 2	14
9	8 de 9	0 de 1	16
10	8 de 8	2 de 2	20
11	9 de 10	0 de 0	18
		Promedio	16.3

En la Tabla 6 se muestra los resultados obtenidos del grupo de control.

Tabla 6

Resultados del grupo de control

Resultados del Primer Tema- Grupo1	
Código estudiante	Nota
12	16
13	18
14	20
15	08
16	08
17	14
18	02
19	16
20	14
21	18
22	18
Promedio	13.8

En la Tabla 7 podemos ver los promedios obtenidos por los grupos experimentales y de control donde el promedio aumentó de 13.4 a 17.2.

Tabla 7

Resultados de los grupos

N° de Grupo	N°. de Tema	Experimental	Control
Grupo 01	Tema 01	16.3	13.8
	Tema 02	17.4	12.0
Grupo 02	Tema 01	18.3	15.4
	Tema 02	16.8	12.0
Grupo 03	Tema 01	17.9	15.2
	Tema 02	16.8	12.5
Promedios		17.2	13.4

Para los resultados de la tabla 7 se desarrolló un análisis estadístico Anova, como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8

Análisis de Varianza de la tabla 7

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Grupos	1	42.563	42.5633z	81.72	.000
Temas	1	7.363	7.3633	14.14	.006
Grupos*temas	1	3.413	3.4133	6.55	.034
Error	8	4.167	.5208		
Total	11	57.507			

Existe una diferencia Significativa de las notas de los estudiantes, con los resultados del grupo experimental en relación con el grupo de control, como también los temas propuestos en el estudio. Para darle más soporte de confiabilidad al modelo predictivo obtenido, se compararon los promedios de los resultados actuales del modelo predictivo con los promedios de estudiantes de años anteriores, se tomaron las notas de 3 grupos y se vio que el modelo propuesto en la presente investigación mejora los promedios de 13.3 a 16.4. En la Tabla 9 podemos ver los resultados de comparación.

Tabla 9

Resultados de los grupos

Nº	Experimental	Histórico
Grupo 1	16.2	12.8
Grupo 2	17.0	14.0
Grupo 3	16.1	13.1
Promedio	16.4	13.3

En la Tabla 10 podemos ver los resultados Anova de la Tabla 9.

Tabla 10

Resultados de Anova de tabla 9

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Grupos	1	14.7267	14.7267	552.25	.002
Temas	2	1.2133	.6067	22.75	.042
Error	2	.0533	.0267		
Total	5	15.9933			

Al realizar el análisis Anova de los resultados podemos notar una diferencia significativa entre los valores experimentales sobre los históricos.

Discusión y conclusiones

En este apartado indicamos que el modelo predictivo obtenido, no solamente se verificó la precisión con los datos del test, sino que también se ha implementado una aplicación basada en el modelo, dicha aplicación se ha usado en nuevos grupos de estudiantes que llevan el curso de hojas de cálculo, y se logró comprobar la precisión del modelo con una aproximación del 72%. En otras investigaciones relacionadas a este proyecto, la comprobación de precisión de su modelo final, lo hacen con los datos de validación de test (que inicialmente separaron), el cual es parte de la muestra de la investigación. No obstante, en este trabajo se buscó estudiantes nuevos (fuera de la muestra) para verificar la precisión del modelo. Los resultados fueron sólidos en cuanto a la comprobación de su precisión.

Según Menacho Chiok (2017) en su trabajo de predicción del rendimiento académico obtuvo una predicción promedio al 70% con la red de Naive de Bayes entre otros algoritmos que probó. Fue determinante en sus resultados la cantidad de estudiantes, ya que contó con 914 estudiantes, los cuales fueron recolectados en dos años, por otro lado, es importante mencionar que la calidad de los datos tiene mucha influencia frente a la cantidad de datos. Muchas veces los datos que recogen las instituciones educativas a lo largo de los años, no tiene la dirección para que dichos datos puedan ser usados en investigaciones de predicciones de rendimiento académico. Los datos en muchos casos solo son registrados como estadística o para copias de seguridad. Otra comparación relacionada es la predicción de Salgado et al. (2019) donde utilizaron redes neuronales e hicieron una predicción sobre los datos encontrados en la plataforma virtual Moodle de 300 estudiantes con un 75% de precisión. La variación, la calidad y la cantidad de datos son una alternativa determinante para ampliar y dar otro enfoque a las investigaciones.

En base a la experiencia conseguida en esta investigación, señalamos que, para poder obtener modelos predictivos más eficientes se debe trabajar, no solo con una mayor cantidad de observaciones o datos de estudiantes, sino además que las variables predictoras deben ser de calidad y deben tener un impacto significativo en la variable dependiente. Para seleccionar la calidad de las variables predictoras se debe tomar en cuenta criterios de un experto en dicha disciplina. Otro criterio importante para seleccionar las variables más significativas es tomar como referencia y aval otras experiencias e investigaciones que aborden temas relacionados. Muchas instituciones educativas poseen datos en sus sistemas virtuales como lo indican Timarán-Pereira (2019) y Zarate-Valderrama (2019), el cual son recolectados a lo largo de muchos años, sin embargo, existe una brecha entre la cantidad de estos frente a la calidad de datos, esta reflexión está relacionada al hecho de que las instituciones educativas deben registrar datos que tengan fuerte impacto y de manera constante para poder usar estos registros y tener investigaciones más completas. El hecho de que las instituciones educativas no registren dichos datos a lo largo de los años, nos vemos en la necesidad de buscar y recolectar los datos, y debido al poco tiempo que se tiene se recolectan muy pocos, y es muy probable que las investigaciones basadas en pocos datos necesiten de más pruebas.

En base a la experiencia obtenida en esta investigación, se recomienda ampliar el modelo para trabajar con ejercicios basados en niveles de complejidad como básico, intermedio y avanzado, donde los ejercicios se asignaran en forma gradual de acuerdo con las capacidades que va mostrando el estudiante a lo largo del desarrollo del curso.

Se ha mostrado que el modelo propuesto se puede utilizar con éxito para predecir los tipos de ejercicios que un estudiante puede resolver y los tipos de ejercicios donde muestra dificultades. El modelo fue expuesto a una validación cruzada para demostrar su solidez, el cual se obtuvo una predicción en un promedio del 72% respecto a los resultados esperados. Se evidenció el aumento del promedio del estudiante de 13.49 a un 17.29 al usar el modelo predictivo, las notas de las evaluaciones de los nuevos grupos de estudiantes usando el modelo se incrementó. En esta investigación el modelo no solo se aplicó a nuevos estudiantes, sino que también se hizo comparaciones de promedios históricos con grupos de la modalidad tradicional de meses anteriores a la investigación, donde el resultado también mostró evidencia del aumento del promedio en sus calificaciones. El modelo obtenido puede mejorarse trabajando con más estudiantes y variables predictoras relacionadas al rendimiento académico.

Referencias

- Anijovich, R., & Cappelletti, G. (2017). *La evaluación como oportunidad*. Paidós.
- Méndez, M. L. (2007). *Diversidad en el aula. Innovación y experiencias Educativas*.
- Medina, N., Ferreira, J., & Marzol, R. (2018). Factores personales que inciden en el bajo rendimiento académico de los estudiantes de geometría. *Telos*, 20(1), 4-28. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6436353.pdf>
- Saucedo, M., Herrera-Sánchez, S., Díaz, J., Bautista, S., & Salinas, H. (2014). Indicadores de reprobación: Facultad de Ciencias Educativas (UNACAR). *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo RIDE*, 5(9), 1-11. <https://doi.org/10.23913/ride.v5i9.7>
- Anaya-Durand, A., & Anaya-Huertas, C. (2010). ¿Motivar para aprobar o para aprender? Estrategias de motivación del aprendizaje para los estudiantes. *Tecnología, Ciencia. Educación*, 25(1), 5-14. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48215094002>.
- Tourón, J., Santiago, R., & Díez, A. (2014). *The Flipped Classroom: Cómo convertir la escuela en un espacio de aprendizaje*. Grupo Océano.
- Otero, A., Rivera, W., Pedraza, C., & Canay, J. (2019). TIC para la educación: sistema adaptativo basado en mecanismos de aprendizaje automático para la apropiación de tecnologías en estudiantes de educación media. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 21(3), 526-543. <https://doi.org/10.36390/telos213.03>.
- Salgado Reyes, N., Beltrán Morales, J., Guaña Moya, J., Escobar Teran, C., Nicolalde Rodríguez, D., & Chafla Altamirano, G. (2019). Modelo para predecir el rendimiento académico basado en redes neuronales y analítica de aprendizaje. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, 1, 258-266. <https://www.proquest.com/openview/5720c78f2e17a27355a8766fe81feb1a/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>
- Menacho Chiok, C. H. (2017). Predicción del rendimiento académico aplicando técnicas de minería de datos. *Anales Científicos*, 78(1), 26. <https://doi.org/10.21704/ac.v78i1.811>

- Gutiérrez Cárdenas, J. M., & Casafranca Aguilar, F. (2015). *Implementation of a Computerized Assessment System by using Backpropagation Neural Networks with R and Shiny*. <http://hdl.handle.net/11354/1087>
- Tourón, J., & Santiago, R. (2015). El modelo Flipped Learning y el desarrollo del talento en la escuela. *Revista de Educación*, 368, 196-231. doi: <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2015-368-288>
- Singhal, D., & Swarup, K. (2011). Electricity price forecasting using artificial neural networks. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. Elsevier, 33 (3), pp. 550-555.
- Romero, C., Ventura, S., García, E. (2008). Data mining in course management systems: Moodle case study and tutorial. *Computers and Education*, 51(1), 368-384. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.05.016>
- Garbanzo Vargas, G. M. (2007). Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios, una reflexión desde la calidad de la educación superior pública. *Revista educación*, 31(1), 43-64. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/1252>
- Cueto, S. (2006). *Una década evaluando el rendimiento escolar. Organización Grupo de Análisis para el Desarrollo*. GRADE.
- Hernández, O. J., Ramírez, Q. M-J., Ferri, R. C. (2004). *Introducción a la minería de datos*. Person Educación.
- Londhe, S., Mahajan, R., & Bhojar, B. (2013). Survey on Mining High Utility Itemset Transactional Database. *International Journal of Innovative Research & Development*, 2(13), 43-47.
- García Martínez, R., Servente, M., & Pasquín, D. (2003). *Sistemas Inteligentes*. Nueva Librería.
- Betts, J. R., & Morell, D. (1999). The Determinants of Undergraduate Grade Point Average. The Relative Importance of Family Background, High School Resources, and Peer Group Effects. *The Journal of Human Resources*, 34(2).
- Porto, A., & Di Gresia, L. (2001). *Rendimiento de Estudiantes Universitarios y sus Determinantes*. Asociación Argentina de Economía Política.
- Naylor, R. A., & Smith, J. (2004). Determinants of Educational Success in Higher Education. En G. Johnes & J. Johnes (ed.). *International Handbook in the Economics of Education*.
- Timarán-Pereira, R., Caicedo-Zambrano, J., & Hidalgo-Troya, A. (2019). Árboles de decisión para predecir factores asociados al desempeño académico de estudiantes de bachillerato en las pruebas Saber 11°. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 9(2), 363-378. [10.19053/20278306.v9.n2.2019.9184](https://doi.org/10.19053/20278306.v9.n2.2019.9184).
- Zárate-Valderrama, J., Bedregal-Alpaca, N., & Cornejo-Aparicio, V. (2021). Modelos de clasificación para reconocer patrones de deserción en estudiantes universitarios. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 29(1), 168-177. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052021000100168>

Classifier Model For Personalizing Exercises Given To Students Using Artificial Neural Networks

Modelo clasificador para personalizar ejercicios propuestos a estudiantes utilizando redes neuronales artificiales

使用人工神经网络向学生提供的个性化练习的分类器模型

Классификационная модель для индивидуализации упражнений, предлагаемых студентам, с применением искусственных нейронных сетей

Edwar Abril Saire Peralta

National University of San Agustín
esaire@unsa.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-9526-0205>.

Edwar Andrés Velarde Allazo

Technological University of Peru
evelarde@utp.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-6639-7632>

Dates · Fechas

Received: 2022-08-02
Accepted: 2022-09-30
Published: 2023-01-01

How to Cite this Paper · Cómo citar este trabajo

Saire Peralta, E. A., & Velarde Allazo, E. A. (2023). Classifier Model For Personalizing Exercises Given To Students Using Artificial Neural Networks. *Publicaciones*, 53(2), 107–124. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26818>

Resumen

El artículo tiene como objetivo el desarrollo de un modelo que permite predecir en forma personalizada los ejercicios que puede resolver un estudiante, y por otro lado los que no puede resolver. El modelo está basado en una serie de factores que influye en los ritmos de aprendizaje de los estudiantes. El curso que se utilizó como experimento en el proyecto es el manejo de funciones en hojas de cálculo. Para el desarrollo del proceso se ha utilizado la metodología de minería de datos KDD (Knowledge Discovery in Databases) y para el modelo se ha utilizado redes neuronales artificiales con aprendizaje hacia atrás (Backpropagation), el cual es un algoritmo de aprendizaje supervisado. El modelo se alimenta con datos como sexo, edad, grado académico, nivel de instrucción de los padres, tipo de colegio, calificaciones previas de los temas que el estudiante obtiene mientras avanza en el curso. El enfoque de la investigación es de corte cuantitativo, experimental, de tipo aplicada y la población estuvo representada por 85 estudiantes. El resultado muestra que el modelo logra una probabilidad del 72% de precisión al predecir la asignación de ejercicios a los estudiantes según sus características. Los ejercicios que no pueden ser resueltos se les anexa una ayuda para su mejor comprensión y resolución.

Palabras clave: redes neuronales artificiales, aprendizaje supervisado, minería de datos, validación cruzada.

Abstract

The objective of the article is to develop a model that allows to predict in a personalized way the exercises that a student can solve, and on the other hand the exercises that a student cannot solve. The model is based on a series of factors that influence students' learning rates. The course that was used as an experiment in the project is the handling of functions in spreadsheets. For the development of the process, the KDD (Knowledge Discovery in Databases) data mining methodology has been used and artificial neural networks with backward learning (Backpropagation), which is a supervised learning algorithm, have been used for the model. The model is fed with data such as gender, age, academic grade, parents' level of education, type of school, previous grades of the subjects that the student obtains while advancing in the course. The research approach is quantitative, experimental, applied and the population was represented by eighty five students. The result shows that the model achieves a 72% probability of accuracy in predicting the assignment of exercises to students according to their characteristics. Exercises that cannot be solved are given a help for their better understanding and resolution.

Keywords: artificial neural networks, supervised learning, data mining, cross validation.

Аннотация

Цель статьи - разработать модель, позволяющую индивидуализированно прогнозировать те упражнения, которые студент может решить, и, с другой стороны, те, которые он/она не может решить. Модель основана на ряде факторов, влияющих на скорость обучения студентов. Предмет, используемый в качестве эксперимента в проекте, - работа с функциями в электронных таблицах. Для разработки процесса использовалась методология поиска данных KDD (Knowledge Discovery in Databases), а для модели - искусственные нейронные сети с обратным распространением, которые являются алгоритмом контролируемого обучения. В модель вводятся такие данные, как пол, возраст, академический курс, уровень образования родителей, тип школы, предыдущие оценки по предметам, полученные студентом при прохождении курса.

Исследовательский подход является количественным, экспериментальным, прикладным, а выборка была представлена 85 студентами. Результат показывает, что модель достигает 72% вероятности точности в предсказании назначения упражнений студентам в соответствии с их характеристиками. Упражнения, которые не удается решить, снабжены подсказкой для их лучшего понимания и решения.

Ключевые слова: контролируемое обучение, добыча данных, искусственные нейронные сети, кросс-валидация.

概要

本文的目标是开发一个允许以个性化的方式预测学可以解决的练习以及无法解决的练习的模型。该模型基于一系列影响学生学习率的因素。在项目中用作实验的课程是电子表格中函数的处理。对于流程的开发,使用了KDD (数据库中的知识发现) 数据挖掘方法,并使用了具有反向学习(反向传播)的模型人工神经网络,这一监督学习算法。该模型输入的数据包括性别、年龄、学业成绩、父母的教育水平、学校类型、学生在课程中取得的先前科目资格。研究方法是定量的、实验性的、应用型的,研究对象为85名学生。结果表明,该模型在预测根据学生的特征分配给学生的练习时,准确率达到了72%。无法解决的练习附有帮助,以便更好地理解 and 解决。

关键词: 监督学习, 数据挖掘, 人工神经网络, 交叉验证。

Introduction

The teaching-learning process is comprehensive according to Anijovich and Cappelletti (2017), they point out that, if the conditions of students are always different, such as the rates, ways of learning and starting points of each student, then, what is learned and what is assessed cannot be standardized, but must be differentiated according to the individual characterization. Méndez (2007) indicates that students process information according to their capacity, motivation, environment and the guidance provided by the teacher in their learning. Learning rates are linked to academic performance, which is determined by personal, family, social and educational factors, as pointed out by Medina et al. (2018) and Saucedo et al. (2014). A learning session in the classroom is represented by several moments, one of them represents the practice, which mostly aims to have students solve exercises regarding the topic developed. It has been noted that many students have doubts and certain fears when interacting with new learning topics; they are students who find it difficult to adapt to the pace of progress imposed by the majority of students and even by the teacher. This reality has been reflected in the evaluation results of the course of functions, which have shown students with low averages, course dropouts and failing students. Anaya-Durand and Anaya-Huertas (2010) propose that teachers should work at a moderate level of demand, which does not cause discouragement and low grades. According to Tourón et al. (2014), he indicates that it is a mistake to use the same contents, rates and evaluation to students, this is a problem because it can cause frustrations and it influences the relationship with other students. The problems described above are very common in the classroom, and many research studies have used predictions to find the best ways to know the student profile based on certain factors and this way be able to collaborate in proposing solutions that help.

Related works

Related and prior works are characterized by the fact that they use one or more classification algorithms. Some research uses those traces or interactions that students leave on virtual platforms such as Moodle as input data; other research uses data that are collected through instruments as input and that are custom designed for the research and finally, there is also the research that uses data that are collected over the years in systems of registration and enrollment systems. The literature has been reviewed and scenarios are observed to make predictions with data that arise from the teaching-learning process and are crucial in the prediction of students' academic performance. In Table 1 we can see a summary of works related to the research.

Table 1

Summary of previous works

Authors	Title	Contribution	Opportunities for improvement
(Otero et al., 2019)	ICT for education: adaptive system based on automatic learning mechanisms for the appropriation of technologies in students	A system was built that enables the initial recommendations of educational content appropriate to the individual characteristics of students, administered according to their performance and the characteristics of the territory	The system was fed with data collected from virtual courses, both from students and educators. Data analytics and machine learning to make initial predictions and recommendations is limited when the teaching-learning process is in-person, as there is not as much data available as in the virtual process. An alternative way to improve data collection is to analyze the recordings of in-person classes and extract behavioral patterns.
(Salgado Reyes et al., 2019)	Model to predict academic performance based on neural networks and learning analytics	A predictive model of academic performance was proposed using data provided by a virtual interaction system with students, using learning analytics through artificial neural networks; patterns were found that were crucial in the academic performance of students.	The data collected and used to make the predictions are from the virtual course system they have; however, there is still an opportunity for improvement if personal, social and other data of interest to the research are included.

Authors	Title	Contribution	Opportunities for improvement
(Menacho Chiok, 2017)	Prediction of academic performance applying data mining techniques	It shows a range of predictions to classify (pass, fail) prospective students enrolled in a course. Data mining techniques were used and results were compared using logistic regression, decision trees, neural networks and Bayesian networks. A predictive effectiveness of 70% was achieved.	In order to achieve the classification, the academic data of the students enrolled in the General Statistics course at UNALM were used; however, the factors or predictor variables were selected based on the data they already had, without taking into account, according to research, that there are very influential variables in academic performance, which was not taken into account in their research.
(Gutiérrez Cárdenas & Casafranca Aguilar, 2015)	Implementation of a Computerized Assessment System by using Backpropagation Neural Networks with R and Shiny	Through the use of artificial neural networks, an environment of attention to the needs of each student was created with the use of correct materials through exercises in their evaluation. This allows to reduce the feeling of dissatisfaction and to avoid, in many cases, the dropout of the courses.	Data generated by the same project have been used. The results obtained were different levels of difficulty for the students in the exercises; however, there is still room to analyze other determining factors and to take into account the levels achieved by students in the previous topic, since this process is changing.

Research problems

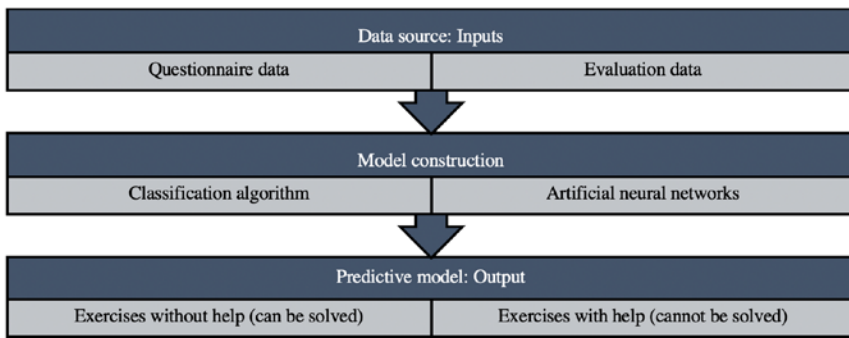
At schools, students are characterized by being unique, singular and belonging to heterogeneous groups. In each learning session, the teachers try to improve their work with the students, especially when developing the part of the practice, where it is common for teachers to propose a set of exercises during the class, in which they present cases where the students must solve them individually and in a certain amount of time. Taurón and Santiago (2015) indicate that a school model where teachers teach the same contents, with the same level of complexity and at one speed for the whole class, this school is not attending to the differential needs of the students. It has been noted during the classes that students when solving the set of exercises need support, tutoring, help in formulas, in their application and syntax of the functions to be used. The teacher is regularly confronted with two situations: first, when a student asks the teacher for help or tutoring, time is always short and it is not possible to attend to everyone or to give adequate time to each student, and second, many students need help, but do not ask for it. Diversity can be understood as the variety of students that exist within our classrooms. Each student is different in gender, culture, learning rates, ways of thinking, physical limitations or possibilities, disabilities (Méndez, 2017).

Proposal

In order to address the problem raised, a model has been implemented that allows predicting the assignment of exercises to students on an individualized basis, providing textual help in the exercises that the student is unable to solve. A predictive model based on artificial neural networks was implemented in the proposal. This artificial neural network system manages to establish a connection or relationship between inputs and outputs, which has a behavior similar to the human brain, where information is processed in parallel, in order to learn and generalize results (Singhal & Swarup, 2011). The proposed Model has personal factors, social factors and students' academic performance grades as input, which were collected over several months. Data mining allows obtaining analytical models that uncover interesting patterns and trends in the information used by the student (Romero et al., 2008). Figure 1 shows the outline of the proposal.

Figure 1

Model Structure



Population

The students who participated in the research took the course of functions in spreadsheets to a basic level, this type of course has a duration of one month with one-hour-and-a-half sessions from Monday to Friday. The topics developed in the course are mathematical operators, mathematical functions, statistical functions, among others. There are 8 topics that were addressed in the course and they are 100% practical topics, that is to say, the computer is used at all times. The study groups are heterogeneous and there are no prerequisites to take the course. The group can be made up of students from 15 to 70 years old, with levels of education ranging from high school to graduate school, and many may be working or unemployed. In total we worked with 85 students as the population, which also represents the sample.

Questionnaire data

An instrument based on the survey technique was created. For the preparation of the questionnaire instrument, the literature on those factors that influence students in the handling of function topics was reviewed, in addition to including other factors contex-

tualized to the problem being addressed. Academic performance, being multicausal, can be grouped into social, personal and institutional determinants as indicated by Garbanzo Vargas (2007). One of the determining aspects for success in the spreadsheet course was to determine whether the student had a preference for mathematics or had numerical skills, due to the time constraints and having zero data, a question was posed based on the Likert scale, asking: to what extent do you consider yourself a person with numerical skills? The alternatives for this question were always, often, sometimes and never. This question was recommended by the pedagogue and psychologist with whom I supported the research. Table 2 shows the factors that were taken into account for the questionnaire.

Table 2
Attribute classification

Type	Attribute
Individual	Age, sex, marital status
Academic	Person with numerical skills
	You were taught computing in school
	Experience with Excel
	Academic degree
	How many hours a day do you study?
Institutional	Type of school
Socioeconomic	Current occupation
	How many hours per day do you work?
	Father's level of education
	Mother's level of education
	Reason for studying Excel

The instrument was validated with a psychologist in Education and a professional in Educational Sciences, the reliability of the instrument was calculated by applying Cronbach's alpha, where the result was .733, which represents a value with a good reliability score. With the validity and reliability obtained, the questionnaire was applied to 85 students who took the course.

Evaluation data

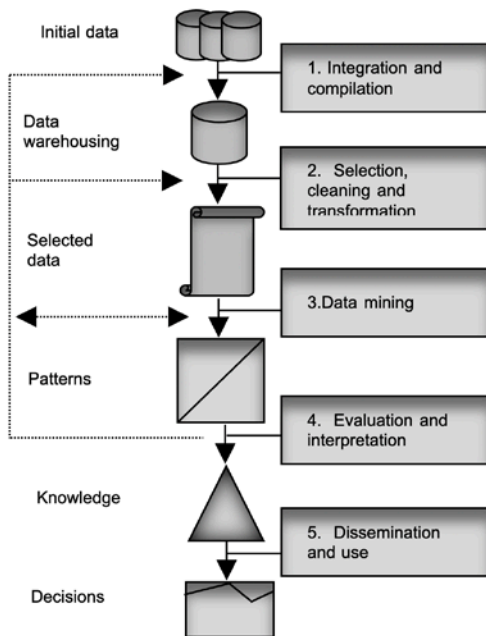
The data collection regarding the evaluation represents data from 85 students. The evaluation grades are an indicator that determines the academic performance of students, as stated by Cueto (2006), which indicates that academic performance is the level of knowledge that a student has and is reflected in a numerical grade, which measures the result of the teaching-learning process, in which the student participates. For each of the 8 topics of the course, suitable exercises were prepared covering

the fundamentals of the topics and the objectives to be met. For each topic, 10 types of exercises were designed. A total of 80 types of exercises were prepared. The data collection was done during several months, since each group was normally formed by an average of 10 students. We worked with 9 groups and applied the types of exercises designed in each topic, and we made a list of the types of exercises that can be solved and those that cannot be solved by each student in the group.

Methodology

In order to develop the proposal, the KDD (Knowledge Discovery in Databases) data mining process was followed, as stated by Hernández et al. (2004), which is represented by five stages. The KDD process is defined as a process of extracting useful information, patterns or trends within large volumes of data, including those related to big data (Londhe et al., 2013). In the data mining stage, we worked with the classification algorithm called neural networks. It is true that in order to develop machine learning, a greater amount of data is needed; however, the school where the research took place did not have any data on its students regarding their profile and academic evaluations as required for this research. Part of the work began by applying the questionnaire to the nine groups, the 80 types of exercises were designed and the types of exercises were applied to each group for several months. This entire data collection process disarticulated the traditional evaluation process that existed in the school. Figure 2 shows the stages of the data mining process.

Figure 2
KDD process



Integration and Compilation Phase

Two sources of data were merged and collected. The first source of data was obtained by applying the questionnaire to the students who enrolled in the course. Figure 3 shows part of the data collected.

Figure 3
Student data

Code	Age	Sex	Marital status	Number of siblings	You are a person with numerical skills	Type of school	You were taught computing
1	19	Female	Single	1	Often	Private	Often
2	29	Female	Single	1	Often	Public	Sometimes
3	25	Female	Single	4	Often	Public	Sometimes
4	17	Female	Single	5	Often	Private	Often
5	23	Female	Single	3	Often	Public	Sometimes
6	25	Female	Single	3	Often	Public	Never
7	21	Male	Single	1	Often	Public	Sometimes
8	22	Female	Single	1	Always	Private	Often

The second source of data collected consisted of the evaluation data (for each topic and type of exercise, we recorded whether or not the student was able to solve the exercise). In Figure 4, we can see part of the evaluations recorded. A value of 1 indicates that a student was able to solve a type of exercise and a value of 0 indicates that the student was not able to solve that type of exercise. As mentioned for each topic, 10 types of exercises were designed, which were labeled with the letters A, B, C, D, E, F, F, G, H, I, J.

Figure 4
Recorded evaluations

Code	Topic 01										Grade	Topic 02										Grade	Topic 03										Grade	Topic 04										Grade													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J														
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	16	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	18	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	18	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20										
3	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	14	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	12	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	14	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	10											
4	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	8	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	16	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20											
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	18	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20											

Selection, cleaning and transformation phase

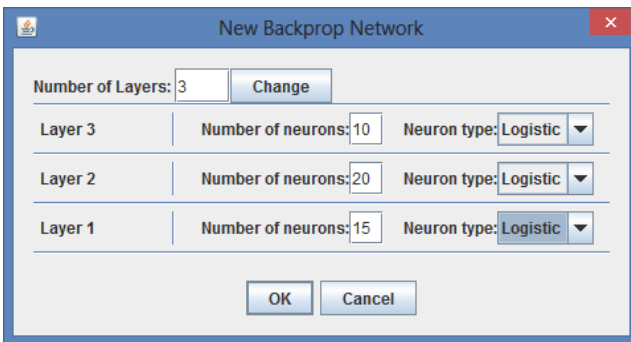
The selection phase involved the use of all the data from the questionnaire with the totality of the records collected. The cleaning phase was applied in the evaluations with students who did not have evaluation grades, due to missing one or more evaluation days. Finally, in the transformation phase, all the questionnaire data were numerically coded in order to process the data, in some cases using binary dummy variables. The only field calculated was the final grade for each topic, since each type of exercise received 2 points and there were 10 types, the value of the grade ranged between 0 and 20. The two data sources were integrated and related. Finally, the data were scaled, since there were values that showed biases.

Data mining phase

The data mining technique applied to the proposed project is classification. The collected data were separated, where 92% were assigned for training and 8% for model validation. The Artificial Neural Networks algorithm with supervised learning (back-propagation) was used. Initially the weights assigned to the input variables (input layer) were at random, which were determined by the Backpropagation Neural Network. This algorithm achieves that the error outputs are back-propagated, starting from the input layer replicating to all the neurons of the hidden layer and contributing directly to the output, at the end all the neurons receive an error signal which contributes to the total error and the weights are updated (García et al., 2003). In order to obtain the predictive model, a free tool based on Artificial Neural Networks, called "Simbrain", was used. Figure 5 shows the network topology for the first topic.

Figure 5

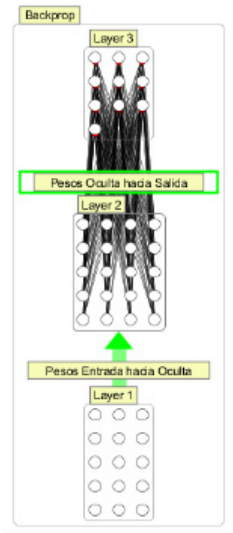
Topology of the first topic



Layer 1 represents the input layer (15 attributes of the questionnaire), Layer 2 represents the hidden layer with 20 neurons and finally, Layer 3 represents the output layer with 10 answers. In order to train the model for the second topic (mathematical functions), the topology must now have 16 inputs, which represents the 15 data from the questionnaire regarding the student and the grade obtained for the academic performance of the previous topic (first topic) and so on will increase the inputs for the other topics. The same will happen if we train the model for the last topic (search functions), where the inputs were 15 data from the questionnaire plus the 6 grades of each of the previous topics. In each topic the grade of the previous topic is accumulated and so on, because the grade obtained by a student in the previous topic has a decisive influence on the evaluation grade of the next topic. Numerous research studies such as Betts and Morell (1999), Porto and Gresia (2001) and Naylor and Smith (2004) have found evidence that prior academic performance may condition future outcomes. Figure 6 shows the network diagram proposed for the first topic.

Figure 6

Proposed diagram. Source: Chart generated with the Simbrain tool



The weights are randomly initialized and the learning or training process of the neural network begins. At all times we tried to keep the error to a minimum and began to search for the best topology, performing many tests and modifying its adjustment parameters. The final weights were obtained based on tests, as shown in Figure 7, using the Simbrain tool.

Figure 7

Weights of model neurons

#	Neuron_16	Neuron_17	Neuron_18	Neuron_19	Neuron_20	Neuron_21	Neuron_22
Neuron_1	-2.5486886	-6.7358700	-1.2500194	-4.0237875	-1.0537745	-7.1830402	13.263154
Neuron_2	1.5280421	-3.7007524	-1.1490117	-4.0832765	9.6462547	6.1628328	7.1827079
Neuron_3	-6.7114719	8.6319200	0.0256459	0.0686249	-1.1546985	0.2023922	0.6873477
Neuron_4	0.1522153	4.5581121	2.8430765	0.9717167	5.7112917	-3.4814065	0.9283599
Neuron_5	-2.8148780	9.5564373	0.5752059	2.9482481	3.1157402	6.1367483	7.8593134
Neuron_6	0.6756623	0.3150097	-0.8997563	-4.8103435	-6.9550492	9.9645840	-11.98390
Neuron_7	3.8851304	-6.8118809	-3.2610071	-0.2625445	-4.1443163	-2.0591709	6.0518174
Neuron_8	2.9317069	4.3304776	2.4847936	-5.8872260	6.4363969	9.9843602	3.3970499
Neuron_9	-1.9895990	4.7668451	3.4832447	8.7176471	-7.7326392	10.358650	0.5477307
Neuron_10	1.3826432	-0.4028418	-4.6407271	-3.7071017	-3.1123237	-3.8242243	3.0688672
Neuron_11	2.0039972	3.2076531	1.3461279	10.690974	-1.7129278	-3.5633561	3.3659328
Neuron_12	-7.8066351	0.9760955	-0.3567500	-4.058211	-9.2608831	-2.7175812	5.2736138
Neuron_13	1.6796499	-2.7012623	-0.1975588	-0.7658859	6.5463030	-9.2329547	-6.617524
Neuron_14	-3.8028446	-1.1405232	-1.9342247	7.4752330	2.2358516	1.3089843	-10.39941

With the weights determined, the model was already able to make predictions regarding the first topic, where a new student providing his data through the questionnaire, it can be seen what kind of exercises he can solve and what kind of exercise he cannot solve. Table 3 shows the number of inputs, neurons and outputs for each layer of the model for the first five topics.

Table 3
Final topology of the proposed model

Topic	Input layer	Hidden layer	Output layer
Topic 01	15	20	10
Topic 02	16	30	10
Topic 03	17	20	10
Topic 04	18	20	10
Topic 05	19	20	10

Evaluation and Interpretation Phase

The 8% of the records that were initially separated were validated by entering data that had never been seen before into the model. The results are shown in Table 4 for the first topic. Recall that the value 1 represents that the student was able to solve the exercise and the value 0 represents that the student was not able to solve the exercise. The prediction based on the 8% of students had an accuracy of approximately 72%.

Table 4
Model prediction for students

Student	Model result	Expected result	Accurate prediction
1	1111111111	1111011100	70%
2	1111111111	1111011101	80%
3	1110000100	1010000111	70%
4	1011011110	1111111101	60%
5	1111011110	1011011111	80%

Dissemination and use phase

At the end of the evaluation, both teachers and students were satisfied with the results, since an assertiveness of 72% was achieved. The strength of the model is to identify those types of exercises where students show difficulty, and it is in this gap where the student will be supported.

Results

Based on the predictive model obtained, its effectiveness was tested by selecting experimental groups (group of students new to the course), to which the predictive model was applied for the first two topics. In addition, control groups were selected (groups of students new to the course) where the first two topics were also developed, but applying the traditional model. A total of 3 experimental groups and 3 control groups were used for testing.

The type of course used to collect the academic data and the type of course where the final model was tested are courses related to spreadsheets, and the 80 types of exercises designed are also related to the handling of functions in spreadsheets, such as mathematical, statistical, text, date-time, logical, etc. functions. In Table 5 we can see the averages obtained by the experimental group, as well as the number of exercises that could and could not be solved.

Table 5

Experimental group results

Results of Topic 01 applying the predictive model - Group 1			
Code	was able to solve	was unable to solve	Grade
1	7 de 8	1 de 2	16
2	6 de 8	0 de 2	12
3	8 de 8	2 de 2	20
4	7 de 8	1 de 2	16
5	8 de 8	2 de 2	20
6	7 de 8	0 de 2	14
7	7 de 10	0 de 0	14
8	7 de 8	0 de 2	14
9	8 de 9	0 de 1	16
10	8 de 8	2 de 2	20
11	9 de 10	0 de 0	18
		Average	16.3

Table 6 shows the results obtained from the control group.

Table 6
Control group results

Results of the First Topic - Group 1	
Student code	Grade
12	16
13	18
14	20
15	08
16	08
17	14
18	02
19	16
20	14
21	18
22	18
Average	13.8

In Table 7 we can see the averages obtained by the experimental and control groups where the average increased from 13.4 to 17.2.

Table 7
Group results

Group No.	Topic No.	Experimental	Control
Group 1	Topic 01	16.3	13.8
	Topic 02	17.4	12.0
Group 2	Topic 01	18.3	15.4
	Topic 02	16.8	12.0
Group 3	Topic 01	17.9	15.2
	Topic 02	16.8	12.5
Averages		17.2	13.4

For the results in Table 7, an ANOVA statistical analysis was developed, as shown in Table 8.

Table 8

Analysis of Variance for table 7

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-value	p-value
Groups	1	42.563	42.5633z	81.72	.000
Topics	1	7.363	7.3633	14.14	.006
Groups*topics	1	3.413	3.4133	6.55	.034
Error	8	4.167	.5208		
Total	11	57.507			

There is a significant difference in the students' grades, with the results of the experimental group in relation to the control group, as well as the topics proposed in the study. In order to give more reliability support to the predictive model obtained, the averages of the current results of the predictive model were compared with the averages of students from previous years, the grades of 3 groups were taken and it was found that the model proposed in this research improves the averages from 13.3 to 16.4. Table 9 shows the comparison results.

Table 9

Group results

No.	Experimental	Historical
Group 1	16.2	12.8
Group 2	17.0	14.0
Group 3	16.1	13.1
Average	16.4	13.3

Table 10 shows the ANOVA results of Table 9.

Table 10

ANOVA results of table 9

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-value	p-value
Groups	1	14.7267	14.7267	552.25	.002
Topics	2	1.2133	.6067	22.75	.042
Error	2	.0533	.0267		
Total	5	15.9933			

When performing ANOVA analysis of the results we can see a significant difference between the experimental values over the historical ones.

Discussion and conclusions

In this section we indicate that the predictive model obtained, not only the accuracy was verified with the test data, but also an application based on the model has been implemented, this application has been used in new groups of students taking the spreadsheet course, and it was possible to verify the accuracy of the model with an approximation of 72%. In other research studies related to this project, the accuracy check of their final model is done with test validation data (initially separated), which is part of the research sample. Nevertheless, in this work, new students (outside the sample) were sought to verify the accuracy of the model. The results were robust in terms of testing their accuracy.

According to Menacho Chiok (2017) in his work of prediction of academic performance, he obtained an average prediction of 70% with the Naïve Bayes network among other algorithms he tested. The number of students was crucial in his results, since he had 914 students, which were collected in two years; on the other hand, it is important to mention that the quality of the data has a lot of influence against the amount of data. The data often collected by schools over the years is not managed in such a way that it can be used for predictive research on academic performance. In many cases the data are only recorded for statistical or backup purposes. Another related comparison is the prediction of Salgado et al. (2019) where they used neural networks and made a prediction on the data found in the Moodle virtual platform of 300 students with 75% accuracy. Variation, quality and quantity of data are a determining alternative to extend and give another approach to research.

Based on the experience gained in this research, we point out that, in order to obtain more efficient predictive models, it is necessary to work not only with a larger number of observations or student data, but also the predictor variables must be of high quality and must have a significant impact on the dependent variable. In order to select the quality of the predictor variables, the criteria of an expert in this discipline should be taken into account. Another important criterion for selecting the most significant variables is to take other experiences and research on related topics as a reference and endorsement. Many schools have data in their virtual systems as indicated by Timarán-Pereira (2019) and Zarate-Valderrama (2019), which are collected over many years; however, there is a gap between the quantity of these data versus the quality of data, this reflection is related to the fact that schools must record data that have a strong impact and in a constant manner, in order to use these records and have more complete research. The fact that schools do not record such data over the years, we are forced to search and collect the data, and due to the short time available very little data is collected, and it is very likely that research based on little data will need more evidence.

Based on the experience obtained in this research, it is recommended to expand the model to work with exercises based on levels of complexity such as basic, intermediate and advanced, where the exercises will be assigned gradually according to the capabilities shown by the student throughout the development of the course.

It has been shown that the proposed model can be successfully used to predict the types of exercises that a student can solve and the types of exercises where he or she

shows difficulties. The model was exposed to a cross-validation to demonstrate its robustness, which resulted in an average prediction of 72% with respect to the expected results. An increase in the student's average from 13.49 to 17.29 was evident when using the predictive model, the grades of the evaluations of the new groups of students using the model increased. In this research the model was not only applied to new students, but also comparisons were made of historical averages with traditional method groups from months prior to the research, where the result also showed evidence of the increase in the average of their grades. The model obtained can be improved by working with more students and predictor variables related to academic performance.

References

- Anijovich, R., & Cappelletti, G. (2017). *La evaluación como oportunidad*. Paidós.
- Méndez, M. L. (2007). *Diversidad en el aula. Innovación y experiencias Educativas*.
- Medina, N., Ferreira, J., & Marzol, R. (2018). Factores personales que inciden en el bajo rendimiento académico de los estudiantes de geometría. *Telos*, 20(1), 4-28. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6436353.pdf>
- Saucedo, M., Herrera-Sánchez, S., Díaz, J., Bautista, S., & Salinas, H. (2014). Indicadores de reprobación: Facultad de Ciencias Educativas (UNACAR). *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo RIDE*, 5(9), 1-11. <https://doi.org/10.23913/ride.v5i9.7>
- Anaya-Durand, A., & Anaya-Huertas, C. (2010). ¿Motivar para aprobar o para aprender? Estrategias de motivación del aprendizaje para los estudiantes. *Tecnología, Ciencia. Educación*, 25(1), 5-14. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48215094002>.
- Tourón, J., Santiago, R., & Díez, A. (2014). *The Flipped Classroom: Cómo convertir la escuela en un espacio de aprendizaje*. Grupo Océano.
- Otero, A., Rivera, W., Pedraza, C., & Canay, J. (2019). TIC para la educación: sistema adaptativo basado en mecanismos de aprendizaje automático para la apropiación de tecnologías en estudiantes de educación media. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 21(3), 526-543. <https://doi.org/10.36390/telos213.03>.
- Salgado Reyes, N., Beltrán Morales, J., Guaña Moya, J., Escobar Teran, C., Nicolalde Rodríguez, D., & Chafla Altamirano, G. (2019). Modelo para predecir el rendimiento académico basado en redes neuronales y analítica de aprendizaje. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, 1, 258-266. <https://www.proquest.com/openview/5720c78f2e17a27355a8766fe81feb1a/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>
- Menacho Chiok, C. H. (2017). Predicción del rendimiento académico aplicando técnicas de minería de datos. *Anales Científicos*, 78(1), 26. <https://doi.org/10.21704/ac.v78i1.811>
- Gutiérrez Cárdenas, J. M., & Casafranca Aguilar, F. (2015). *Implementation of a Computerized Assessment System by using Backpropagation Neural Networks with R and Shiny*. <http://hdl.handle.net/11354/1087>
- Tourón, J., & Santiago, R. (2015). El modelo Flipped Learning y el Desarrollo del talento en la escuela. *Revista de Educación*, 368, 196-231. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2015-368-288>

- Singhal, D., & Swarup, K. (2011). Electricity price forecasting using artificial neural networks. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems. Elsevier*, 33 (3), 550-555.
- Romero, C., Ventura, S., García, E. (2008). Data mining in course management systems: Moodle case study and tutorial. *Computers and Education*, 51(1), 368-384. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.05.016>
- Garbanzo Vargas, G. M. (2007). Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios, una reflexión desde la calidad de la educación superior pública. *Revista educación*, 31(1), 43-64. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/1252>
- Cueto, S. (2006). *Una década evaluando el rendimiento escolar. Organización Grupo de Análisis para el Desarrollo*. GRADE.
- Hernández, O. J., Ramírez, Q. M-J., Ferri, R. C. (2004). *Introducción a la minería de datos*. Person Educación.
- Londhe, S., Mahajan, R., & Bhojar, B. (2013). Survey on Mining High Utility Itemset Transactional Database. *International Journal of Innovative Research & Development*, 2(13), 43-47.
- García Martínez, R., Servente, M., & Pasquín, D. (2003). *Sistemas Inteligentes*. Nueva Librería.
- Betts, J. R., & Morell, D. (1999). The Determinants of Undergraduate Grade Point Average. The Relative Importance of Family Background, High School Resources, and Peer Group Effects. *The Journal of Human Resources*, 34 (2).
- Porto, A., & Di Gresia, L. (2001). *Rendimiento de Estudiantes Universitarios y sus Determinantes*. Asociación Argentina de Economía Política.
- Naylor, R. A., & Smith, J. (2004). Determinants of Educational Success in Higher Education. En G. Johnes & J. Johnes (ed.). *International Handbook in the Economics of Education*.
- Timarán-Pereira, R., Caicedo-Zambrano, J., & Hidalgo-Troya, A. (2019). Árboles de decisión para predecir factores asociados al desempeño académico de estudiantes de bachillerato en las pruebas Saber 11°. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 9(2), 363-378. [10.19053/20278306.v9.n2.2019.9184](https://doi.org/10.19053/20278306.v9.n2.2019.9184).
- Zárate-Valderrama, J., Bedregal-Alpaca, N., & Cornejo-Aparicio, V. (2021). Modelos de clasificación para reconocer patrones de deserción en estudiantes universitarios. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 29(1), 168-177. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052021000100168>

Enseñanza recíproca influenciado por los niveles de alfabetización informacional en estudiantes de Ciencias de la Comunicación

Reciprocal teaching influenced by information literacy levels in students of Communication Sciences

通信科学专业学生信息素养水平对互惠教学的影响

Взаимное обучение в зависимости от уровня информационной грамотности студентов коммуникационных наук

Guillermo Ocrosopoma

Universidad Cesar Vallejo
gocrosopoma@ucv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-4029-3920>

Doris Fuster-Guillén

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
dfusterg@unmsm.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-7889-2243>

Yolvi Ocaña-Fernández

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
yocanaf@unmsm.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-2566-6875>

Klinge Orlando Villalba-Condori

Universidad Continental (Perú)
kvillalba@continental.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-8621-7942>

Fechas · Dates

Recibido: 2022-08-17
Aceptado: 2022-11-03
Publicado: 2023-01-01

Cómo citar este trabajo · How to Cite this Paper

Ocrosopoma, G., Fuster-Guillén, D., Ocaña-Fernández, Y., & Villalba-Condori, K. O. (2023). Enseñanza recíproca influenciado por los niveles de alfabetización informacional en estudiantes de Ciencias de la Comunicación. *Publicaciones*, 53(2), 125-139. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26819>

Resumen

Introducción: el actual desarrollo tecnológico trasciende toda actividad humana, como la educación. Analizando la vinculación de competencias digitales logradas por los estudiantes, aplicados a métodos de enseñanza colaborativos, establecimos la relación existente entre competencias de alfabetización informacional (AI) y enseñanza recíproca (ER) en estudiantes de Ciencias de Comunicación; basada en la clasificación de competencias de AI en DigComp 2.1 relacionadas con habilidades y actitudes promovidas por la ER.

Método: la investigación fue anonimizada, se utilizó un cuestionario digital con 100 preguntas de AI y 22 preguntas de ER, ambas con escala de Likert con valores de 0-9; la fiabilidad del instrumento validado mediante Alfa de Cronbach con valores de .987 para AI y .992 para ER, así como la revisión a juicio de 3 expertos.

Resultados: los datos mostraron una distribución no normal, aplicando Rho de Spearman se determinó que existe relación significativa, estableciendo mediante Regresión Logística Multinomial que la AI de nivel N3 predomina, concentrando el 90% de casos, reflejado en los 2/3 de ER concentrados en niveles Bajo-Medio, los coeficientes de regresión evidencian que el bajo desarrollo de AI no conducen a un ER avanzado.

Conclusiones: en Perú, el desarrollo de las Competencias Digitales, fundamentalmente las 3 dimensiones de AI (navegar, evaluar y gestionar información), es semejante a España, siendo que, evaluarla debe tener mayor desarrollo para lograr que los comunicadores puedan combatir las fake news, un nivel N3 sería insuficiente, se necesitaría una revisión de la curricula universitaria y mejorar la formación estudiantil para lograrlo, porque ser "nativos digitales" no basta.

Palabras clave: Alfabetización informacional, enseñanza recíproca, competencias digitales, fake news.

Abstract

Introduction: the current technological development transcends all human activity, such as education. Analyzing the link of digital skills achieved by students, applied in collaborative teaching methods, we established the existing relationship between information literacy (IL) and reciprocal teaching (RT) skills in Communication Sciences students; based on the classification of IL competencies in DigComp 2.1, related to skills and attitudes promoted by RT.

Method: the research was anonymized, a digital questionnaire was used with 100 IL questions and 22 RT questions, both with a Likert scale with values of 0-9; the reliability of the instrument was validated by Cronbach's Alpha with values of .987 for AI and .992 for RT, as well as the review at the discretion of 3 experts.

Results: the data showed a non-normal distribution, applying Spearman's Rho it was determined that there is a significant relationship, establishing through Multinomial Logistic Regression that the IL of level N3 predominates, concentrating 90% of cases, reflected in the 2/3 of RT concentrated in levels Low-Medium, the regression coefficients show that the low development of IL does not lead to an advanced RT.

Conclusions: In Peru, the development of Digital Competencies, fundamentally the 3 dimensions of IL (navigate, evaluate and manage information), is similar to Spain, being that, evaluating it must have greater development to ensure that communicators can combat fake news, a level N3 would be insufficient, a review of the university curriculum and improving student training would be needed to achieve it, because being "digital natives" is not enough.

Keywords: Information literacy, reciprocal teaching, digital competences, fake news.

Аннотация

Введение: современное технологическое развитие охватывает все виды человеческой деятельности, в том числе и образование. Анализируя связь цифровых компетенций, достигнутых студентами, с методами совместного обучения, мы установили взаимосвязь между компетенциями информационной грамотности (AI) и взаимным обучением (ER) у студентов коммуникационных наук; на основе классификации компетенций IL в DigComp 2.1, связанных с навыками и отношением, способствующими ER.

Метод: исследование было анонимным, использовался цифровой вопросник со 100 вопросами AI и 22 вопросами ER, оба со шкалой Likert со значениями от 0-9; надежность инструмента была подтверждена с помощью Cronbach's Alpha со значениями .987 для AI и .992 для ER, а также проверена на основании оценки трех экспертов.

Результаты: данные продемонстрировали отсутствие нормального распределения, с помощью Rho Спирмена было определено, что существует значимая связь, установив с помощью мультиномиальной логистической регрессии, что преобладает AI уровня N3, концентрируясь в 90% случаев, что отражается в 2/3 ER, концентрирующихся в Low-Medium уровнях, коэффициенты регрессии показывают, что низкое развитие AI не приводит к продвинутому ER.

Выводы: в Перу развитие цифровых компетенций, в основе которых лежат три измерения AI (навигация, оценка и управление информацией), схоже с Испанией, хотя оно нуждается в дальнейшем развитии, чтобы коммуникаторы могли бороться с фальшивыми новостями, уровня N3 будет недостаточно, для этого необходимо пересмотреть университетскую учебную программу и улучшить подготовку студентов, поскольку быть "носителями цифровых технологий" недостаточно.

Ключевые слова: информационная грамотность, взаимное обучение, цифровые навыки, фальшивые новости.

摘要

引言: 当前的技术发展超越了所有人类活动, 例如教育。我们通过分析学生获得的数字技能的联系及应用于协作教学方法, 建立了通信科学学生的信息素养技能 (AI) 和互惠教学 (RE) 之间的关系。该关联基于 DigComp 2.1 中与 RE 提倡的技能和态度相关的 AI 能力分类。

研究方法: 本研究为匿名研究, 采用数字问卷, 包含100个AI问题和22个RE问题, 均采用李克特量表, 取值为0-9;通过 Cronbach's Alpha 验证的工具的可靠性, AI 为 0.987, RE 为 0.992。此外, 该问卷经过了 3 位专家的审评。

研究结果: 数据呈非正态分布, 应用Spearman's Rho确定存在显著关系, 通过多项Logistic回归确定N3级AI占优势, 集中了90%的案例, 体现在2/ 3 在中低水平的集中 RE 中, 回归系数表明低水平 AI 发展不会导致水平 RE。

结论: 在秘鲁, 由人工智能的 3 个维度 (浏览、评估和管理信息) 组成的数字能力的发展与西班牙相似。对其评估必须得到更大的发展, 以确保传播者能够打击假新闻。N3 水平是不够的, 仅仅成为“数字原住民”也是不够的, 因此我们需要对大学课程进行审评并改进对学生的培训。

关键词: 信息素养, 互惠教学, 数字技能, fake news.

Introducción

El desarrollo actual de la tecnología ha revolucionado la actividad humana en todos los aspectos. La Tecnología de la Información y Comunicación (TIC) se ha convertido en un recurso y una herramienta para transformar la sociedad y la forma de comunicarse, aportando al proceso de la comunicación elementos como la conectividad, cercanía, virtualidad y multiplicidad de formas (Grande et al. , 2016). También se integra a todas las actividades de la sociedad humana, al punto que la existencia y desarrollo de estos sistemas tecnológicos condicionan en la actualidad la prestación de muchos de los servicios, un ejemplo de ello son las actividades digitales en política, por depender del acceso a Internet (Espinosa, 2020).

La alfabetización digital está vinculada al desarrollo de la sociedad cuando los elementos cognitivos del aprendizaje están conectados con Internet, siendo importante desarrollar prácticas que favorezcan la solución de problemas de información y contenidos en un entorno digital (Matamala, 2018). Esto fundamenta que la AI esté cobrando importancia en lo académico debido a la necesidad de conocer la información en sus diversos aspectos, desde cómo, qué, cuándo, por qué y para qué se la requiere; la información es fundamental para todos los actores en la educación, estudiantes, docentes, maestros, especialistas y autoridades (González-Rojas & Triana-Fierro, 2018). Asimismo, el desarrollo de Internet y el avance de la tecnología propicia que la AI, también se desarrolle cuando se rompen barreras como las de tiempo y espacio, siendo aspectos que se deben aprovechar.

La Unesco (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) enfatiza que la AI está indisolublemente ligada a los derechos humanos universales; entre ellos, al acceso, a recibirla y valorarla de forma crítica; pudiendo crearla, usarla y distribuirla de la mejor manera posible (Muratova et al., 2019).

DigComp 2.1 establece 8 niveles de progreso para el conjunto de habilidades de AI que las personas desarrollan en el acceso, filtrado, evaluación y administración de la información (Carretero et al., 2017).

Se define a la competencia digital como la capacidad de los individuos, a nivel personal o profesional, para aplicar las destrezas y conocimientos de los elementos que las TIC proporcionan (Iordache et al., 2017). A nivel del individuo, la formación en aspectos sociales como la economía, la política y la empleabilidad o el entretenimiento representan una mejora significativa (Marzal & Cruz, 2018). Es importante el desarrollo de las competencias digitales, aplicada a la tecnología educativa, en actividades como el aprendizaje, la investigación, el entretenimiento, las actividades sociales y otras (Levano-Francia et al., 2019). Al mismo tiempo, permite fomentar conocimientos, actitudes y procesos, promover la comprensión de los contenidos e inspirar a los estudiantes a innovar (Marzal & Cruz, 2018).

El desarrollo tecnológico se está produciendo de una manera tan vertiginosa, en contraste del uso y gestión para el desarrollo de competencias en el ámbito educativo, que este último aún está rezagado, siendo de alta importancia que el gobierno participe activamente para reducir la brecha, promoviendo su desarrollo y popularización en todos los niveles mediante el despliegue de políticas nacionales e iniciativas del sector privado. En este contexto y con la finalidad de ofrecer una correcta toma de decisiones que busque cerrar las brechas en el desarrollo de las competencias digitales de los estudiantes, es necesario identificar y medir el nivel de avance de su autodesarrollo,

frente a las expectativas para el éxito académico, influenciado por los entornos digitales que actualmente se requieren.

Debido a la situación sanitaria actual del Covid-19 que ha afectado a muchas actividades en todos los niveles, imponiendo el aislamiento a nivel mundial, se ha observado que estudiantes de la escuela de Ciencias de la Comunicación de una universidad privada ubicada en el distrito de Los Olivos, provincia de Lima, Perú, si bien son considerados “nativos digitales”, no estarían desarrolladas sus habilidades digitales; esto indica un manejo deficiente en la comunicación, en sus habilidades para la resolución de problemas y manejo de la información utilizando la informática, dificultándose el desarrollo de sus actividades de aprendizaje. La presente investigación busca determinar la relación que existe entre las competencias digitales, específicamente en términos de AI y ER en dichos estudiantes.

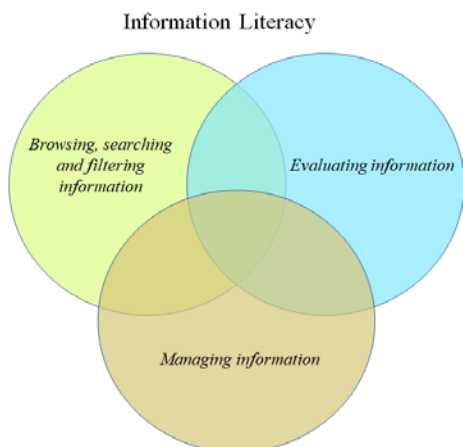
Alfabetización informacional (AI)

El término alfabetización informacional fue acuñado por Paul Zurkowski en 1974 (Abas et al., 2019). Representa a los atributos del individuo al ser capaz de localizar, reconocer, evaluar y emplear efectivamente la información requerida (Moreno-Guerrero et al., 2020). Esto, indisolublemente ligado con los derechos humanos universales, al estar relacionado con la información y el contenido, al acceso, a la capacidad de recibirla, valorarla críticamente, pudiendo crearla, usarla y distribuirla ampliamente (Muratova et al., 2019).

Se define a la AI como el grupo de habilidades que los individuos necesitan para navegar, escudriñar, filtrar, valorar críticamente y poder gestionar la información, como la DigComp 2.1 lo organiza (Carretero et al., 2017; INTEF, 2017); la Figura 1 muestra cómo se complementan las tres dimensiones para lograr esta competencia; la Tabla 1 muestra la segmentación con los ocho niveles escalonados con criterios; y la Figura 2 muestra el nivel de complejidad en la evolución del logro de las competencias.

Figura 1

Búsqueda, evaluación y administración de información de la Alfabetización Informacional



Nota. Interacción de las dimensiones de la AI para el logro de las competencias en las personas.

Tabla 1

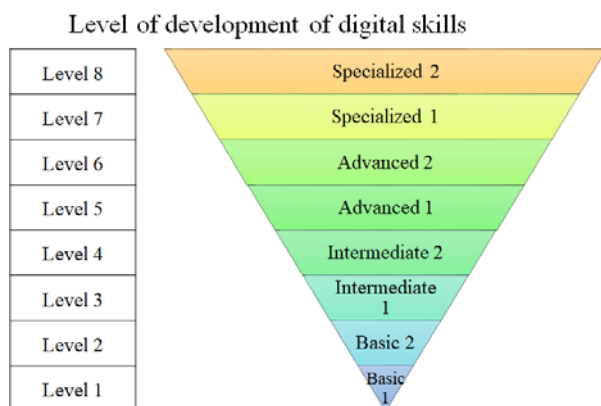
Esquema de los niveles de competencia de AI según la clasificación de DigComp 2.1.

DigComp 1.0	Dig Comp 2.1	Complejidad de las Actividades	Autonomía	Dominio cognitivo
Básico	1	Actividades sencillas	Con orientación	Recuerda
	2	Actividades sencillas	Autonomía y con orientación donde sea necesario.	Recuerda
Intermedio	3	Actividades bien definidas y rutinarias, y problemas sencillos	Por mi cuenta.	Comprende
	4	Actividades y problemas bien definidos y no rutinarios	Independiente y acorde a mis necesidades.	Comprende
Avanzado	5	Diferentes actividades y dificultades	Guiando a otros.	Aplica
	6	Actividades más complejas	Adaptable a los demás en un entorno complejo.	Evalúa
Especializado	7	Soluciona complejas dificultades con algunas limitaciones	Contribuye a la práctica profesional y orienta a otros.	Crea
	8	Soluciona complejas dificultades multifactor que interactúan	Innova procesos en el campo.	Crea

Nota. Nivel básico, intermedio, avanzado y especializado en la evolución del logro de competencias de la AI.

Figura 2

Niveles en el logro de competencias digitales de la Alfabetización Informacional.



Nota. Triangulación inversa de la evolución en el logro de niveles de Alfabetización Informacional.

La AI se compone de tres dimensiones (Carretero et al., 2017), relacionadas con el logro de habilidades que se vinculan a acceder, escudriñar, revisar y gestionar información, enfocada en las siguientes dimensiones: 1) Navegar, investigar y filtrar información: habilidad para escudriñar, reconocer, y acceder a la información necesaria; 2) Evaluar información: capacidad de analítica de comparar, valorar e interpretar la información de forma crítica, la seguridad y sensatez de los medios y; 3) Administrar la información: poder organizar, archivar, obtener y procesar la información en contextos simples o complejos.

Estas dimensiones se complementan para lograr las competencias en el procesamiento de información que ayudan a que las actividades profesionales y académicas se desarrollen. De acuerdo a la DigComp 2.1 se organizan evolutivamente en 8 niveles, desde el N1 (Básico 1) hasta el N8 (Especializado 2), pasando por intermedios de mayor complejidad hasta alcanzar el nivel superior. Evolucionando desde la búsqueda, navegación, aplicación de filtros y administración de la información mediante un guía que lo orienta; luego, realiza estos procedimientos con autonomía, manifiesta y justifica la información que necesita y demuestra cómo conectarse al contenido; al adecuar estrategias para buscar y acceder a contenidos de mayor pertinencia; en el siguiente nivel, consigue formar a otras personas para que puedan buscar, filtrar y administrar información; hasta alcanzar la capacidad para plantear y desarrollar innovaciones en la búsqueda, la aplicación de filtros y administración de la información (Carretero et al., 2017); la Figura 3 muestra el desarrollo de los niveles en las competencias de AI para navegar, buscar y aplicar filtros a la información.

Figura 3

Evolución de la navegación, búsqueda y aplicación de filtros a la información en la Alfabetización Informacional

Browsing, searching and filtering information

Level 1 (Basic 1)	With help achieve results
Level 2 (Basic 2)	With some autonomy achieves results
Level 3 (Intermediate 1)	Explains their need for information; how to access and navigate; and accurate and routine search strategies.
Level 4 (Intermediate 2)	Exposes their need for information; how to access and navigate; describes and organizes custom searches and strategies.
Level 5 (Advanced 1)	Responds to information needs, searches for information, shows how to access and navigate; and proposes personal search strategies
Level 6 (Advanced 2)	Assess information needs; adapts search strategies, explains how to access and navigate in more appropriate ways; and uses several custom search strategies.
Level 7 (Specialized 1)	It proposes solutions to complex problems that are poorly defined to navigate, search and filter information. Use your knowledge to contribute to professional knowledge and guide other people
Level 8 (Specialized 2)	It proposes solutions for complex problems with diverse factors to navigate, search and filter information. Proposes innovations to the sector

Nota. Evolución del logro en los niveles básico, intermedio, avanzado y especializado en la búsqueda y aplicación de filtros a la información en la AI.

Enseñanza recíproca (ER)

La ER surgió como un proceso de reducción de la brecha a la comprensión lectora en 1984, donde los maestros brindaban la base y las herramientas para el coaprendizaje entre pares (Boamah, 1997). En las sesiones de ER se intercambian los roles de liderazgo entre los maestros y los estudiantes, mientras los estudiantes aprenden a dirigir debates y hacer sus propias preguntas, los maestros les dan el soporte (Martínez et al., 2011). El objetivo de esta interacción es guiar a los estudiantes a personalizar e interiorizar juntos, utilizando estrategias de resolución de problemas que faciliten el aprendizaje autónomo basado en la interacción entre pares para compartir conocimientos.

El método aplicó los principios del aprendizaje activo, los alumnos fueron ayudados para tener estrategias de aprendizaje adecuadas, promoviendo el aprendizaje colaborativo, retroalimentación y reconociendo el trabajo en equipo, pactando reglas e iniciando el proceso reflexivo (Rebollo et al., 2012). El sistema colaborativo profesor-alumno permite lograr mejores resultados que hacerlo individualmente; y en cierto sentido, este método de aprendizaje está relacionado con el desarrollo mental y los reflejos cognitivos de los estudiantes (Escallón et al., 2019). Aspectos que enriquecen la ER ubicándola como un estilo de enseñanza participativo.

La ER resalta la colaboración y el diálogo en el aula, cuando se adopta un modelo de enseñanza-aprendizaje, donde la cooperación es un problema; lo que permite a los alumnos apoyarse y colaborar en todo el proceso para resolver tareas, en el análisis de documentos en grupos pequeños o discutir mutuamente el aprendizaje y responsabilizarse independientemente del éxito de las actividades.

En consecuencia, los estudiantes pueden aprender de sus compañeros a través de actividades grupales para mejorar diversas habilidades cognitivas, porque uno de los componentes clave de la inteligencia interpersonal es la capacidad de interactuar en su entorno social (Abas et al., 2019).

En este estudio se vinculan los aspectos de la ER que influyen en la mejora de las habilidades y el fomento de actitudes en los estudiantes. Se entiende por habilidad a la práctica o técnica de saber hacer algo, de forma personal, específica o examinador en situaciones difíciles (Torres, 2017). La actitud es la inclinación o predisposición a juzgar una cosa o contexto de cierta manera que transforma las creencias sobre lo mismo, motivando a la persona a actuar en pro o en contra, como resultado de su evaluación (Andrade-Valles et al., 2018).

Objetivo de la investigación

En la investigación se planteó como objetivo general el determinar si existe relación entre las variables de estudio AI y la ER en alumnos de la escuela profesional de ciencias de la comunicación. Pero en cuanto a las dimensiones establecidas, esencialmente en la AI, se adoptó un esquema de categorización por niveles, se planteó el objetivo de determinar el nivel de predominancia en sus 3 dimensiones (búsqueda, evaluación y gestión), en las actividades de la ER. En la actual coyuntura, se observa que en el proceso de enseñanza-aprendizaje, los estudiantes deben aplicar metodologías colaborativas entre compañeros, haciendo uso de los recursos tecnológicos que evolucionaron para tal fin, pero el uso de estas tecnologías requeriría un nivel de desarrollo en las competencias digitales, entre ellas, las de AI, que pretendemos establecer en el presente estudio.

Métodos

Participantes

La investigación fue de tipo básica cuantitativa, descriptivo transversal con un diseño no experimental. La muestra analizada estuvo compuesta por 249 estudiantes del programa de pregrado, entre los ciclos 6° y 7° de la escuela profesional de ciencias de la comunicación. La recolección de datos fue aleatoria e indirecta utilizando la encuesta como instrumento a través de un cuestionario digital diseñado en Google Form. El instrumento fue enviado al correo electrónico de los estudiantes con una breve descripción del objetivo del estudio y la definición operacional de las variables, incluyéndose el link del formulario para que accedan voluntariamente; para la recopilación de los datos se anonimizó la identidad de los participantes procurando la protección de sus datos personales; conforme al artículo 14 de la legislación local, no se requiere el consentimiento expreso para el tratamiento de los datos personales cuando se aplica un procedimiento de anonimización o disociación (Ley N° 29733, 2011). En concordancia a la protección de datos personales, la encuesta fue anónima y no se recopilaban los datos de edad o género al estar fuera del espectro del análisis de la presente investigación.

Instrumentos y procedimientos

El instrumento fue elaborado en 2 secciones considerando las referencias de las variables, para la AI se adaptó la lista de habilidades descritas en INTEF 2017, sobre el enfoque del profesor a las actividades de los estudiantes y los principios de DigComp 2.1 (Carretero et al., 2017), definiendo 100 preguntas con escala Likert (rango de 0 – 9, siendo 9 la calificación máxima para un desarrollo de la habilidad), que cubren las 3 dimensiones y los 8 niveles de cada dimensión (32 preguntas para la dimensión de búsqueda, 34 para la dimensión de evaluación y 34 para la dimensión de gestión); para la ER se consideró las definiciones de Abas y otros (2019) sobre las habilidades y actitudes desarrolladas por los estudiantes, estableciéndose 22 preguntas para las 2 dimensiones (10 para la dimensión de las habilidades y 12 para la dimensión de las actitudes). El instrumento de medición cumplió con criterios de fiabilidad al obtener los mismos resultados en una muestra de 30 casos siendo la validación del contenido realizada por el juicio de 3 expertos en metodología. La fiabilidad del instrumento se estableció mediante el Alfa de Cronbach obteniendo valores para la AI de .987 y para la ER de .992.

Análisis de datos

En el análisis estadístico, la prueba de Kolmogorov Smirnov permitió determinar la normalidad de los datos, con resultados para el valor de significancia de $.00 < \alpha < .05$, determinando que los datos tenían una distribución no normal y debía aplicarse estadísticos no paramétricos. En consecuencia, la correlación entre las variables de estudio se evaluó mediante el coeficiente correlacional Rho de Spearman con resultados de .372 y un valor de significancia de .00, determinándose que existe una relación significativa entre las variables de estudio. En la variable de AI, para determinar el nivel de predominancia en las dimensiones, se aplicó la prueba de Regresión Logística Multinomial (RLM), que permite analizar más de una variable con múltiples categorías

ordinales frente a una variable dependiente con resultados que se muestran en el apartado siguiente.

Resultados

En la Tabla 2 se muestra el análisis descriptivo de los datos, evidenciando que los niveles de las dimensiones de AI se aglomeran, en términos generales de la variable, en el nivel N3 con 90% de los casos y el 10% entre el nivel N4 y N5, evidenciando que existen significativos aspectos en su formación que restringirían lograr niveles superiores.

Tabla 2

Concentración de casos de Alfabetización Informacional logrado por los estudiantes universitarios.

Nivel de competencia	%	% Acumulado
N3	90%	90%
N4	1%	91%
N5	9%	100%
Total	100%	

Nota. Niveles de competencia de AI alcanzado por los estudiantes universitarios.

La Tabla 3 muestra los resultados de la ER, evidenciando que las habilidades mejoradas a través de este método, se aglomeran con 43% en el nivel Medio y ligeramente en el nivel Alto con 34%; por su lado, las actitudes promovidas se concentran con 40% en el nivel Medio y ligeramente en el nivel Alto con 38%; sin embargo, el nivel Bajo de ambas dimensiones, agrupan el 22% de los casos, lo cual muestra que, un significativo grupo de alumnos no logran evolucionar sus competencias adecuadamente.

Tabla 3

Concentración de casos relacionados al desarrollo de las actividades de Enseñanza Recíproca en los estudiantes universitarios.

Desarrollo de actividades	Habilidades	Actitudes
Bajo	22%	22%
Medio	43%	40%
Alto	34%	38%
Total	100%	100%

Nota. Niveles del desarrollo de la Enseñanza Recíproca alcanzado por los estudiantes universitarios.

La Tabla 4 muestra el cálculo de Rho de Spearman para la AI y la ER; donde el valor del coeficiente es de .372 (significancia de $p = .000$), y explica la existencia de una correlación positiva, baja pero significativa entre los aspectos indicados.

Tabla 4

Correlación Rho de Spearman entre Alfabetización Informacional y Enseñanza Recíproca de los estudiantes universitarios.

		ER
AI	Rho de Spearman	.372
	Sig. (p)	.000
	N	249

Nota. Valores de significancia y correlación entre Alfabetización Informacional y Enseñanza Recíproca de los estudiantes universitarios.

La Tabla 5 muestra la regresión de IA-Navegar en ER; la dimensión de AI para navegar, buscar y filtrar información, que prevalece en la ER es de nivel N3; los valores Sig. del cruce del nivel N3 son los más bajos (Medio= .001 y Alto= .001); los valores de B son más altos (Alto=1.686 y Medio=1.504), evidenciando que el nivel N3 tiene la mayor prevalencia; los valores de Exp(B) en el nivel Alto es 5.4 y en el Medio es 4.5, cifras que se traducen en una mayor probabilidad de que los estudiantes logren un nivel de competencias de AI de mayor escala y un nivel alto de ER en 5.4 veces; se evidencia que prevalece el nivel N3 en la AI y que los alumnos tienen menos posibilidades de mejorar su desarrollo en la ER si no logran un mayor desarrollo de la AI para la navegación.

Tabla 5

Niveles predominantes de la dimensión Navegar en la información de Alfabetización Informacional en Enseñanza Recíproca.

AI: Navegar / ER	B	Error Desv.	Sig.	Exp(B)	95% I.C. para Exp(B)		
					L. límite	U. límite	
N3	Medio	1.504	.451	.001	4.500	1.858	10.899
	Alto	1.686	.487	.001	5.400	2.080	14.022

Nota. Valores de predominancia de la dimensión Navegar en la información de Alfabetización Informacional relacionado a la Enseñanza Recíproca, de los estudiantes universitarios.

La Tabla 6 muestra la regresión de AI-Valorar críticamente la información en la ER; la dimensión de AI para valorar críticamente la información que prevalece en la ER es de nivel N3; los valores Sig del cruce del nivel N3 de la AI son los más bajos (Medio= .000 y Alto= .000) y los valores de B son los más altos (Alto=2.128 y Medio=2.079); determinando que el nivel N3 prevalece y está por debajo de las expectativas para los estudiantes de comunicación, siendo la hipótesis que el nivel N4 predominaría.

Tabla 6

Niveles de predominancia de la dimensión Valorar Críticamente la información de Alfabetización Informacional en Enseñanza Recíproca.

AI: Evaluar / ER	B	Desv Error.	Sig.	Exp(B)	95% I.C. para Exp(B)		
					L. límite	U. límite	
N3	Bajo	2.037	.614	.001	7.667	2.302	25.534
	Medio	2.079	.433	.000	8.000	3.424	18.693
	Alto	2.128	.473	.000	8.400	3.323	21.231

Nota. Valores de predominancia de la dimensión Valorar Críticamente la información de Alfabetización Informacional relacionado a la Enseñanza Recíproca, de los estudiantes universitarios.

La Tabla 7 muestra la regresión de AI-Administrar la información en la ER; la dimensión de AI para administrar la información que prevalece en la ER es de nivel N3; los valores Sig. del cruce del nivel N3 son los más bajos (Bajo= .001, Medio= .000 y Alto= .000); los valores de B son los más altos (Bajo=2.037, Medio=2.120 y Alto=2.104), evidenciando que el nivel N3 es el que prevalece; los valores de Exp(B) en el nivel Bajo es 7.7, en Medio es 8.3 y en Alto es 8.2 evidenciando que los alumnos tienen mayor probabilidad de lograr el nivel Medio en 8.3, Alto en 8.2 y Bajo en 7.7 veces; se evidencia que predomina el nivel N3 de AI y que hay una ligera tendencia hacia niveles superiores.

Tabla 7

Niveles de predominancia de la Dimensión Administrar la información de Alfabetización Informacional en Enseñanza Recíproca.

AI: Administrar / ER	B	Desv. Error	Sig.	Exp(B)	95% I.C. para Exp(B)		
					L. límite	U. límite	
N3	Bajo	2.037	.614	.001	7.667	2.302	25.534
	Medio	2.120	.432	.000	8.333	3.573	19.435
	Alto	2.104	.474	.000	8.200	3.240	20.750

Nota. Valores de predominancia de la dimensión Administrar la información de Alfabetización Informacional relacionado a la Enseñanza Recíproca, de los estudiantes universitarios.

Discusión

El desarrollo de la variable de AI logra el nivel N3 en un 90% de los casos, de igual forma, las dimensiones navegar, evaluar y gestionar información logran el nivel N3 en cada una de ellas, siendo concordante con el resultado de AI de la competencia digital docente (Moreno-Guerrero et al., 2020), donde el rendimiento global promedio de estas competencias alcanza un nivel de 3.2 y en las dimensiones alcanzan 3.3, 2.9 y 3.4, respectivamente de un valor máximo de 6.0. Esto muestra la similitud de escenarios para el desarrollo de estas competencias entre alumnos de universidades peruanas y

españolas; y que utilizando instrumentos similares (DigComp) se obtendrán patrones semejantes en la evaluación.

La dimensión evaluar Información está relacionada con la capacidad del análisis crítico del contenido; por lo que consideramos que las personas vinculadas a las Ciencias de la Comunicación deben alcanzar un mayor nivel de desarrollo en esta dimensión, en la expectativa que las principales características deben ser confiables, prevenir y luchar contra las fake news y la desinformación, y evitar su propagación en medios y redes sociales (García-Marín, 2021); pero al lograr solo el nivel N3 es evidente que no sería posible formar adecuadamente a un comunicador a partir del plan de estudios actual y contando con la sola participación de los estudiantes, sin una formación específica.

Cuando se determina que prevalece el nivel N3, en la escala establecida en la DigComp 2.1, se confirma la conclusión de la AI en la enseñanza de las ciencias naturales en modelos flexibles de educación secundaria para adultos (Cardona et al., 2021): los niveles alcanzados no guardan relación con el concepto generalizado que se tiene de los "nativos digitales", al esperar que demuestren mayor dominio, con un nivel alto en el logro de las competencias digitales, solo por estar en el rango de edad, lo que constituye un error. Se ha comprobado que para lograr este desarrollo debe hacerse a través de procesos y metodologías de enseñanza transversales a la formación profesional de los estudiantes y no se puede esperar que el desarrollo de las competencias digitales y el uso de la tecnología por parte de personas nacidas en el contexto digital surgirá de forma espontánea.

Las habilidades y actitudes mejoradas promovidas en la ER se concentran con 65.5% en los niveles medio-bajo, esto demuestra que 2/3 de los estudiantes no han explotado todo el potencial de este método, las cifras están lejos de los valores obtenidos en el modelo de instrucción recíproca y la inteligencia interpersonal en estudiante de ciencias sociales (Abas et al., 2019), donde evidencian que, fortaleciendo habilidades como la colaboración, la explicación, el análisis crítico, la síntesis y la predicción del contenido, se logra mejorar el desarrollo de la inteligencia interpersonal; también, impulsando la positiva actitud hacia la cooperación, la resolución de problemas, el liderazgo, la automotivación, las relaciones sociales y la autorregulación. La brecha de los resultados de nuestro estudio, abre la interrogante de si es la universidad la que no ha fomentado estos métodos de enseñanza-aprendizaje, o es el docente quien no lo domina, para una correcta aplicación.

Conclusiones

Se comprueba a través del análisis estadístico que la vinculación de las competencias digitales, precisamente de la AI y el método de ER es directa en el actual contexto con mayor impulso por la necesidad de utilizar la tecnología para lograr desarrollar las habilidades y actitudes colaborativas, evidenciándose que a mayor nivel de competencias en AI logrado, en las 3 dimensiones en conjunto, se logra un mayor nivel en las habilidades y actitudes de los estudiantes en las actividades del método de ER. Sin embargo, no se cumple con la expectativa del perfil esperado de los estudiantes de Ciencias de la Comunicación, relacionada al análisis de la información y la identificación de que esta es fiable, necesitándose elevar el nivel de dichas competencias a fin de lograr el nivel esperado.

La universidad debe repensar el currículo actual, planificando un nuevo desarrollo curricular que considere los últimos cambios producto de la Covid-19, como la evalua-

ción en entornos digitales, la creciente digitalización de los procesos, la mayor necesidad de mejorar las competencias digitales de todos los que interactúan en la comunidad universitaria y que el desarrollo de estas, deben ser transversales a la formación académica, resaltando la AI entre estos aspectos.

Se evidencia que la práctica del método de enseñanza-aprendizaje de ER está poco desarrollada o se hace a escalas reducidas, perdiendo el potencial de aplicarlas en las sesiones académicas. El reducido número de investigaciones publicadas en la universidad, sobre este método, refleja la poca difusión y aplicación, siendo un método novedoso en el contexto universitario local, pero que cobra relevancia en las actividades académicas en otras universidades, lo cual muestra el beneficio y potencial que puede aprovecharse.

Asimismo, la investigación permite una proximidad a la realidad local y una revisión de los ratios actuales de AI y ER en los estudiantes en Lima, Perú, y como punto de partida para futuras investigaciones de otros estudios para profundizar en el análisis del factor curricular que ayudaría a mejorar los niveles de competencias digitales, siendo algunos de ellos la AI, los recursos tecnológicos dispuestos, el nivel requerido en la competencia del docentes y la responsabilidad de las universidades frente a la evolución digital.

Referencias

- Abas, M., Solihatin, E., & Nadiroh. (2019). The effect of reciprocal instructional models and interpersonal intelligence on the student learning outcomes of social science education. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(5), 427-433.
- Andrade-Valles, I., Facio-Arciniega, S., Quiroz -Guerra, A., Alemán-de la Torre, L., Flores-Ramírez, M., & Rosales-González, M. (2018). Actitud, hábitos de estudio y rendimiento académico: Abordaje desde la teoría de la acción razonada. *Enfermería universitaria*, 15(4), 342-351. <https://doi.org/10.22201/eneo.23958421e.2018.4.533>.
- Boamah, N. A. (1997). *Reciprocal teaching of comprehension-fostering and monitoring strategies in an ESL setting in Ghana*. Ohio University.
- Cardona, P., Hernández, P., López, P., & Murcia, E. (2021). Alfabetización informacional (ALFIN) en la enseñanza de las ciencias naturales en modelos flexibles de educación media para adultos. *Ocupaciones pedagógicas en clave del desarrollo humana*, 197-213.
- Carretero, S., Vuorikari, R., & Punie, Y. (2017). DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens. With eight proficiency levels and examples of use. *Publications Office of the European Union*, 1-48.
- Escallón, E., González, B. I., Peña, P. C., & Roza, L. J. (2019). Implicaciones Educativas de las Teorías de Vygotsky: el Desarrollo de Conceptos Científicos en Estudiantes Bogotanos. *Revista Colombiana de Psicología*, 28(1), 81-98. <http://dx.doi.org/10.15446/rpc.v28n1.68020>.
- Espinosa, A. (2020). Profesores "migrantes digitales" enseñando a estudiantes "nativos digitales." *Medisur*, 15 (4), 463-473.

- García-Marín, D. (2021). Las fake news y los periodistas de la generación z. Soluciones post-millennial contra la desinformación. *Vivat Academia*, 37–63. <https://doi.org/10.15178/va.2021.154.e1324>
- González-Rojas, Y., & Triana-Fierro, D. A. (2018). Actitudes de los docentes frente a la inclusión de estudiantes con necesidades educativas especiales. *Educación y Educadores*, 21(2), 200-218. <https://doi.org/10.5294/edu.2018.21.2.2>.
- Grande, M., Cañón, R., & Cantón, I. (2016). Tecnologías de la información y la comunicación: Evolución del concepto y características. *International Journal of Educational Research and Innovation*, 6, 218–230.
- INTEF. (2017). *Marco común de Competencia Digital Docente*.
- Iordache, E., Mariën, I., & Baelden, D. (2017). Developing Digital Skills and Competences: A Quick-Scan Analysis of 13 Digital Literacy Models. *Italian Journal of Sociology of Education*, 9(1), 6-30. [10.14658/pupj-ijse-2017-1-2](https://doi.org/10.14658/pupj-ijse-2017-1-2).
- Levano-Francia, L., Sanchez Diaz, S., Guillén-Aparicio, P., Tello-Cabello, S., Herrera-Pai-co, N., & Collantes-Inga, Z. (2019). Competencias digitales y educación. *Propósitos y Representaciones*, 7(2), 569-588. <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.329>
- Martínez, E. S., Díaz, N., & Rodríguez, D. E. (2011). The Assistance Framework in Reading Comprehension Processes for University Students. *Educación y Educadores*, 14(3), 531–556. <https://doi.org/10.5294/edu.2011.14.3.5>
- Marzal, M., & Cruz, E. (2018). Gaming como Instrumento Educativo para una Educación en competencias Digitales desde los Academic Skills Centres. *Revista General de Información y Documentación*, 28(2), 489-506. <http://dx.doi.org/10.5209/RGID.60805>
- Matamala, C. (2018). Desarrollo de alfabetización digital ¿Cuáles son las estrategias de los profesores para enseñar habilidades de información? *Perfiles Educativos*, 40(162), 68-85. <https://doi.org/10.22201/issue.24486167e.2018.162.58846>
- Moreno-Guerrero, A., Miaja-Chippirraz, N., Bueno-Pedrero, A., & Borrego-Otero, L. (2020). The Information and Information Literacy Area of the Digital Teaching Competence. *Revista Electrónica Educare*, 24(3), 1-16. <https://doi.org/10.15359/ree.24-3.25>.
- Muratova, N., Grizzle, A., & Mirzakhmedova, D. (2019). *Media and Information Literacy in Journalism*. UNESCO.
- Rebollo, Á., García, R., Buzón, O., & Barragán, R. (2012). Las comunidades virtuales como potencial pedagógico para el aprendizaje colaborativo a través de las TIC. *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria de Didáctica*, 30, 105–126.
- Torres, C. M. (2017). Educación por habilidades: Perspectivas y retos para el sistema educativo. *Revista Educación*, 41(2)1–13. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/revedu.v41i2.21719>.

Reciprocal teaching influenced by information literacy levels in students of Communication Sciences

Enseñanza recíproca influenciado por los niveles de alfabetización informacional en estudiantes de Ciencias de la Comunicación

通信科学专业学生信息素养水平对互惠教学的影响

Взаимное обучение в зависимости от уровня информационной грамотности студентов коммуникационных наук

Guillermo Ocospoma

University of Cesar Vallejo
gocospoma@ucv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-4029-3920>

Doris Fuster-Guillén

National University of San Marcos
dfusterg@unmsm.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-7889-2243>

Yolvi Ocaña-Fernández

National University of San Marcos
yocanaf@unmsm.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-2566-6875>

Klinge Orlando Villalba-Condori

Continental University (Perú)
kvillalba@continental.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-8621-7942>

Dates · Fechas

Received: 2022-08-17
Accepted: 2022-11-03
Published: 2023-01-01

How to Cite this Paper · Cómo citar este trabajo

Ocospoma, G., Fuster-Guillén, D., Ocaña-Fernández, Y., & Villalba-Condori, K. O. (2023). Reciprocal teaching influenced by information literacy levels in students of Communication Sciences. *Publicaciones*, 53(2), 141–155. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26819>

Abstract

Introduction: the current technological development transcends all human activity, such as education. Analyzing the link of digital skills achieved by students, applied in collaborative teaching methods, we established the existing relationship between information literacy (IL) and reciprocal teaching (RT) skills in Communication Sciences students; based on the classification of IL competencies in DigComp 2.1, related to skills and attitudes promoted by RT.

Method: the research was anonymized, a digital questionnaire was used with 100 IL questions and 22 RT questions, both with a Likert scale with values of 0-9; the reliability of the instrument was validated by Cronbach's Alpha with values of .987 for AI and .992 for RT, as well as the review at the discretion of 3 experts.

Results: the data showed a non-normal distribution, applying Spearman's Rho it was determined that there is a significant relationship, establishing through Multinomial Logistic Regression that the IL of level N3 predominates, concentrating 90% of cases, reflected in the 2/3 of RT concentrated in levels Low-Medium, the regression coefficients show that the low development of IL does not lead to an advanced RT.

Conclusions: In Peru, the development of Digital Competencies, fundamentally the 3 dimensions of IL (navigate, evaluate and manage information), is similar to Spain, being that, evaluating it must have greater development to ensure that communicators can combat fake news, a level N3 would be insufficient, a review of the university curriculum and improving student training would be needed to achieve it, because being "digital natives" is not enough.

Keywords: Information literacy, reciprocal teaching, digital competences, *fake news*.

Resumen

Introducción: el actual desarrollo tecnológico trasciende toda actividad humana, como la educación. Analizando la vinculación de competencias digitales logradas por los estudiantes, aplicados a métodos de enseñanza colaborativos, establecimos la relación existente entre competencias de alfabetización informacional (AI) y enseñanza recíproca (ER) en estudiantes de Ciencias de Comunicación; basada en la clasificación de competencias de AI en DigComp 2.1 relacionadas con habilidades y actitudes promovidas por la ER.

Método: la investigación fue anonimizada, se utilizó un cuestionario digital con 100 preguntas de AI y 22 preguntas de ER, ambas con escala de Likert con valores de 0-9; la fiabilidad del instrumento validado mediante Alfa de Cronbach con valores de .987 para AI y .992 para ER, así como la revisión a juicio de 3 expertos.

Resultados: los datos mostraron una distribución no normal, aplicando Rho de Spearman se determinó que existe relación significativa, estableciendo mediante Regresión Logística Multinomial que la AI de nivel N3 predomina, concentrando el 90% de casos, reflejado en los 2/3 de ER concentrados en niveles Bajo-Medio, los coeficientes de regresión evidencian que el bajo desarrollo de AI no conducen a un ER avanzado.

Conclusiones: en Perú, el desarrollo de las Competencias Digitales, fundamentalmente las 3 dimensiones de AI (navegar, evaluar y gestionar información), es semejante a España, siendo que, evaluarla debe tener mayor desarrollo para lograr que los comunicadores puedan combatir las fake news, un nivel N3 sería insuficiente, se necesitaría una revisión de la curricula universitaria y mejorar la formación estudiantil para lograrlo, porque ser "nativos digitales" no basta.

Palabras clave: Alfabetización informacional, enseñanza recíproca, competencias digitales, *fake news*.

Аннотация

Введение: современное технологическое развитие охватывает все виды человеческой деятельности, в том числе и образование. Анализируя связь цифровых компетенций, достигнутых студентами, с методами совместного обучения, мы установили взаимосвязь между компетенциями информационной грамотности (AI) и взаимным обучением (ER) у студентов коммуникационных наук; на основе классификации компетенций IL в DigComp 2.1, связанных с навыками и отношением, способствующими ER.

Метод: исследование было анонимным, использовался цифровой вопросник со 100 вопросами AI и 22 вопросами ER, оба со шкалой Likert со значениями от 0-9; надежность инструмента была подтверждена с помощью Cronbach's Alpha со значениями .987 для AI и .992 для ER, а также проверена на основании оценки трех экспертов.

Результаты: данные продемонстрировали отсутствие нормального распределения, с помощью Rho Спирмена было определено, что существует значимая связь, установив с помощью мультиномиальной логистической регрессии, что преобладает AI уровня N3, концентрируясь в 90% случаев, что отражается в 2/3 ER, концентрирующихся в Low-Medium уровнях, коэффициенты регрессии показывают, что низкое развитие AI не приводит к продвинутому ER.

Выводы: в Перу развитие цифровых компетенций, в основе которых лежат три измерения AI (навигация, оценка и управление информацией), схоже с Испанией, хотя оно нуждается в дальнейшем развитии, чтобы коммуникаторы могли бороться с фальшивыми новостями, уровня N3 будет недостаточно, для этого необходимо пересмотреть университетскую учебную программу и улучшить подготовку студентов, поскольку быть "носителями цифровых технологий" недостаточно.

Ключевые слова: информационная грамотность, взаимное обучение, цифровые навыки, фальшивые новости.

摘要

引言:当前的技术发展超越了所有人类活动,例如教育。我们通过分析学生获得的数字技能的联系及应用于协作教学方法,建立了通信科学学生的信息素养技能(AI)和互惠教学(RE)之间的关系。该关联基于 DigComp 2.1 中与 RE 提倡的技能和态度相关的 AI 能力分类。

研究方法:本研究为匿名研究,采用数字问卷,包含100个AI问题和22个RE问题,均采用李克特量表,取值为0-9;通过 Cronbach's Alpha 验证的工具的可靠性,AI 为 0.987,RE 为 0.992。此外,该问卷经过了3位专家的审评。

研究结果:数据呈非正态分布,应用Spearman's Rho确定存在显著关系,通过多项Logistic回归确定N3级AI占优势,集中了90%的案例,体现在2/3在中低水平的集中 RE 中,回归系数表明低水平 AI 发展不会导致水平 RE。

结论:在秘鲁,由人工智能的3个维度(浏览、评估和管理信息)组成的数字能力的发展与西班牙相似。对其评估必须得到更大的发展,以确保传播者能够打击假新闻。N3 水平是不够的,仅仅成为“数字原住民”也是不够的,因此我们需要对大学课程进行审评并改进对学生的培训。

关键词:信息素养,互惠教学,数字技能,fake news.

Introduction

The current development of technology has revolutionized human activity in every respect. Information and Communication Technology (ICT) has become a resource and a tool to transform society and the way people communicate, contributing to the communication process elements such as connectivity, closeness, virtuality and a variety of ways (Grande et al., 2016). It also integrates into all the activities of human society, to an extent that the existence and development of these technological systems currently condition the provision of many services, an example of this are the digital activities in politics, as they depend on Internet access (Espinosa, 2020).

IL is linked to the development of society when the cognitive elements of learning are connected to Internet, and it is important to develop practices that favor the solution of information problems and contents in a digital environment (Matamala, 2018). This supports that IL is growing in importance in the academia due to the need to be aware of the information in its various aspects, from the how, what, when, why and for what it is required; information is essential to all the agents in education, students, educators, teachers, specialists and authorities (González-Rojas & Triana-Fierro, 2018). The development of Internet and the progress of technology also favors the development of IL when barriers such as those of time and space as broken, and are aspects that must be leveraged.

The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Unesco) emphasizes that IL is indissolubly linked to universal human rights, including the access, and to receive and evaluate it in a critical manner, being able to create, use and distribute it in the best possible way (Muratova et al., 2019).

DigComp 2.1 establishes eight levels of progress for the IL skillset that people develop in the access, filtering, evaluation and management of information (Carretero et al., 2017).

Digital competence is defined as the personal or professional capability of individuals to apply the skills and knowledge of the elements provided by the ICT (Iordache et al., 2017). At the individual level, the training in social aspects such as economy, politics and employability or entertainment represents a significant improvement (Marzal & Cruz, 2018). It is important to develop digital competences applied to educational technology in activities such as learning, research, entertaining, social and other activities (Levano-Francia et al., 2019). At the same time, this allows fostering knowledge, attitudes and processes, to promote the understanding of contents and inspire students to innovate (Marzal & Cruz, 2018).

The development of technology is taking place at such a dizzying pace, in contrast with its use and management for the development of educational competences, that the latter still falls behind, and it is of utmost importance that the government has an active participation in bridging the gap, promoting its development and popularization at all levels by deploying nationwide policies and private sector initiatives. In this context and in order to offer an appropriate decision-making intended to close the gaps in the development of the digital competences of the students, it is necessary to identify and measure the level of progress of its self-development, faced with the expectations for academic success, influenced by the digital environments currently required.

Due to the current health situation created by Covid-19 that has affected many activities at all levels, imposing a global confinement, it has been noted that, although the students of the School of Communication Science of a private university located in Los

Olivos district, Lima province, Peru are considered “digital natives”, their digital skills would not be developed; and this indicates a poor management in communication, in their skills for solving problems and handle information using computer technology, making it difficult to develop their learning activities. The purpose of this research is to determine the relationship existing between digital competences, specifically in terms of IL and RT, among those students.

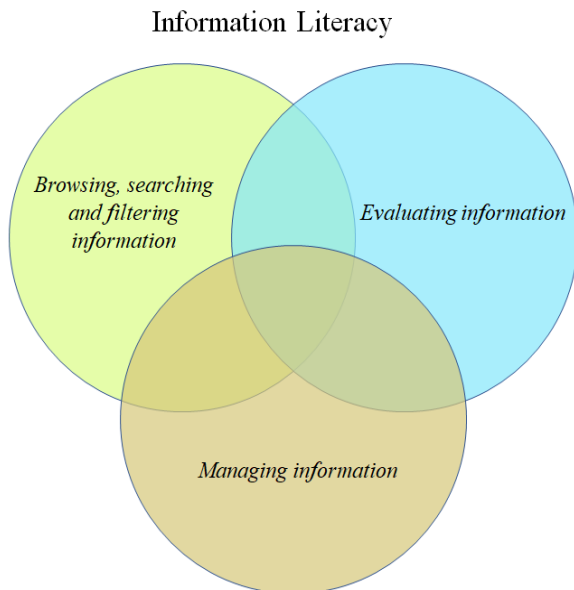
Information literacy (IL)

The term information literacy was coined by Paul Zurkowski in 1974 (Abas et al., 2019). It represents the attributes of an individual who is able to locate, recognize, evaluate and effectively use the required information (Moreno-Guerrero et al., 2020). This is indissolubly linked to the universal human rights, as it is related to information and content, the access, the capability to receive and evaluate it in a critical manner, being able to create, use and widely distribute it (Muratova et al., 2019).

IL is defined as the skillset required by the individuals to browse, scrutinize, filter, critically evaluate and be able to manage the information, as organized by DigComp 2.1 (Carretero et al., 2017; INTEF, 2017); Figure 1 shows how the three dimensions supplement each other to achieve this competence; Table 1 shows the segmentation with the eight staggered levels with criteria; and Figure 2 shows the level of complexity in the evolution of the achievement of competences.

Figure 1

Search, evaluation and management of information in Information Literacy (IL)



Note. Interaction of IL dimensions for the achievement of competences in people.

Table 1

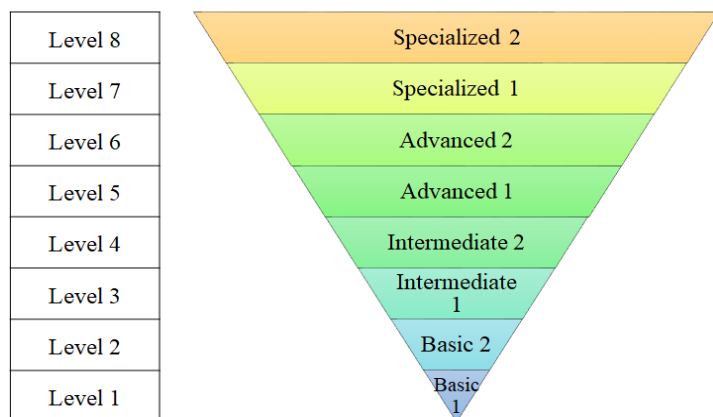
Diagram of IL competence levels as per DigComp 2.1. classification

DigComp 1.0	Dig Comp 2.1	Complexity of the Activities	Autonomy	Cognitive Mastery
Basic	1	Simple activities	With guidance	Remembers
	2	Simple activities	Autonomy and with guidance when needed	Remembers
Intermediate	3	Well-defined and routine activities and simple problems	On my own	Understands
	4	Activities and well-defined and non-routine problems	Independent and based on my needs	Understands
Advanced	5	Different activities and various difficulty levels	Guiding others	Applies
	6	More complex activities	Adaptable to others in a complex environment	Evaluates
Specialized	7	Resolves complex difficulties with some limitations	Contributes to professional practice and guides others	Creates
	8	Solves multi-factor complex difficulties that interact	Innovates processes in the field	Creates

Note. Basic, intermediate, advanced and specialized level in the evolution of the achievement of IL competences.

Figure 2

Levels in the achievement of IL digital competences



Note. Reverse triangulation of the evolution in the achievement of IL levels

IL is composed of three dimensions (Carretero et al., 2017) related to the achievement of skills linked to accessing, scrutinizing, reviewing and managing the information, focused on the following dimensions: 1) browse, research and filter information: ability to scrutinize, recognize and access the required information; 2) evaluate the information: analytic capability to compare, evaluate and interpret the information in a critical manner, safety and good sense of the media and; 3) manage information: be able to organize, file, obtain and process the information in simple or complex contexts.

These dimensions supplement each other to achieve competences in the processing of information that help to develop professional and academic activities. According to DigComp 2.1, they are organized in eight evolutionary levels, from N1 (Basic 1) through N8 (Specialized 2), going through intermediate levels of greater complexity until reaching a higher level. Evolving from the search, browsing, application of filters and management of information through a guide; then, the person performs these procedures autonomously, expresses and justifies the information he/she needs and shows how to connect to the content; by adapting strategies to search and access more pertinent contents; at the next level, he/she manages to train other people so they can search, filter and manage information; until reaching the capability to propose and develop innovations in the search, the application of filters and management of information (Carretero et al., 2017); Figure 3 shows the development of the levels of IL competences to browse, search and apply filters to the information.

Figure 3

Evolution of browsing, search and application of filters to information in IL

Browsing, searching and filtering information

Level 1 (Basic 1)	With help achieve results
Level 2 (Basic 2)	With some autonomy achieves results
Level 3 (Intermediate 1)	Explains their need for information; how to access and navigate; and accurate and routine search strategies.
Level 4 (Intermediate 2)	Exposes their need for information; how to access and navigate; describes and organizes custom searches and strategies.
Level 5 (Advanced 1)	Responds to information needs, searches for information, shows how to access and navigate; and proposes personal search strategies
Level 6 (Advanced 2)	Assess information needs; adapts search strategies, explains how to access and navigate in more appropriate ways; and uses several custom search strategies.
Level 7 (Specialized 1)	It proposes solutions to complex problems that are poorly defined to navigate, search and filter information. Use your knowledge to contribute to professional knowledge and guide other people
Level 8 (Specialized 2)	It proposes solutions for complex problems with diverse factors to navigate, search and filter information. Proposes innovations to the sector

Note. Evolution of the achievement at the basic, intermediate, advanced and specialized levels in the search and application of filters to information in IL

Reciprocal teaching (RT)

RT emerged as a reduction process of the gap in reading comprehension in 1984, where teachers provided the basis and the tools for the co-learning between peers (Boamah, 1997). In RT sessions, the leadership roles are exchanged between teachers and students, while the students learn to lead debates and raise their own questions, teachers provide them with support (Martínez et al., 2011). The purpose of this interaction is to guide the students to personalize and internalize together, using problem-solving strategies that facilitate the autonomous learning based on the interaction between peers, to share knowledge.

The method applied the principles of active learning, the students received help to have appropriate learning strategies that promote collaborative learning, feedback and recognize teamwork, agreeing rules and starting the reflective process (Rebollo et al., 2012). The teacher-student collaborative system allows achieving better results than doing it on an individual basis; and, to a certain extent, this learning method is related to the mental development and the cognitive reflexes of the students (Escallón et al., 2019). These aspects enrich the RT and characterize it as a participatory teaching style.

RT highlights the collaboration and dialogue in the classroom, when a teaching-learning model is adopted and where cooperation is a problem; this allows the students to support each other and collaborate throughout the process to solve assignments, in the analysis of documents in small groups or to mutually discuss the learning and take responsibility regardless of the success of the activities.

Consequently, the students can learn from their classmates through group activities to improve various cognitive skills, because one of the key components of interpersonal intelligence is the capability of interacting in one's social environment (Abas et al., 2019).

This study links the aspects of RT that influence the improvement of skills and the fostering of attitudes among the students. Ability is understood as the practice or technique to know how to do something in a personal, specific manner or as an examiner in difficult situations (Torres, 2017). Attitude is the inclination or predisposition to judge something or a context in a certain manner that transforms the beliefs about it, motivating the person to act in favor or against as a result of his/her evaluation (Andrade-Valles et al., 2018).

Purpose of the research

The general objective of the research is to determine if there is a relationship between the variables of the IL study and RT among the students of the professional school of communication science. But, with regard to the established dimensions, essentially in the IL, a tiered categorization scheme was adopted, the objective of determining the level of predominance in its three dimensions (search, evaluation and management) was proposed in RT activities. In the current situation, the students must apply collaborative methodologies between classmates, making use of the technology resources that evolved for that purpose, but the use of these technologies would require a level of development in digital competences, including those of IL, which we intend to establish in this study.

Methods

Participants

This was a cross-cutting descriptive research of a basic quantitative nature with a non-experimental design. The analyzed sample was composed of 249 students of the undergraduate program between the 6th and 7th term of the professional school of communication science. Data were collected in a random, indirect manner, using a survey as instrument through a digital questionnaire designed at Google Form. The instrument was emailed to the students with a brief description of the purpose of the study and the operational definition of the variables, including the link of the form so that they accessed voluntarily; the identity of the participants was anonymized for the gathering of the data, trying to protect their personal data; pursuant to article 14 of the local legislation, no express consent is required for processing personal data when an anonymization or dissociation procedure is applied (Law No. 29733, 2011). In accordance with personal data protection, this was an anonymous survey and no data on age or gender were collected as this was outside the range of analysis of this research.

Instruments and procedures

The instrument was prepared in two sections, including the references of the variables. The list of skills described in INTEF 2017 was adapted for IL, regarding the professor's approach to the activities of the students and the principles of DigComp 2.1 (Carrettero et al., 2017), defining 100 questions with a Likert scale (a range of 0 – 9, 9 being the highest score for the development of the skill), which cover the three dimensions and the eight levels of each dimension (32 questions for the search dimension, 34 for the evaluation dimension and 34 for the management dimension); the definitions of Abas et al. (2019) on the skills and attitudes developed by the students were taken into account for RT, establishing 22 questions for the two dimensions (10 for the skills dimension and 12 for the attitudes dimension). The measuring instrument met the reliability criteria by obtaining the same results in a sample of 30 cases, while the content was validated by three methodology experts. The reliability of the instrument was established using Cronbach's Alpha and obtaining values of .987 for IL and .992 for RT.

Data analysis

The Kolmogorov-Smirnov test used in the statistical analysis allowed determining the normality of the data, with results from $.00 < p < .05$ for the significance value, determining that the data did not have a normal distribution and those non-parametric statistics had to be applied. Consequently, the correlation between the studied variables was evaluated using Spearman's Rho correlation coefficient, obtaining results of .372 and a significance value of .00, determining the existence of a significant relationship between the studied variables. To determine the predominance level in the dimensions, the Multinomial Logistic Regression test was applied in the IL variable, because it allows analyzing more than one variable with multiple ordinal categories against a dependent variable whose results are shown in the following section.

Results

Table 2 shows the descriptive analysis of the data, evidencing that the levels of the IL dimensions generally group at level N3 with 90% of cases and 10% between levels N4 and N5, evidencing the existence of significant aspects that would restrict achieving higher levels.

Table 2

Concentration of IL cases achieved by the university students

Competence level	%	% Accumulated
N3	90%	90%
N4	1%	91%
N5	9%	100%
Total	100%	

Note. IL competence levels reached by the university students

Table 3 shows the results of RT, evidencing that 43% of the skills improved using this method group at the Medium level and 34% lightly group at the High level; 40% of the promoted attitudes focus on the Middle level and 38% lightly group at the High level; however, 22% of the cases group at the Low level of both dimensions, which shows that a significant group of students are not able to evolve their competences properly.

Table 3

Concentration of cases related to the development of RT activities among the university students

Development of activities	Skills	Attitudes
Low	22%	22%
Medium	43%	40%
High	34%	38%
Total	100%	100%

Note. RT development levels reached by the university students

Table 4 shows the calculation of Spearman's Rho for IL and RT, where the value of the coefficient is .372 (significance of $p = .000$) and explains the existence of a low but significant positive correlation between the aforementioned aspects.

Table 4

Spearman's Rho correlation between IL and RT of the university students

		RT
IL	Spearman's Rho	.372
	Sig. (p)	.000
	N	249

Note. Significance values and correlation between IL and RT of the university students.

Table 5 shows the IL regression-Browse in RT; the IL dimension to browse, search and filter information that prevails in RT corresponds to level N3; the Sign. values of the crossing of level N3 are the lowest ones (Medium = .001 and High = .001); the values of B are higher (Higher = 1.686 and Medium = 1.504), evidencing that level N3 has the highest prevalence; the value of Exp(B) at the High level is 5.4 and at the Medium level is 4.5, these figures result in a higher probability that the students achieve a higher scale of IL competence level and a higher level of RT by 5.4 times; this evidences that level N3 prevails in IL and that the students have less possibilities of improving their development in RT if they do not achieve a higher development of IL for browsing.

Table 5

Predominance levels of the Browsing dimension in IL information in RT

IL: Browse / RT	B	Dev. Error	Sig.	Exp(B)	95% CI for Exp(B)		
					L. limit	U. limit	
N3	Medium	1.504	.451	.001	4.500	1.858	10.899
	High	1.686	.487	.001	5.400	2.080	14.022

Note. Predominance values of the Browsing dimension in the IL information related to RT of the university students

Table 6 shows the IL regression-Critical evaluation of information in RT; the IL dimension to critically value the information that prevails in the RT corresponds to level N3; the Sig values of the crossing of level N3 of IL are the lowest ones (Medium = .000 and High $\alpha = .000$) and the values of B are the highest ones (High = 2.128 and Medium = 2.079); determining that level N3 prevails and is below the expectations for communication students, while the hypothesis is that level N4 would predominate.

Table 6

Predominance levels of the dimension to Critically Evaluate the IL information in RT.

IL: Evaluate / RT		B	Dev. Error	Sig.	Exp(B)	95% CI for Exp(B)	
						L. limit	U. limit
N3	Low	2.037	.614	.001	7.667	2.302	25.534
	Medium	2.079	.433	.000	8.000	3.424	18.693
	High	2.128	.473	.000	8.400	3.323	21.231

Note. Predominance values of the dimension to Critically Evaluate the IL information related to RT of the university students.

Table 7 shows the IL regression-Manage the information in RT; the IL dimension to manage the information that prevails in RT corresponds to level N3; the Sig. values of the crossing of level N3 are the lowest ones (Low = .001, Medium = .000 and High = .000); the values of B are the highest ones (Low = 2.037, Medium = 2.120 and High = 2.104), evidencing that level N3 prevails; the value of Exp(B) at the Low level is 7.7, at the Medium level is 8.3 and at the High level is 8.2, evidencing that the students are more likely to achieve the Medium level at 8.3, the High level at 8.2 and the Low level at 7.7 times; evidencing that IL level N3 prevails and that there is a slight trend toward higher levels.

Table 7

Predominance level of the dimension of Managing the IL information in RT

IL: Manage / RT		B	Dev. Error	Sig.	Exp(B)	95% CI for Exp(B)	
						L. limit	U. limit
N3	Low	2.037	.614	.001	7.667	2.302	25.534
	Medium	2.120	.432	.000	8.333	3.573	19.435
	High	2.104	.474	.000	8.200	3.240	20.750

Note. Predominance values of the dimension of Managing the IL information related to RT of the university students

Discussion

The development of the IL variable achieves level N3 in 90% of the cases, the browse, evaluate and manage information dimensions achieve level N3 in each one of them, and this is consistent with the IL result of the teaching digital competence (Moreno-Guerrero et al., 2020), where the average global performance of these competences reaches a level of 3.2 and of 3.3, 2.9 and 3.4 in the dimensions, respectively, of a maximum value of 6.0. This shows the similarity of scenarios for the development of these competences between students of Peruvian and Spanish universities, and that

using similar instruments (DigComp) will allow obtaining similar patterns in the evaluation.

The evaluate information dimension is related to the capability of conducting a critical analysis of the content; hence, we think that people related to communication science must reach a higher level of development in this dimension, in the expectation that the main characteristics must be reliable, prevent and fight *fake news* and disinformation, and prevent their spreading in media and social networks (García-Marín, 2021); but it is evident that by only achieving level N3 it would not be possible to properly train a communicator based on the current curriculum and counting on the sole participation of the students, without a specific training.

When it has been determined that level N3 prevails on the scale established in Dig-Comp 2.1, this confirms the conclusion of IL in the teaching of natural sciences in flexible high school education models for adults (Cardona et al., 2021): the levels reached are not consistent with the generalized concept we have of the "digital natives", by expecting that they show greater mastery, with a high level in the achievement of digital competences, just for belonging to the age range, which is a mistake. It has been corroborated that this development must be achieved through cross-cutting teaching processes and methodologies for the professional training of the students and it cannot be expected that the development of digital competences and the use of technology by people born in the digital context will emerge spontaneously.

Sixty-five point five percent (65.5%) of the improved skills and attitudes promoted in RT focus on medium low levels, this proves that two-thirds of the students have not tapped all the potential of this method, the figures are far from the values obtained in the RT model and the interpersonal intelligence among social science students (Abas et al., 2019), where it is evidenced that strengthening skills such as collaboration, explanation, critical analysis, synthesis and content prediction makes it possible to improve the development of interpersonal intelligence; as well as by promoting a positive attitude toward cooperation, problem-solving, leadership, self-motivation, social relations and self-regulation. The gap in the results of our study poses the question of whether it is the university that has not promoted these teaching-learning methods or it is the educator who does not master it for an appropriate application.

Conclusions

It has been proven through statistical analysis that there is a more direct linking of digital competences, precisely of IL and the RT method, in the current context due to the need for using technology to develop skills and collaborative attitudes, and it has been evidenced that the higher the level of IL competences achieved in the three dimensions altogether, the higher level is achieved in the skills and attitudes of the students in the activities of the RT method. However, the expectation of the profile of communication science students in relation to the analysis of the information and the identification of its reliability is not met, and it is necessary to upgrade the level of those competences in order to achieve the expected level.

The university must rethink the existing curriculum, planning a new curricular development that includes the latest changes resulting from Covid-19, and the evaluation in digital environments, the growing digitization of the processes, the greater need for improving the digital competences of all those who interact in the university com-

munity and that their development must be transversal to all the aspects of academic training, highlighting the IL among these aspects.

It has been evidenced that the practice of the RT learning-teaching method is underdeveloped or is applied on reduced scales, wasting the potential of applying it in the academic sessions. The reduced number of research papers published by the university on this method reflects the scarce communication and application, since it is an innovative method in the local university context, but it is gaining relevance in academic activities at other universities, which shows the benefit and potential that can be leveraged.

The research also allows to approach the local reality and to review the current IL and RT ratios among the students of Lima, Peru, and as a starting point for future investigations of other studies to deepen the analysis of the curricular factor that would help to improve the levels of digital competences, some of them being the IL, the available technology resources, the required level in the competence of the educators and the responsibility of the universities with regard to the digital evolution.

References

- Abas, M., Solihatin, E., & Nadiroh. (2019). The effect of reciprocal instructional models and interpersonal intelligence on the student learning outcomes of social science education. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(5), 427–433.
- Andrade-Valles, I., Facio-Arciniega, S., Quiroz -Guerra, A., Alemán-de la Torre, L., Flores-Ramírez, M., & Rosales-González, M. (2018). Actitud, hábitos de estudio y rendimiento académico: Abordaje desde la teoría de la acción razonada (Attitude, studying habits and academic performance: Approach from the theory of reasoned action). *Enfermería universitaria*, 15(4), 342-351. <https://doi.org/10.22201/eneo.23958421e.2018.4.533>.
- Boamah, N. A. (1997). *Reciprocal teaching of comprehension-fostering and monitoring strategies in an ESL setting in Ghana*. Ohio University.
- Cardona, P., Hernández, P., López, P., & Murcia, E. (2021). Alfabetización informacional (ALFIN) en la enseñanza de las ciencias naturales en modelos flexibles de educación media para adultos. (Information literacy in the teaching of natural sciences in flexible high school education models for adults) *Ocupaciones pedagógicas en clave del desarrollo humana*, 197-213.
- Carretero, S., Vuorikari, R., & Punie, Y. (2017). DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens. With eight proficiency levels and examples of use. *Publications Office of the European Union*, 1–48.
- Escallón, E., González, B. I., Peña, P. C., & Roza, L. J. (2019). Implicaciones Educativas de las Teorías de Vygotsky: el Desarrollo de Conceptos Científicos en Estudiantes Bogotanos (Educational implications of Vygotsky's Theories: the Development of Scientific Concepts among the Students of Bogotá). *Revista Colombiana de Psicología*, 28(1), 81–98. <http://dx.doi.org/10.15446/rcp.v28n1.68020>.
- Espinosa, A. (2020). Profesores “migrantes digitales” enseñando a estudiantes “nativos digitales” (“Digital migrant” educators teaching “digital native” students). *Medisur*, 15 (4), 463–473.

- García-Marín, D. (2021). Las fake news y los periodistas de la generación z. Soluciones post-milennial contra la desinformación (Fake news and generation Z journalists. Post-millennial solutions against disinformation). *Vivat Academia*, 37–63. <https://doi.org/10.15178/va.2021.154.e1324>
- González-Rojas, Y., & Triana-Fierro, D. A. (2018). Actitudes de los docentes frente a la inclusión de estudiantes con necesidades educativas especiales (Attitudes of educators regarding the inclusion of students with special educational needs). *Educación y Educadores*, 21(2), 200-218. <https://doi.org/10.5294/edu.2018.21.2.2>.
- Grande, M., Cañón, R., & Cantón, I. (2016). Tecnologías de la información y la comunicación: Evolución del concepto y características (Information and communication technologies: Evolution of the concept and characteristics). *International Journal of Educational Research and Innovation*, 6, 218–230.
- INTEF. (2017). *Marco común de Competencia Digital Docente (Common Digital Competence Framework for Teachers)*.
- Iordache, E., Mariën, I., & Baelden, D. (2017). Developing Digital Skills and Competences: A Quick-Scan Analysis of 13 Digital Literacy Models. *Italian Journal of Sociology of Education*, 9(1), 6-30. [10.14658/pupj-ijse-2017-1-2](https://doi.org/10.14658/pupj-ijse-2017-1-2).
- Levano-Francia, L., Sánchez Díaz, S., Guillén-Aparicio, P., Tello-Cabello, S., Herrera-Paico, N., & Collantes-Inga, Z. (2019). Competencias digitales y educación (Digital competences and education). *Propósitos y Representaciones*, 7(2), 569-588. <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.329>
- Martínez, E. S., Díaz, N., & Rodríguez, D. E. (2011). The Assistance Framework in Reading Comprehension Processes for University Students. *Educación y Educadores*, 14(3), 531–556. <https://doi.org/10.5294/edu.2011.14.3.5>
- Marzal, M., & Cruz, E. (2018). Gaming como Instrumento Educativo para una Educación en Competencias Digitales desde los Academic Skills Centres (Gaming as Educational Instrument for an Education in Digital Competences from the Academic Skills Centres). *Revista General de Información y Documentación*, 28(2), 489-506. <http://dx.doi.org/10.5209/RGID.60805>
- Matamala, C. (2018). Desarrollo de alfabetización digital ¿Cuáles son las estrategias de los profesores para enseñar habilidades de información? (Development of digital literacy. Which are the strategies of educators to teach information skills?) *Perfiles Educativos*, 40(162), 68-85. <https://doi.org/10.22201/iiisue.24486167e.2018.162.58846>
- Moreno-Guerrero, A., Miaja-Chippirraz, N., Bueno-Pedrero, A., & Borrego-Otero, L. (2020). The Information and Information Literacy Area of the Digital Teaching Competence. *Revista Electrónica Educare*, 24(3), 1-16. <https://doi.org/10.15359/ree.24-3.25>.
- Muratova, N., Grizzle, A., & Mirzakhmedova, D. (2019). *Media and Information Literacy in Journalism*. UNESCO.
- Rebollo, Á., García, R., Buzón, O., & Barragán, R. (2012). Las comunidades virtuales como potencial pedagógico para el aprendizaje colaborativo a través de las TIC (Virtual communities as teaching potential for collaborative learning using ICTs). *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria de Didáctica*, 30, 105–126.
- Torres, C. M. (2017). Educación por habilidades: Perspectivas y retos para el sistema educativo (Education by skills: Prospects and challenges for the educational system). *Revista Educación*, 41(2)1–13. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/revedu.v41i2.21719>.

Preferencias por estudiar carreras STEM en estudiantes de secundaria de Arequipa (Perú)

Preferences for studying STEM careers among high school students in Arequipa (Peru)

Arequipa (秘魯) 高中生学习 STEM 专业的偏好

Предпочтения в изучении профессий в области STEM среди учащихся средней школы в Арекипе (Перу)

Iván Montes-Iturrizaga

Universidad María Auxiliadora (Perú)
imontes@uc.cl
<https://orcid.org/0000-0002-9411-4716>

Eduardo Franco-Chalco

Universidad María Auxiliadora (Perú)
efranco1@uc.cl
<https://orcid.org/0000-0002-7465-2365>

Klinge Orlando Villalba-Condori

Universidad Continental
kvillalba@continental.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-8621-7942>

Fechas · Dates

Recibido: 2022-10-02
Aceptado: 2022-11-26
Publicado: 2023-01-01

Cómo citar este trabajo · How to Cite this Paper

Montes-Iturrizaga, I., Franco-Chalco, E., & Villalba-Condori, K. O. (2023). Preferencias por estudiar carreras STEM en estudiantes de secundaria de Arequipa (Perú). *Publicaciones*, 53(2), 157–170. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26824>

Resumen

Se realizó una investigación para determinar las preferencias vocacionales de 1159 estudiantes (764 varones y 392 mujeres) de los dos últimos años de secundaria en la provincia de Arequipa (Perú) a la luz de variables sociodemográficas y familiares. El énfasis se dirigió a las carreras STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) con la intención de conocer su distribución específica por áreas de conocimiento. Los resultados más relevantes muestran la existencia de una predilección por las titulaciones de ingeniería y las ciencias naturales no merecieron preferencias significativas. En este panorama, se encontró que los hombres mostraron más interés por las ingenierías en comparación con las mujeres. Sin embargo, no hubo diferencias en la preferencia por las carreras de ciencias naturales entre hombres y mujeres. Además, los estudiantes de escuelas parroquiales son más propensos a preferir las titulaciones de ciencias naturales frente a otras titulaciones. Estos hallazgos se discuten desde una perspectiva epistemológica basada en el realismo crítico, que propone -entre otros aspectos- la relevancia trascendental de las ciencias naturales y las matemáticas para el desarrollo sostenido, pertinente y armónico de la ingeniería.

Palabras clave: preferencias vocacionales, desarrollo tecnológico, desarrollo científico, epistemología realista, planificación científica.

Abstract

An investigation was carried out to determine the vocational preferences of 1159 students (764 males and 392 females) in the last two years of secondary school in the province of Arequipa (Peru) in the light of sociodemographic and family variables. The emphasis was directed to STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) degrees and with the intention of knowing their specific distribution by areas of knowledge. The most relevant results show the existence of a preference for engineering degrees and where natural sciences did not merit significant preferences. In this scenario, it was found that men showed more interest in engineering compared to women. However, there was no difference in preference for natural science degrees between males and females. In addition, parochial school students are more likely to prefer natural science degrees over other degrees. These findings are discussed from an epistemological perspective based on critical realism, which proposes -among other aspects- the transcendental relevance of natural sciences and mathematics for the sustained, relevant and harmonious development of engineering.

Keywords: vocational preferences, technological development, scientific development, realistic epistemology, scientific planning.

Аннотация

Было проведено исследование для определения профессиональных предпочтений 1159 учащихся (764 юношей и 392 девушек) последних двух лет средней школы в провинции Арекипа (Перу) в свете социально-демографических и семейных переменных. Основное внимание было уделено профессиям STEM (наука, технологии, инженерия и математика) с целью выяснить их конкретное распределение по областям знаний. Наиболее значимые результаты показывают наличие пристрастия к инженерным степеням, а естественные науки не заслужили значительных предпочтений. На этом примере было обнаружено, что мужчины проявляют больший интерес к инженерному делу по сравнению с женщинами. Однако не было никакой разницы в предпочтении степеней в области естественных наук между мужчинами и женщинами. Кроме того, учащиеся церковно-приходских школ чаще отдают предпочтение степеням в области

естественных наук, чем другим степеням. Эти выводы обсуждаются с эпистемологической точки зрения, основанной на критическом реализме, который предлагает - среди прочих аспектов - трансцендентальную значимость естественных наук и математики для устойчивого, актуального и гармоничного развития инженерии.

Ключевые слова: профессиональные предпочтения, технологическое развитие, научное развитие, реалистическая эпистемология, научное планирование.

摘要

我们根据社会人口和家庭变量进行了一项调查,以确定阿雷基帕省(秘鲁)中学最后两年的 1159 名学生(764 名男性和 392 名女性)的专业偏好。研究重点为 STEM 专业(科学、技术、工程和数学),目的是了解其在知识领域的具体分布。最相关的结果表明,对工程学位和自然科学的偏好并不值得明显偏好。在这种情况下,人们发现男性与女性相比对工程学表现出更大的兴趣。然而,男性和女性对自然科学专业的偏好没有差异。此外,教会学校的学生更喜欢自然科学学位而不是其他学位。除其他方面外,这些发现是从基于批判现实主义的认识论角度讨论的,它提出了自然科学和数学对工程持续、相关和和谐发展的重要相关性。

关键词:职业偏好、技术发展、科学发展、现实认识论、科学规划。

Introducción

Desde la creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) en 1981, se han desarrollado importantes procesos de promoción a la luz de fondos concursables, acceso a bibliotecas especializadas y espacios de formación. Sin embargo, a partir de la promulgación de la nueva Ley Universitaria N°30220 del 2014, se construyó un sistema de licenciamiento institucional (universidades) que considera la producción científica, la existencia de investigadores calificados ante el Registro Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (García Meza, 2019) y condiciones especiales (bonificaciones y reducción de la carga docente) para todos los académicos involucrados en el ámbito científico y tecnológico. En este contexto, el país ha logrado relacionar la investigación y el desarrollo universitario en un sistema de implicaciones; y donde el no sostenimiento de la producción científica o del número requerido de investigadores (entre otras condiciones o estándares de calidad) se acompaña de medidas como el cierre de universidades (suspensión de la licencia) (García Meza, 2019).

Lo anterior ha llevado a un incremento de la producción científica nacional. Así, hemos pasado de un puñado de universidades (32 de 143) con investigación (en cantidades superiores a cero) a 95 universidades con producción científica en franco crecimiento (Cervantes et al., 2019). En cualquier caso, estos indicadores (exitosos y favorables, por cierto) nos llevan a pensar que en el renovado esquema de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) se ha prestado especial interés a los estudios tecnológicos y a la innovación (sobre todo industrial y medioambiental) en detrimento de la propia ciencia (Montes-Iturrizaga, 2002, 2016). Además, y a la vista de que esta denominación integradora para entender la ciencia y la tecnología (I+D o R+D) se utiliza para estudiar la inversión de las administraciones (PIB en ciencia y tecnología) y la producción (artículos publicados), es difícil determinar qué es realmente la ciencia, la tecnología y la ingeniería. Este hecho ya fue advertido hace muchas décadas por Bunge (2014a, 2014b), Montes-Iturrizaga (2002, 2016).

Además, el fondo gubernamental que financia la investigación en Perú desde hace 35 años ha apostado más por las propuestas en el campo de la ingeniería. Cabe mencionar también que, la propia Ley Universitaria, en varios de sus artículos, confunde la investigación tecnológica y las incubadoras de empresas con la investigación básica. Lo preocupante aquí es el apoyo casi imperceptible a las ciencias naturales y a las matemáticas bajo prejuicios utilitaristas que sólo dan valor a los campos que resuelven problemas prácticos, cuando las ciencias se ocupan principalmente, en primera instancia, de problemas cognitivos (Montes-Iturrizaga, 2014a). Podría añadirse que, en esta serie de confusiones, la ciencia es mal juzgada desde el punto de vista de las tecnologías y, por lo tanto, es subestimada por no resolver directamente problemas prácticos (Bunge, 2014a; Montes-Iturrizaga, 2000).

En alusión a lo anterior, podría pensarse que los recursos naturales son poco conocidos y, en cierta medida, perjudicados, ya que no se consideran relevantes para el desarrollo del negocio de la empresa (Lagos Figueroa, 2017; Lucena & Lee, 1995; Agencia Nacional de Investigación e Innovación, 2017). Por lo tanto, detrás de estas decisiones vemos que se ignoran las relaciones y la importancia trascendental de las ciencias naturales para el desarrollo de tecnologías e innovaciones orientadas a resolver problemas específicos. Sin unas ciencias naturales debidamente consolidadas en un país, seremos cognitivamente dependientes de la ciencia de otras latitudes. Y, lo que es peor, el propio desarrollo tecnológico a todos los niveles se vería perjudicado al no disponer de un conocimiento riguroso para poder construir sus respuestas a los distintos retos (Bunge, 2014a).

Por lo tanto, este problema explicaría la falta de interés por el estudio de las ciencias naturales (física, química o biología) y las ciencias formales (principalmente las matemáticas) en América Latina, Estados Unidos y la mayor parte de Europa. Probablemente estemos ante un problema global que ha puesto en jaque a las citadas ciencias. Sin embargo, los países desarrollados han resuelto parcialmente este problema gracias al alto prestigio de sus universidades, que atraen a miles de estudiantes de países como India, China y América Latina en general para estudiar en campos como la física, las matemáticas o la química (Ganguli & Gaulé, 2018; Gaulé & Piacentini, 2013; Okahana & Zhou, 2019). Así, por ejemplo, al menos dos tercios (aproximadamente) de los científicos estadounidenses (física, química y biología) nacieron fuera de Estados Unidos; son principalmente estudiantes de posgrado que decidieron no regresar a sus países de origen (Ganguli & Gaulé, 2018).

Por otro lado, cabe mencionar que en este estudio se reconoce la importancia trascendental de las tecnologías e ingenierías para el desarrollo social y de la propia ciencia (Lucena & Lee, 1995; Valencia Giraldo, 2004). Este hecho es innegable y es loable el gran interés por las carreras STEM; donde lo preocupante es el escaso interés por las ciencias naturales y las matemáticas. Se trata de un fenómeno muy complejo presente en muchos países como España (Solbes et al., 2007), Estados Unidos (Widener, 2019; Grobart, 2013; Jiang et al., 2018; Manalansan et al., 2020), Inglaterra (Higgins & Pethica, 2014) o Francia (Powell & Dusdal, 2017); y que merecería enfoques metodológicos cualitativos interesados en conocer las influencias familiares, escolares y sociales, así como las de los organismos encargados de promover la ciencia y la tecnología en el país.

Esto se suma a otros problemas como el escaso interés de las mujeres por estudiar carreras STEM, los estereotipos de género en casa frente a estas inclinaciones y el convencimiento de muchos jóvenes de que la elección de la carrera debe hacerse por la supuesta expectativa de retribución económica (tasa de retorno) y no por una ver-

dadera vocación (Cai et al., 2017; García-Holgado et al., 2019; Hamilton et al., 2016; Montes-Iturrizaga & Franco-Chalco, 2021a, 2021b).

Diversos estudios han constatado que los jóvenes (80%) se enfrentan a la situación de elegir una carrera técnica, tecnológica o universitaria al terminar la secundaria o el bachillerato (80%). Así, esta decisión estaría basada en un análisis (superficial o profundo) en el que los padres suelen jugar un papel importante en términos de apoyo o resistencia (Montes-Iturrizaga, 2013, 2014b; Montes-Iturrizaga & Franco-Chalco, 2021b). En todo caso, el mayor número de jóvenes que terminan el bachillerato y que no trabajan ni estudian es mayor en las zonas rurales (13.9% frente a 18.2% en las zonas urbanas). En Arequipa, encontramos que esta región tiene la tercera tasa de participación en la educación superior más alta del Perú (38.4%) (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2019).

Asimismo, cabe señalar que las preferencias están en cierta medida estructuradas por los énfasis productivos, las tradiciones laborales y la oferta de trabajo existente (Grupo Propuesta Ciudadana, 2018; Montes-Iturrizaga & Franco-Chalco, 2021b; Nolazco & Figueroa, 2015). Así, y, por ejemplo, en la ciudad de Arequipa (donde se ha desarrollado este estudio), destacan la agroindustria, los servicios públicos, la construcción y la actividad minera. Además, las demás regiones adyacentes a la de Arequipa también cuentan con minas (extranjeras) de gran importancia en el PIB local. En todo caso, este último despliegue productivo (la minería) genera una gran oferta de puestos de trabajo de manera directa y a través de empresas contratistas estaría asociado al marcado interés por las carreras de ingeniería (Grupo Propuesta Ciudadana, 2018; Hoyos et al., 2019; Nolazco & Figueroa, 2015).

En este escenario, sería de esperar que este interés por las titulaciones tecnológicas fuera acompañado de su respectiva cuota de titulaciones identificadas con las ciencias naturales y formales. Sin embargo, cabe mencionar que la psicología escolar asume que es saludable que cada joven pueda solicitar una plaza universitaria en la titulación que realmente prefiera y sin condicionamientos asociados a los supuestos ingresos económicos o a la tasa de retorno una vez obtenida la titulación. Además, y en relación con lo anterior, se considera importante transmitir a los alumnos la idea de que para trabajar en una determinada titulación y tener éxito (social y económico) es necesario ser bueno en lo que se hace; y, por tanto, es raro encontrar a alguien así en una titulación que no despierte más interés que el monetario.

Por ello, desde una perspectiva preocupada por la realización personal de los futuros profesionales, es necesario promover decisiones libres, sin prejuicios, estereotipos y reduccionismos económicos (Montes-Iturrizaga, 2013, 2014b, 2014c; Montes-Iturrizaga & Franco-Chalco, 2021b; Tovar, 2015; Santa Cruz, 2020). En esta tarea, se ha encontrado que los padres suelen presionar a sus hijos para que abandonen su verdadera vocación y estudien carreras consideradas que garantizan mayores salarios (Montes-Iturrizaga & Franco-Chalco, 2021a). En resumen y teniendo en cuenta los estilos familiares autoritarios aún presentes en las familias peruanas, es probable que las carreras científicas (biología, matemáticas, física y química) sean la mejor opción (Avolio et al., 2018; Santa Cruz, 2020; Mackenzie, 2016; Toche, 2017; Comisión Económica para América Latina y el Caribe, s.f.).

Hemos identificado una serie de investigaciones relacionadas con las preferencias por las carreras de ciencias naturales y matemáticas en los jóvenes que están a punto de terminar el bachillerato. Estos estudios, que se presentan en primer lugar y que coinciden con el presentado en este trabajo, corresponden -en su mayoría- a los campos

de la psicología, la sociología y la antropología. Los otros estudios son de carácter más sociodemográfico y nos ofrecen una visión cuantitativa de las cifras gubernamentales sobre el número de postulantes en los registros estadísticos de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU).

En relación con lo anterior, tenemos que una variable principal que juega un papel importante en la forma en que las personas eligen carreras es el género. De esta manera, los estereotipos se hacen evidentes y juegan un papel relevante en las inclinaciones, preferencias y elecciones concretas que asumen hombres y mujeres. Estas investigaciones se proyectan en dos trabajos recientemente publicados en la región Arequipa donde se encontró la existencia de estereotipos de género que alejarían a las mujeres de las carreras STEM en general, la resistencia de los padres y las motivaciones basadas en intereses económicos, especialmente entre los hombres de los colegios estatales o públicos (Montes-Iturrizaga & Franco-Chalco, 2021a, 2021b).

En el espectro latinoamericano y norteamericano, otros estudios nos hablan del desinterés por las carreras científicas y tecnológicas en general y especialmente entre las mujeres, que prefieren las carreras de ciencias sociales y humanas, quizás por los estereotipos, las presiones familiares y la influencia de la comunicación social (Basco et al, 2019; Caballero Wangüemert, 2016; García-Holgado et al., 2019; Comunidad Mujer, 2017; Martínez Méndez, 2015; Prieto-Echagüe, 2020; Sánchez Jasso et al., 2016; Vázquez-Alonso & Manassero-Mas, 2016).

En este contexto, el propósito de esta investigación es conocer las preferencias vocacionales respecto a las carreras STEM; y desde una perspectiva de género distinguir las preferencias vocacionales hacia las ciencias naturales, las ingenierías y otras carreras.

Métodos

Se diseñó y aplicó una encuesta anónima para explorar las preferencias vocacionales a la luz de variables personales, familiares y sociodemográficas a 1155 estudiantes (66% varones) de los dos últimos años de educación secundaria (4° y 5°) de la provincia de Arequipa. Este cuestionario se aplicó en colegios urbanos (públicos y privados) bajo consentimiento informado otorgado por los directores y alumnos de los colegios; por lo tanto, los sujetos respondieron libremente y con conocimiento previo de los propósitos de este estudio. Cabe señalar que en este estudio (enmarcado en una serie de publicaciones realizadas este año) hemos utilizado algunos ítems como: género (masculino y femenino); tipo de institución educativa (pública, privada y parroquial); y preferencias vocacionales (¿Qué carrera estudiarías si tuvieras la “total libertad” de elegir?).

En concreto, este cuestionario contemplaba preguntas de respuesta corta (por ejemplo, ¿Cuál es la carrera que te gustaría estudiar si tuvieras total libertad para elegir? o ¿A qué carrera te presentarías realmente?) que se codificaban en ciencias naturales, ingeniería y otras carreras. Las demás preguntas eran preguntas cerradas como el género, el tipo de escuela, el año de estudio y si sus padres (mamá y papá por separado) estaban de acuerdo o no con sus auténticas preferencias vocacionales (“carrera soñada”).

Es importante señalar que la intención de este estudio era llegar a todos los colegios de la provincia de Arequipa. Por ello, se enviaron cartas formales solicitando las au-

torizaciones respectivas. En este caso, cada colegio que aceptó participar recibió un informe global sobre las preferencias de sus alumnos y las posibles tensiones de los padres respecto a determinadas profesiones.

El test tiene una validez teórica y de contenido determinada mediante un sistema de validación de jueces. Asimismo, y dado que esta prueba no incluye ítems aditivos, no es posible determinar la fiabilidad desde el punto de vista estadístico.

En cuanto a los análisis estadísticos, se estimaron los estadísticos descriptivos relativos a las frecuencias y los porcentajes del grado de preferencia. Asimismo, para comprobar la asociación entre la titulación preferida con el sexo y el tipo de centro educativo, se estimaron dos estadísticos chi-cuadrado. Por último, se estimó un modelo de regresión logística multinomial para determinar las probabilidades de elegir una titulación de ciencias naturales o una ingeniería frente a otras titulaciones, las variables predictoras fueron el sexo y el tipo de centro educativo. Los análisis estadísticos se realizaron con el software SPSS para Windows ® en su versión 26.0, y R versión 4.1.0.

Resultados

Los primeros resultados generales (Tabla 1) muestran que la mayoría de las preferencias son las titulaciones de ingeniería (18 especialidades) con un 33.1% (n = 384). También es elocuente que sólo el 1.6% (n = 18) se interesó por las titulaciones de ciencias naturales como biología, física, química, geología y otras. Además, cabe mencionar que ninguno de los estudiantes que participaron en el estudio manifestó su preferencia por la licenciatura en matemáticas, que se imparte en la universidad pública de la provincia (Universidad Nacional de San Agustín) sin costo alguno, dado el precepto de gratuidad de estas instituciones públicas. Por último, es importante señalar que en la categoría "otras titulaciones" hemos agrupado casi 60 de las áreas de ciencias sociales, ciencias humanas, ciencias de la salud, fuerzas armadas y policiales, artes y carreras técnicas como mecánica, electricidad y carpintería.

Tabla 1

Titulaciones preferidas por los jóvenes de la muestra

Carreras	f	%
Ciencias Naturales	18	1.6
Ingeniería	384	33.1
Otras titulaciones	757	65.3

La Tabla 2 muestra la prueba de asociación entre la variable sexo y las titulaciones profesionales. Se percibe claramente que los hombres muestran una mayor predilección por las ciencias naturales y las ingenierías (siendo esto más notorio en las primeras). En la agrupación que hicimos en torno a "otras titulaciones", predominan las ciencias sociales y las ciencias humanas, que en cierta medida son campos mayormente preferidos por las mujeres y por ello su predominio (80.1%), siendo estos resultados estadísticamente significativos ($\chi^2 = 57.34$, $df = 2$, $p < .001$).

Tabla 2

Titulaciones preferidas por los jóvenes de la muestra según la variable sexo

	Hombres		Mujeres	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
Ciencias Naturales	15	2.0	3	.8
Ingeniería	308	40.3	75	19.1
Otras titulaciones	441	57.7	314	80.1

La Tabla 3 muestra la asociación entre el tipo de centro educativo y las categorías de titulación generadas teniendo en cuenta las preferencias vocacionales. Las titulaciones de ciencias naturales se prefieren en mayor medida en los centros educativos privados y parroquiales. Esta misma tendencia se proyecta también a las titulaciones de ingeniería. El caso contrario se observa en la categoría “otras titulaciones” donde los estudiantes de centros públicos se orientan más. Estos resultados fueron estadísticamente significativos ($\chi^2 = 11.37$, $df = 4$, $p = .023$).

Tabla 3

Titulaciones preferidas por los jóvenes de la muestra según el tipo de centro educativo

	Público		Privado		Parroquial	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
Ciencias Naturales	4	.7	4	2.0	10	2.7
Ingeniería	117	30.4	71	34.6	135	35.5
Otras titulaciones	402	69.0	130	63.4	225	60.8

En la Tabla 4 se muestra el modelo logístico que predice las probabilidades de estudiar una licenciatura en ciencias naturales y una ingeniería frente a otras titulaciones por sexo y tipo de centro educativo. Para las titulaciones de ciencias naturales sólo hay una diferencia estadísticamente significativa entre los colegios públicos y los colegios parroquiales, los estudiantes de colegios parroquiales tienen 3.55 más probabilidades de estudiar una titulación de ciencias naturales que otras titulaciones ($b = 1.27$, $OR = 3.55$, $z = 2.07$, $p = .038$); no hay otras diferencias entre los colegios públicos frente a los privados, ni tampoco por sexo. Por otro lado, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las probabilidades de soñar con estudiar una ingeniería entre hombres y mujeres. Las mujeres tienen un 66% menos de probabilidades de soñar con estudiar una ingeniería que los hombres ($b = 1.09$, $OR = .34$, $z = -7.10$, $p < .001$). No hubo otras diferencias entre el tipo de escuela para estas titulaciones.

Tabla 4

Modelo de regresión logística multinomial que predice las probabilidades de estudiar una titulación de ciencias naturales e ingeniería frente a otras titulaciones por sexo y tipo de centro educativo

	Ciencias naturales vs otras				Ingeniería vs otras			
	<i>b</i>	<i>OR</i>	<i>z</i>	<i>P</i>	<i>b</i>	<i>OR</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
Intercepto	-4.20	.02	-7.71	< .001	-.38	.68	-3.52	< .001
Sexo (Hombres vs. Mujeres)	-.96	.38	-1.47	.140	-1.09	.34	-7.10	< .001
Tipo de Escuela (Pública vs. Privada)	.91	2.48	1.25	.211	-.02	.98	.11	.917
Tipo de Escuela (Pública vs. Parroquial)	1.27	3.55	2.07	.038	.06	1.06	.39	.696

Discusión

Los resultados muestran la escasa predilección por las carreras de ciencias naturales (y matemáticas) en una amplia muestra de estudiantes que están por egresar de la educación secundaria en la provincia de Arequipa. Asimismo, estos hallazgos son preocupantes si pretendemos lograr un desarrollo armónico de la ciencia y la tecnología en un territorio específico (provincia, región o país) (Bunge, 2014a, 2014b; Montes-Iturrizaga & Franco-Chalco, 2021b). Pues, como se ha señalado en las páginas anteriores, nos parece valioso el interés por la ingeniería, pero es alarmante la posibilidad de no contar con científicos que puedan apoyar las tecnologías.

En cualquier caso, no tenemos un parámetro o estándar que nos diga cuántos científicos naturales y matemáticos se requieren en cada país o estado subnacional, salvo las tendencias que nos hablan de un equilibrio entre científicos e ingenieros, como en Inglaterra, donde hay más científicos que ingenieros (Montgomery et al., 2014).

Por otro lado, nuestro estudio sigue mostrando una débil preferencia de las mujeres por las carreras de ciencias e ingeniería, lo que nos indica que aún existen prejuicios, autoexclusión y segregación sexista en estas disciplinas; hecho que se repite en la mayor parte de América Latina (Tovar, 2015; Santa Cruz, 2020; Mackenzie, 2016; Cantero Riveros, 2016; García-Holgado et al., 2019; Prieto-echagüe, 2020). Asimismo, en cuanto al tipo de escuela, vemos que la científica es preferida en mayor medida por quienes asisten a escuelas privadas y parroquiales (las mismas que tienen una pensión o pago menor) en comparación con quienes asisten a instituciones públicas. Tal vez, dado que quienes asisten a escuelas públicas provienen de familias con menos recursos, pueden preferir carreras con mayores posibilidades de obtener un trabajo estable en el sector estatal, como las ciencias humanas y sociales.

Sin embargo, para futuras investigaciones, será necesario explorar desde perspectivas cualitativas (entrevistas, grupos de discusión e historias de vida) los pensamientos, creencias y estereotipos que podrían estar detrás de la baja preferencia por las ciencias naturales y las matemáticas. Finalmente, destacamos las significativas pre-

ferencias por las carreras de ingeniería en Arequipa, las cuales son esenciales para el desarrollo económico y social en todo sentido (Nolazco & Figueroa, 2015).

Esto último no se cuestiona desde ningún punto de vista y es probable que estas elecciones se desencadenen por el auge de las vocaciones productivas arequipeñas (minería, construcción, industria y manufactura en general) y la acción favorable del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) (Grupo Propuesta Ciudadana, 2018; Montes-Iturrizaga & Franco-Chalco, 2021b). En este escenario, no se han realizado acciones decididas y equilibradas para las ciencias naturales (y las matemáticas). En este contexto, es probable que las ferias de ciencias (a nivel escolar) que tienen lugar en otros escenarios puedan servir de aporte para el país (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2018; Oppliger et al., 2019; García-Holgado et al., 2020). Quizás, y esto es solo una hipótesis explicativa, la escasa comprensión de lo que es la ciencia y su confusión con la tecnología podrían ser pistas importantes para dilucidar los problemas encontrados (Montes-Iturrizaga, 2002; Montes-Iturrizaga, 2016).

Finalmente, esta investigación nos remite a una compleja problemática asociada a la baja participación de las mujeres en las carreras STEM, que pasa necesariamente por abordar la desigualdad de género que se proyecta desde las familias, el sistema educativo y la sociedad (Tovar, 2015; Santa Cruz, 2020; Mackenzie, 2016; Villalba-Condori et al., 2018).

Referencias

- Agencia Nacional de Investigación e Innovación. (2017). *Claves para el desarrollo: más mujeres en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM)*. <https://www.anii.org.uy/upcms/files/listado-documentos/documentos/doc-stem-1-.pdf>
- Avolio, B., Chávez, J., Vílchez-Román, C., & Pezo, G. (2018). *Factores que influyen en el ingreso, participación y desarrollo de las mujeres en carreras vinculadas a la ciencia, tecnología e innovación*. Pontificia Universidad Católica del Perú y Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES). https://cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/factores_que_influyen_en_el_ingreso_participacion_y_desarrollo_de_las_mujeres_en_carreras_vinculadas_a_la_cti_0.pdf
- Basco, A. I., Lavena, C., & Chicas en Tecnología. (2019). *Un potencial con barreras: La participación de las mujeres en el área de Ciencia y Tecnología en Argentina*. BID. <https://publications.iadb.org/es/un-potencial-con-barreras-la-participacion-de-las-mujeres-en-el-area-de-ciencia-y-tecnologia-en>
- Bunge, M. (2014a). *Memorias: Entre dos mundos*. Editorial Gedisa.
- Bunge, M. (2014b). *Parte A: Ciencias Sociales Básicas*. En *Las Ciencias Sociales en discusión: Una perspectiva filosófica*. Penguin Random House Grupo Editorial.
- Caballero Wangüemert, M. (2016). Mujeres de ciencia: El caso del consejo superior de investigaciones científicas. *Arbor*, 192(778). <https://doi.org/10.3989/arbor.2016.778n2003>
- Cai, Z., Fan, X., & Du, J. (2017). Gender and attitudes toward technology use: A meta-analysis. *Computers & Education*, 105(2017), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.11.003>
- Cantero Riveros, B. (2016). *Inclusión del género en la enseñanza de las ciencias*. [Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona]. <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/385843/bcr1de1.pdf?sequence=1>

- Cervantes, L., Bermúdez, L., & Pulido, V. (2019). Situación de la investigación y su desarrollo en el Perú: reflejo del estado actual de la universidad peruana. *Pensamiento y Gestión*, 46, 311–322. <https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/pensamiento/articulo/view/11774>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (n.d.). *Familia y políticas públicas en América Latina: Una historia de desencuentros* (I. Arraigada (ed.)). División de Desarrollo Social de la CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2509/S0700488_es.pdf
- Comunidad Mujer. (2017). Mujer y trabajo: Brecha de género en STEM, la ausencia de mujeres en Ingeniería y Matemáticas. *Serie Comunidad Mujer*, (42), 1–15. <http://www.comunidadmujer.cl/biblioteca-publicaciones/wp-content/uploads/2017/12/BOLETIN-42-DIC-2017-url-enero-2018.pdf>
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. (2018). *Libro Verde Ferias de la Ciencia*. FECYT. <https://www.fecyt.es/es/publicacion/libro-verde-de-las-ferias-de-ciencia>
- Ganguli, I., & Gaulé, P. (2018). *Will the U.S. keep the best the brightest (as Post-docs)? Career and location preference of foreign STEM PhDs*. En NBER Working Papers Series (Working Paper 24838). <http://www.nber.org/papers/w24838>
- García-Holgado, A., Camacho Díaz, A., & García-Peñalvo, F. J. (2019). La brecha de género en el sector STEM en América Latina: una propuesta europea. *Cinaic*, 704–709. <https://doi.org/10.26754/cinaic.2019.0143>
- García-Holgado, A., Deco, C., Bedregal-Alpaca, N., Bender, C., & Villalba-Condori, K.O. (2020). *Perception of the gender gap in computer engineering studies: a comparative study in Peru and Argentina*. IEEE Global Engineering Education Conference (EDU-CON). <https://ieeexplore.ieee.org/document/9125224>
- García Meza, O. (2019). Registro necesario. *Enfoque Semanal*, 2–4. http://cdn02.pucp.education/biblioteca/2019/10/14171706/puntoedu_renacyt.pdf
- Gaulé, P., & Piacentini, M. (2013). Chinese graduate students U.S. scientific productivity. *The Review of Economics and Statistics*, 95(2), 698–701. https://doi.org/https://doi.org/10.1162/REST_a_00283
- Grobart, F. (2013). Ciencia y tecnología en estados Unidos: crisis sistémico-estructural en los cimientos del capitalismo monopolista transnacionalizado. *Economía y Desarrollo*, 149(1), 117–138. <http://www.econdesarrollo.uh.cu/index.php/RED/article/view/260>
- Grupo Propuesta Ciudadana. (2018). *Región Arequipa: ingresos y gastos generados por concepto de canon y regalías mineras*. <http://propuestaciudadana.org.pe/wp-content/uploads/2018/02/Regi%23U00f3n-Arequipa-ingresos-y-gastos-generados-por-concepto-de-canon-y-regalías-mineras.pdf>
- Hamilton, M., Luxton-Reilly, A., Augar, N., Chiprianov, V., Gutierrez, E. C., Duarte, E. V., Hu, H. H., Ittype, S., Pearce, J. L., Oudshoorn, M., & Wong, E. (2016). *Gender equity in computing: International faculty perceptions & current practices* [Conference]. ITICSE '16: Proceedings of the 2016 ITICSE Working Group Reports, New York, United States. <https://doi.org/10.1145/3024906.3024911>
- Higgins, D., & Pethica, J. (2014). *A picture of the UK scientific workforce. Diversity data analysis for the Royal Society. Summary report*. The Royal Society. https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/projects/leading-way-diversity/picture-uk-scientific-workforce/070314-diversity-report.pdf

- Hoyos, D., Aguinaga, V., Carranza, V., Ramírez, D., Valdivia, F., & Abanto, C. (2019). *Anuario Minero 2019 Perú*. Ministerio de Energía y Minas del Perú. <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/1424993-anuario-minero-2019>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). Perú: *Indicadores de Educación por Departamentos, 2008-2018*. INEI. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecurso/publicaciones_digitales/Est/Lib1680/libro.pdf
- Jiang, S., Schenke, K., Eccles, J. S., Xu, D., & Warschauer, M. (2018). Cross-national comparison of gender differences in the enrollment in and completion of science, technology, engineering, and mathematics Massive Open Online Courses. *PLoS ONE*, 13(9), 6–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202463>
- Lagos Figueroa, J. (2017). El papel de la física en la formación profesional del ingeniero. *Revista Lumen Gentium*, 1(1), 91–96. <https://doi.org/10.52525/lg.v1n1a9>
- Lucena, J., & Lee, G. (1995). Haciendo científicos e ingenieros para propósitos nacionales en USA: desde la guerra fría hasta la competitividad económica. *Historia Crítica*, (10), 29–38. <https://doi.org/https://doi.org/10.7440/histcrit10.1995.02>
- Mackenzie, V. (2016). *Comunicación, género y profesión: la incidencia de mujeres sobre varones en la especialidad de "comunicación para el desarrollo" en la Pontificia Universidad Católica del Perú* [Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7188>
- Manalansan, E. B. R., Fogata, M. A., & Rogayan, D. J. V. (2020). Exploring Prospective Teachers' Reasons for Choosing General Science as a Specialization. *Journal of Science Learning*, 3(3), 149–155. <https://doi.org/10.17509/jsl.v3i3.23493>
- Martínez Méndez, K. I. (2015). *Tienen sexo las profesiones. Hombres y mujeres en profesiones femeninas y masculinas, el caso de los enfermeros y las ingenieras mecánicas electricistas* [Tesis de Doctorado, Colegio de San Luis]. <http://biblio.colsan.edu.mx/tesis/MartinezMendezKarlaIrene.pdf>
- Montes-Iturrizaga, I. (7 de diciembre de 2002). *Importancia del juicio de pares y el cumplimiento de estándares para las decisiones evaluadoras de los proyectos de investigación en CyT* [Conferencia]. I Encuentro de Investigadores En Sistemas Informáticos y En Sistemas de Control, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Montes-Iturrizaga, I. (2013, March 16). Sobre la orientación vocacional. *Diario El Comercio*.
- Montes-Iturrizaga, I. (2014a). Apreciaciones en torno a la propuesta de nueva Ley Universitaria. *Revista Signo Educativo*, XIII(227), 26–28.
- Montes-Iturrizaga, I. (2014b, February 14). ¿Cómo decidir una carrera con responsabilidad? *La República*.
- Montes-Iturrizaga, I. (2014c). ¿Cómo decidir una carrera con responsabilidad? *Revista Signo Educativo*, XXIII(225), 28.
- Montes-Iturrizaga, I. (15 – 19 de noviembre de 2016). *Derechos humanos de los investigadores científicos: una propuesta desde la epistemología realista* [Conferencia]. Congreso Mundial de Juventudes Científicas, Lima, Perú. <https://www.fissnet.org/jfiss/>
- Montes-Iturrizaga, I., & Franco-Chalco, E. (2021a). *Attitudes towards the choice of a professional career: a study in secondary education students from peru* [Conference].

- 13th annual International Conference on Education and New Learning Technologies. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2021.1725>
- Montes-Iturrizaga, I., & Franco-Chalco, E. (2021b). *Women's preferences towards stem majors in Peru: a study from social stereotypes and parental resistance* [Conference]. 15th International Technology, Education and Development Conference. <https://doi.org/10.21125/inted.2021.1820>
- Montgomery, J., Nurse, P., Thomas, D. J., Tildesley, D., & Tooke, J. (2014). *The culture of scientific research in the UK*. Nuffield Council on Bioethics. <https://www.nuffield-bioethics.org/assets/pdfs/The-culture-of-scientific-research-report.pdf>
- Nolazco, J. L., & Figueroa, T. (2015). *Impacto de la dinámica en la industria minera sobre el desarrollo regional de Arequipa: Un análisis de género*. [Proyecto Breve (PB) Arequipa A1-T4]. Consorcio de Investigación Económica y Social. https://cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/informe_final_pb_nolazco_y_figueroa.pdf
- Okahana, H., & Zhou, E. (2019). *International Graduate Applications and Enrollment Fall 2018*. Council of Graduate Schools. <https://cgsnet.org/Data-Insights/>
- Oppliger, L. V., Nuñez, P., y Gelcich, S. (2019). Ferias Científicas como Escenarios de Motivación e Interés por la Ciencia en Estudiantes Chilenos de Educación Media de la Región Metropolitana. *Información Tecnológica*, 30(6), 289–300. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600289>
- Powell, J., & Dusdal, J. (2017). Science Production in Germany, France, Belgium, and Luxembourg: Comparing the Contributions of Research Universities and Institutes to Science, Technology, Engineering, Mathematics, and Health. *Minerva*, 55, 413–434. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11024-017-9327-z>
- Prieto-Echagüe, V. (2020). Desigualdad de género en las carreras STEM en el Uruguay. Construyendo cultura y registros: la experiencia en Institut Pasteur de Montevideo con In Mujeres (Uruguay). *Revista Cuestiones de género: de la igualdad y la diferencia*, (15), 143–163. <http://revpubli.unileon.es/ojs/index.php/cuestiones-degenero/article/view/6171>
- Santa Cruz, M. K. (2020). *Estereotipo de género frente a las carreras universitarias en estudiantes de una universidad privada de lima metropolitana* [Tesis de Bachiller, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio Institucional de la Universidad San Ignacio de Loyola. <https://repositorio.usil.edu.pe/items/ce36017f-f89f-40bd-b10e-1805f3f0007a>
- Tovar, T. (2015). *Recomendaciones de política de igualdad de género en educación* (2ª edición). Red Nacional de Educación de la Niña, Florecer. <https://www.gcedclearinghouse.org/sites/default/files/resources/170050spa.pdf>
- Sánchez Jasso, A. K., Rivera Gómez, E., & Velasco Orozco, J. J. (2016). Desigualdades de género en ciencia, el caso de las científicas de la UAEMéx. *Cuadernos Intercambio sobre Centroamérica y El Caribe*, 13(2), 83-110. <https://doi.org/10.15517/c.a..v13i2.26691>
- Solbes, J., Montserrat, R., & Furió, C. (2007). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales y Sociales*, (21), 91–117. <https://ojs.uv.es/index.php/dces/article/view/2428/1973>
- Toche, F. (2017). Los estereotipos. *Perú 21*. <https://peru21.pe/opinion/fatimatoche-estereotipos-82082>

- Valencia Giraldo, A. (2004). La relación entre la ingeniería y la ciencia. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (31), 156-174. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/344524>
- Vázquez-Alonso, Á., & Manassero-Mas, M.-A. (2016). La voz de los estudiantes de primer año en seis países: evaluación de sus experiencias en estudios superiores científico-técnicos. *Ciência & Educação (Bauru)*, 22(2), 391-411. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320160020008>
- Villalba-Condori, K. O., Castro Cuba-Sayco, S. E., Guillen Chávez, E. P., Deco, C., & Bender, C. (2018). Approaches of learning and computational thinking in students that get into the computer sciences career. In F. J.García-Peñalvo (Ed.), *Proceedings TEEM'18. Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (Salamanca, Spain, October 24-26, 2018) (pp. 36-40). <https://doi.org/10.1145/3284179.3284185>
- Widener, A. (2019). Science in the US is built on immigrants. Will they keep coming? *C&EN Global Enterprise*, 97(9), 35-40. <https://doi.org/10.1021/cen-09709-cover>

Preferences for studying STEM careers among high school students in Arequipa (Peru)

Preferencias por estudiar carreras STEM en estudiantes de secundaria de Arequipa (Perú)

Arequipa (秘魯) 高中生学习 STEM 专业的偏好

Предпочтения в изучении профессий в области STEM среди учащихся средней школы в Арекипе (Перу)

Iván Montes-Iturrizaga

University María Auxiliadora (Perú)
imontes@uc.cl
<https://orcid.org/0000-0002-9411-4716>

Eduardo Franco-Chalco

University María Auxiliadora (Perú)
efranco1@uc.cl
<https://orcid.org/0000-0002-7465-2365>

Klinge Orlando Villalba-Condori

Continental University (Perú)
kvillalba@continental.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-8621-7942>

Dates · Fechas

Received: 2022-10-02
Accepted: 2022-11-26
Published: 2023-01-01

How to Cite this Paper · Cómo citar este trabajo

Montes-Iturrizaga, I., Franco-Chalco, E., & Villalba-Condori, K. O. (2023). Preferences for studying STEM careers among high school students in Arequipa (Peru). *Publicaciones*, 53(2), 171–183. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26824>

Abstract

An investigation was carried out to determine the vocational preferences of 1159 students (764 males and 392 females) in the last two years of secondary school in the province of Arequipa (Peru) in the light of sociodemographic and family variables. The emphasis was directed to STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) degrees and with the intention of knowing their specific distribution by areas of knowledge. The most relevant results show the existence of a preference for engineering degrees and where natural sciences did not merit significant preferences. In this scenario, it was found that men showed more interest in engineering compared to women. However, there was no difference in preference for natural science degrees between males and females. In addition, parochial school students are more likely to prefer natural science degrees over other degrees. These findings are discussed from an epistemological perspective based on critical realism, which proposes -among other aspects- the transcendental relevance of natural sciences and mathematics for the sustained, relevant and harmonious development of engineering.

Keywords: vocational preferences, technological development, scientific development, realistic epistemology, scientific planning.

Resumen

Se realizó una investigación para determinar las preferencias vocacionales de 1159 estudiantes (764 varones y 392 mujeres) de los dos últimos años de secundaria en la provincia de Arequipa (Perú) a la luz de variables sociodemográficas y familiares. El énfasis se dirigió a las carreras STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) con la intención de conocer su distribución específica por áreas de conocimiento. Los resultados más relevantes muestran la existencia de una predilección por las titulaciones de ingeniería y las ciencias naturales no merecieron preferencias significativas. En este panorama, se encontró que los hombres mostraron más interés por las ingenierías en comparación con las mujeres. Sin embargo, no hubo diferencias en la preferencia por las carreras de ciencias naturales entre hombres y mujeres. Además, los estudiantes de escuelas parroquiales son más propensos a preferir las titulaciones de ciencias naturales frente a otras titulaciones. Estos hallazgos se discuten desde una perspectiva epistemológica basada en el realismo crítico, que propone -entre otros aspectos- la relevancia trascendental de las ciencias naturales y las matemáticas para el desarrollo sostenido, pertinente y armónico de la ingeniería.

Palabras clave: preferencias vocacionales, desarrollo tecnológico, desarrollo científico, epistemología realista, planificación científica.

Аннотация

Было проведено исследование для определения профессиональных предпочтений 1159 учащихся (764 юношей и 392 девушек) последних двух лет средней школы в провинции Арекипа (Перу) в свете социально-демографических и семейных переменных. Основное внимание было уделено профессиям STEM (наука, технологии, инженерия и математика) с целью выяснить их конкретное распределение по областям знаний. Наиболее значимые результаты показывают наличие пристрастия к инженерным степеням, а естественные науки не заслужили значительных предпочтений. На этом примере было обнаружено, что мужчины проявляют больший интерес к инженерному делу по сравнению с женщинами. Однако не было никакой разницы в предпочтении степеней в области естественных наук между мужчинами и женщинами. Кроме того, учащиеся церковно-приходских школ чаще отдают предпочтение степеням в области

естественных наук, чем другим степеням. Эти выводы обсуждаются с эпистемологической точки зрения, основанной на критическом реализме, который предлагает - среди прочих аспектов - трансцендентальную значимость естественных наук и математики для устойчивого, актуального и гармоничного развития инженерии.

Ключевые слова: профессиональные предпочтения, технологическое развитие, научное развитие, реалистическая эпистемология, научное планирование.

摘要

我们根据社会人口和家庭变量进行了一项调查,以确定阿雷基帕省(秘鲁)中学最后两年的 1159 名学生(764 名男性和 392 名女性)的专业偏好。研究重点为 STEM 专业(科学、技术、工程和数学),目的是了解其在知识领域的具体分布。最相关的结果表明,对工程学位和自然科学的偏好并不值得明显偏好。在这种情况下,人们发现男性与女性相比对工程学表现出更大的兴趣。然而,男性和女性对自然科学专业的偏好没有差异。此外,教会学校的学生更喜欢自然科学学位而不是其他学位。除其他方面外,这些发现是从基于批判现实主义的认识论角度讨论的,它提出了自然科学和数学对工程持续、相关和和谐发展的重要相关性。

关键词:职业偏好、技术发展、科学发展、现实认识论、科学规划。

Introduction

Since the creation of the National Council for Science and Technology (CONCYTEC) in 1981, important promotion processes have been developed in response to the need for competitive funds, and access to specialized libraries and training spaces. However, since the enactment of the new University Law No. 30220 of 2014, a system of institutional licensing (universities) was implemented that considers scientific production, the existence of qualified researchers before the National Registry of Science, Technology and Technological Innovation (García Meza, 2019) and special conditions (bonuses and reduction of teaching load) for all scholars involved in the scientific and technological field. In this context, the country has managed to link research and university development in a system of implications; where failure to sustain scientific production or the required number of researchers (among other conditions or quality standards) is accompanied by measures such as the closure of universities (license suspension) (García Meza, 2019).

This has led to an increase in national scientific production. Thus, we have gone from a handful of universities (32 out of 143) with research (in amounts greater than zero) to 95 universities with scientific production in frank growth (Cervantes et al., 2019). In any case, these indicators (successful and favorable, by the way) lead us to think that in the renewed scheme of research, development and innovation (R&D&I) special interest has been given to technological studies and innovation (especially industrial and environmental) to the detriment of science itself (Montes-Iturrizaga, 2002, 2016). Moreover, and in view of the fact that this integrative denomination for understanding science and technology (R&D or R+D) is used to study government investment (GDP in science and technology) and production (published articles), it is difficult to determine what science, technology and engineering really are. This fact was already warned many decades ago by Bunge (2014a, 2014b), Montes-Iturrizaga (2002, 2016).

In addition, the government fund that has been financing research in Peru for 35 years has focused more on proposals in the field of engineering. It is also worth mentioning that the University Law itself, in several of its articles, confuses technological research and business incubators with basic research. What is worrying here is the almost imperceptible support for the natural sciences and mathematics under utilitarian prejudices that only give value to fields that solve practical problems, when the sciences are primarily concerned, in the first instance, with cognitive problems (Montes-Iturrizaga, 2014a). It could be added that, in this series of confusions, science is misjudged from the point of view of technologies and, therefore, is underrated for not directly solving practical problems (Bunge, 2014a; Montes-Iturrizaga, 2000).

In reference to the above, it could be thought that natural resources are little known and, to some extent, underrated, since they are not considered relevant for the development of the company's business (Lagos Figueroa, 2017; Lucena & Lee, 1995; National Agency for Research and Innovation, 2017). Therefore, behind these decisions, we see that the relationships and the transcendental importance of natural sciences for the development of technologies and innovations aimed at solving specific problems are ignored. Without properly consolidated natural sciences in a country, we will be cognitively dependent on science from other locations. Worse still, technological development itself at all levels would be harmed by not having rigorous knowledge to be able to construct its responses to the different challenges (Bunge, 2014a).

Therefore, this problem would explain the lack of interest in the study of natural sciences (physics, chemistry or biology) and formal sciences (mainly mathematics) in Latin America, the United States and most of Europe. This is probably a global problem that has put these sciences in check. However, developed countries have partially solved this problem thanks to the high prestige of their universities, which attract thousands of students from countries such as India, China and Latin America in general to study in fields such as physics, mathematics or chemistry (Ganguli & Gaulé, 2018; Gaulé & Piacentini, 2013; Okahana & Zhou, 2019). Thus, for example, at least two-thirds (approximately) of American scientists (physics, chemistry, and biology) were born outside the United States; they are mainly graduate students who chose not to return to their home countries (Ganguli & Gaulé, 2018).

On the other hand, it is worth mentioning that this study acknowledges the transcendental importance of technologies and engineering for social development and science itself (Lucena & Lee, 1995; Valencia Giraldo, 2004). This fact is undeniable and the great interest in STEM careers is praiseworthy; what is worrisome is the scarce interest in natural sciences and mathematics. This is a very complex phenomenon present in many countries such as Spain (Solbes et al., 2007), the United States (Widener, 2019; Grobart, 2013; Jiang et al., 2018; Manalansan et al., 2020), England (Higgins & Pethica, 2014) or France (Powell & Dusdal, 2017); and which would deserve qualitative methodological approaches interested in knowing the family, school and social influences, as well as those of the agencies in charge of promoting science and technology in the country.

This is in addition to other problems such as the little interest of women in studying STEM careers, gender stereotypes at home in the face of these inclinations, and the conviction of many young people that the choice of career should be made for the supposed expectation of economic retribution (rate of return) and not for a true vocation (Cai et al., 2017; García-Holgado et al., 2019; Hamilton et al., 2016; Montes-Iturrizaga & Franco-Chalco, 2021a, 2021b).

Various studies have found that young people (80%) are faced with the situation of having to choose a technical, technological or university career when they finish secondary school or high school (80%). Thus, this decision would be based on an analysis (superficial or deep) in which parents often play an important role in terms of support or resistance (Montes-Iturrizaga, 2013, 2014b; Montes-Iturrizaga & Franco-Chalco, 2021b). In any case, the higher number of high school graduates who neither work nor study is higher in rural areas (13.9% vs. 18.2% in urban areas). In Arequipa, we find that this region has the third highest participation rate in higher education in Peru (38.4%) (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2019 -National Institute of Statistics and Informatics [INEI from its Spanish initials], 2019).

Likewise, it should be noted that preferences are to some extent structured by productive emphases, labor traditions and the existing labor supply (Grupo Propuesta Ciudadana, 2018; Montes-Iturrizaga & Franco-Chalco, 2021b; Nolzaco & Figueroa, 2015). Thus, and, for example, in the city of Arequipa (where this study was carried out), agribusiness, public services, construction and mining activity stand out. In addition, the other regions adjacent to Arequipa also have foreign-owned mines of great importance in the local GDP. In any case, this last productive deployment (mining) generates a large supply of jobs directly and through contractor companies would be associated with the marked interest in engineering careers (Grupo Propuesta Ciudadana, 2018; Hoyos et al., 2019; Nolzaco & Figueroa, 2015).

In this context, it would be expected that this interest in technological degrees would be accompanied by their respective share of degrees identified with the natural and formal sciences. However, it is worth mentioning that school psychology assumes that it is healthy for each young person to be able to apply for a university place in the degree that he or she really prefers and without conditioning associated with the supposed economic income or the rate of return once the degree is obtained. In addition, and in relation to the above, it is considered important to transmit to students the idea that in order to work in a certain degree and be successful (socially and economically) it is necessary to be good at what one does; and, therefore, it is rare to find someone like this in a degree that does not arouse more interest than monetary interest.

Therefore, from a perspective concerned with the personal fulfilment of future professionals, it is necessary to promote free decisions, without prejudice, stereotypes and economic reductionisms (Montes-Iturrizaga, 2013, 2014b, 2014c; Montes-Iturrizaga & Franco-Chalco, 2021b; Tovar, 2015; Santa Cruz, 2020). In this task, it has been found that parents often pressure their children to abandon their true vocation and study careers considered to guarantee higher salaries (Montes-Iturrizaga & Franco-Chalco, 2021a). In summary, and taking into account the authoritarian family styles still present in Peruvian families, it is likely that scientific careers (biology, mathematics, physics and chemistry) are the best option (Avolio et al., 2018; Santa Cruz, 2020; Mackenzie, 2016; Toche, 2017; Economic Commission for Latin America and the Caribbean, n.d.).

We have identified a series of research related to preferences for natural science and mathematics careers in young people who are about to finish high school. These studies, which are presented first and coincide with the one presented in this paper, correspond - for the most part - to the fields of psychology, sociology and anthropology. The other studies are of a more sociodemographic nature and offer us a quantitative view of the government figures on the number of university applicants in the statistical records of the National Superintendence of University Higher Education (SUNEDU).

In relation to the above, we have that a main variable that plays an important role in the way people choose careers is gender. In this way, stereotypes become evident and play a relevant role in the inclinations, preferences and concrete choices assumed by men and women. These investigations are projected in two recently published works in the Arequipa region where the existence of gender stereotypes that would keep women away from STEM careers in general, parental resistance and motivations based on economic interests, especially among men in state or public schools, were found (Montes-Iturrizaga & Franco-Chalco, 2021a, 2021b).

In the Latin American and North American spectrum, other studies tell us about the lack of interest in scientific and technological careers in general and especially among women, who prefer social and human sciences careers, perhaps because of stereotypes, family pressures and the influence of social communication (Basco et al., 2019; Caballero Wangüemert, 2016; García-Holgado et al., 2019; Comunidad Mujer, 2017; Martínez Méndez, 2015; Prieto-Echagüe, 2020; Sánchez Jasso et al., 2016; Vázquez-Alonso & Manassero-Mas, 2016).

In this context, the purpose of this research is to learn about vocational preferences regarding STEM careers; and from a gender perspective to distinguish vocational preferences towards natural sciences, engineering and other majors.

Methods

An anonymous survey to explore vocational preferences in light of personal, family and sociodemographic variables was designed and applied to 1155 students (66% male) in the last two years of secondary education (4th and 5th) in the province of Arequipa. This questionnaire was applied in urban schools (public and private) under informed consent given by the school principals and students. Therefore, the subjects responded freely and with prior knowledge of the purposes of this study. It should be noted that in this study (in the framework of a series of publications carried out this year) we have used some items such as gender (male and female); type of educational institution (public, private and parochial); and vocational preferences (What career would you study if you had the “total freedom” to choose?).

Specifically, this questionnaire contemplated short-answer questions (e.g., What career would you like to study if you had total freedom to choose? or What career would you really apply for?) that were coded into natural sciences, engineering, and other careers. The other questions were closed-ended questions such as gender, type of school, year of study, and whether or not their parents (mom and dad separately) agreed or disagreed with their authentic vocational preferences (“dream career”).

It is important to note that the intention of this study was to reach all schools in the province of Arequipa. For this reason, formal letters were sent requesting the respective authorizations. In this case, each school that agreed to participate received a global report on the preferences of their students and possible parental tensions regarding certain professions.

The test has a theoretical and content validity determined by means of a judge-validation system. Also, since this test does not include additive items, it is not possible to determine reliability from a statistical point of view.

As for the statistical analyses, descriptive statistics were estimated for the frequencies and percentages of the degree of preference. Likewise, to test the association

between preferred degree with sex and type of educational center, two chi-square statistics were estimated. Finally, a multinomial logistic regression model was estimated to determine the probabilities of choosing a natural science or engineering degree over other degrees; the predictor variables were sex and type of educational center. Statistical analyses were performed with SPSS for Windows® software version 26.0, and R version 4.1.0.

Results

The first overall results (Table 1) show that the majority of preferences are for engineering degrees (18 majors) with 33.1% (n = 384). It is also revealing that only 1.6% (n = 18) were interested in natural science degrees such as biology, physics, chemistry, geology and others. In addition, it is worth mentioning that none of the students who participated in the study expressed a preference for the degree in mathematics, which is offered at the public university of the province (Universidad Nacional de San Agustín) free of charge, given the precept of gratuity of these public institutions. Finally, it is important to note that in the category “other degrees” we have grouped almost 60 from the areas of social sciences, human sciences, health sciences, armed and police forces, arts and technical studies such as mechanics, electricity and carpentry.

Table 1
Degrees preferred by the young in the sample

Degrees	<i>f</i>	%
Natural Sciences	18	1.6
Engineering	384	33.1
Other degrees	757	65.3

Table 2 shows the test of association between the sex variable and professional degrees. It is clearly perceived that men show a greater predilection for the natural sciences and engineering (this being more noticeable in the former). In the grouping we made around “other degrees”, social sciences and human sciences predominate, which to some extents are fields mostly preferred by women and hence their predominance (80.1%), these results being statistically significant ($\chi^2 = 57.34$, $df = 2$, $p < .001$).

Table 2
Degrees preferred by the young in the sample according to the sex variable

<i>Degrees</i>	Men		Women	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
Natural Sciences	15	2.0	3	.8
Engineering	308	40.3	75	19.1
Other degrees	441	57.7	314	80.1

Table 3 shows the association between the type of educational center and the degree categories generated taking into account vocational preferences. Natural science degrees are preferred to a greater extent in private and parochial schools. This same tendency is also projected to engineering degrees. The opposite case is observed in the category “other degrees” where students from public schools are more oriented. These results were statistically significant ($\chi^2 = 11.37$, $df = 4$, $p = .023$).

Table 3

Degrees preferred by the young people in the sample according to type of educational center

	Public		Private		Parochial	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
Natural Sciences	4	.7	4	2.0	10	2.7
Engineering	117	30.4	71	34.6	135	35.5
Other degrees	402	69.0	130	63.4	225	60.8

Table 4 shows the logistic model predicting the odds of studying a natural science degree and an engineering degree versus other degrees by gender and type of school. For natural science degrees there is only a statistically significant difference between public and parochial schools, parochial school students are 3.55 more likely to study a natural science degree than other degrees ($b = 1.27$, $OR = 3.55$, $z = 2.07$, $p = .038$); there are no other differences between public versus private schools, nor by sex. On the other hand, there is a statistically significant difference between the odds of dreaming of studying engineering between men and women. Females are 66% less likely to dream of studying engineering than males ($b = 1.09$, $OR = .34$, $z = -7.10$, $p < .001$). There were no other differences between school type for these degrees.

Table 4

Multinomial logistic regression model predicting the odds of studying a natural sciences and engineering degree versus other degrees by gender and type of educational institution

	Natural Sciences vs others				Engineering vs others			
	<i>b</i>	<i>OR</i>	<i>z</i>	<i>P</i>	<i>b</i>	<i>OR</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
Intercept	-4.20	.02	-7.71	< .001	-.38	.68	-3.52	< .001
Sex (Men vs. Women)	-.96	.38	-1.47	.140	-1.09	.34	-7.10	< .001
Type of School (Public vs. Private)	.91	2.48	1.25	.211	-.02	.98	.11	.917
Type of School (Public vs. Parochial)	1.27	3.55	2.07	.038	.06	1.06	.39	.696

Discussion

The results show the low preference for natural science (and mathematics) careers in a large sample of students who are about to graduate from secondary education in the province of Arequipa. Likewise, these findings are worrisome if we intend to achieve a harmonious development of science and technology in a specific territory (province, region or country) (Bunge, 2014a, 2014b; Montes-Iturrizaga & Franco-Chalco, 2021b). For, as noted in the previous pages, we find the interest in engineering valuable, but the possibility of not having scientists who can support the technologies is alarming.

In any case, we do not have a parameter or standard that tells us how many natural scientists and mathematicians are required in each country or subnational state, except for trends that tell us about a balance between scientists and engineers, such as in England, where there are more scientists than engineers (Montgomery et al., 2014).

On the other hand, our study continues to show little preference of women for science and engineering careers, which indicates to us that there are still prejudices, self-exclusion and sexist segregation in these disciplines; a fact that is repeated in most of Latin America (Tovar, 2015; Santa Cruz, 2020; Mackenzie, 2016; Cantero Riveros, 2016; García-Holgado et al., 2019; Prieto-echagüe, 2020). Likewise, regarding the type of school, we see that science is preferred to a greater extent by those who attend private and parochial schools (the same ones that have a lower pension or payment) compared to those who attend public institutions. Perhaps, given that those who attend public schools come from families with fewer resources, they may prefer careers with greater possibilities of obtaining a stable job in the state sector, such as the human and social sciences.

However, for future research, it will be necessary to explore from qualitative perspectives (interviews, focus groups and life stories) the thoughts, beliefs and stereotypes that could be behind the low preference for natural sciences and mathematics. Finally, we highlight the significant preferences for engineering careers in Arequipa, which are essential for economic and social development in every sense (Nolazco & Figueroa, 2015).

The latter is not questioned from any point of view and it is likely that these choices are triggered by the boom in Arequipa's productive vocations (mining, construction, industry and manufacturing in general) and the favorable action of the National Council of Science and Technology (CONCYTEC) (Grupo Propuesta Ciudadana, 2018; Montes-Iturrizaga & Franco-Chalco, 2021b). In this scenario, no decisive and balanced action has been taken to promote the natural sciences (and mathematics). In this context, it is likely that science fairs (at the school level) that take place in other scenarios can serve as a contribution for the country (Spanish Foundation for Science and Technology, 2018; Oppliger et al., 2019; García-Holgado et al., 2020). Perhaps, and this is only an explanatory hypothesis, the poor understanding of what science is and its confusion with technology could be important clues to clarify the problems encountered (Montes-Iturrizaga, 2002; Montes-Iturrizaga, 2016).

Finally, this research refers us to a complex problem associated with the low participation of women in STEM careers, which necessarily involves addressing gender inequality projected from families, the educational system and society (Tovar, 2015; Santa Cruz, 2020; Mackenzie, 2016; Villalba-Condori et al., 2018).

References

- Agencia Nacional de Investigación e Innovación. (2017). *Claves para el desarrollo: más mujeres en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM)*. <https://www.anii.org.uy/upcms/files/listado-documentos/documentos/doc-stem-1-.pdf>
- Avolio, B., Chávez, J., Vílchez-Román, C., & Pezo, G. (2018). *Factores que influyen en el ingreso, participación y desarrollo de las mujeres en carreras vinculadas a la ciencia, tecnología e innovación*. Pontificia Universidad Católica del Perú y Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES). https://cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/factores_que_influyen_en_el_ingreso_participacion_y_desarrollo_de_las_mujeres_en_carreras_vinculadas_a_la_cti_0.pdf
- Basco, A. I., Lavena, C., & Chicas en Tecnología. (2019). *Un potencial con barreras: La participación de las mujeres en el área de Ciencia y Tecnología en Argentina*. BID. <https://publications.iadb.org/es/un-potencial-con-barreras-la-participacion-de-las-mujeres-en-el-area-de-ciencia-y-tecnologia-en>
- Bunge, M. (2014a). *Memorias: Entre dos mundos*. Editorial Gedisa.
- Bunge, M. (2014b). *Parte A: Ciencias Sociales Básicas*. En *Las Ciencias Sociales en discusión: Una perspectiva filosófica*. Penguin Random House Grupo Editorial.
- Caballero Wangüemert, M. (2016). Mujeres de ciencia: El caso del consejo superior de investigaciones científicas. *Arbor*, 192(778). <https://doi.org/10.3989/arbor.2016.778n2003>
- Cai, Z., Fan, X., & Du, J. (2017). Gender and attitudes toward technology use: A meta-analysis. *Computers & Education*, 105(2017), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.11.003>
- Cantero Riveros, B. (2016). *Inclusión del género en la enseñanza de las ciencias*. [Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona]. <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/385843/bcr1de1.pdf?sequence=1>
- Cervantes, L., Bermúdez, L., & Pulido, V. (2019). Situación de la investigación y su desarrollo en el Perú: reflejo del estado actual de la universidad peruana. *Pensamiento y Gestión*, 46, 311–322. <https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/pensamiento/article/view/11774>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (n.d.). *Familia y políticas públicas en América Latina: Una historia de desencuentros* (I. Arraigada (ed.). División de Desarrollo Social de la CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2509/S0700488_es.pdf
- Comunidad Mujer. (2017). Mujer y trabajo: Brecha de género en STEM, la ausencia de mujeres en Ingeniería y Matemáticas. *Serie Comunidad Mujer*, (42), 1–15. <http://www.comunidadmujer.cl/biblioteca-publicaciones/wp-content/uploads/2017/12/BOLETIN-42-DIC-2017-url-enero-2018.pdf>
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. (2018). *Libro Verde Ferias de la Ciencia*. FECYT. <https://www.fecyt.es/es/publicacion/libro-verde-de-las-ferias-de-ciencia>
- Ganguli, I., & Gaulé, P. (2018). *Will the U.S. keep the best the brightest (as Post-docs)? Career and location preference of foreign STEM PhDs*. En NBER Working Papers Series (Working Paper 24838). <http://www.nber.org/papers/w24838>

- García-Holgado, A., Camacho Díaz, A., & García-Peñalvo, F. J. (2019). La brecha de género en el sector STEM en América Latina: una propuesta europea. *Cinaic*, 704–709. <https://doi.org/10.26754/cinaic.2019.0143>
- García-Holgado, A., Deco, C., Bedregal-Alpaca, N., Bender, C., & Villalba-Condori, K.O. (2020). *Perception of the gender gap in computer engineering studies: a comparative study in Peru and Argentina*. IEEE Global Engineering Education Conference (EDU-CON). <https://ieeexplore.ieee.org/document/9125224>
- García Meza, O. (2019). Registro necesario. *Enfoque Semanal*, 2–4. http://cdn02.pucp.education/biblioteca/2019/10/14171706/puntoedu_renacyt.pdf
- Gaulé, P., & Piacentini, M. (2013). Chinese graduate students U.S. scientific productivity. *The Review of Economics and Statistics*, 95(2), 698–701. https://doi.org/https://doi.org/10.1162/REST_a_00283
- Grobart, F. (2013). Ciencia y tecnología en estados Unidos: crisis sistémico-estructural en los cimientos del capitalismo monopolista transnacionalizado. *Economía y Desarrollo*, 149(1), 117–138. <http://www.econdesarrollo.uh.cu/index.php/RED/article/view/260>
- Grupo Propuesta Ciudadana. (2018). *Región Arequipa: ingresos y gastos generados por concepto de canon y regalías mineras*. <http://propuestaciudadana.org.pe/wp-content/uploads/2018/02/Regi%23U00f3n-Arequipa-ingresos-y-gastos-generados-por-concepto-de-canon-y-regalías-mineras.pdf>
- Hamilton, M., Luxton-Reilly, A., Augar, N., Chiprianov, V., Gutierrez, E. C., Duarte, E. V., Hu, H. H., Ittye, S., Pearce, J. L., Oudshoorn, M., & Wong, E. (2016). *Gender equity in computing: International faculty perceptions & current practices* [Conference]. ITICSE '16: Proceedings of the 2016 ITICSE Working Group Reports, New York, United States. <https://doi.org/10.1145/3024906.3024911>
- Higgins, D., & Pethica, J. (2014). *A picture of the UK scientific workforce. Diversity data analysis for the Royal Society. Summary report*. The Royal Society. https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/projects/leading-way-diversity/picture-uk-scientific-workforce/070314-diversity-report.pdf
- Hoyos, D., Aguinaga, V., Carranza, V., Ramírez, D., Valdivia, F., & Abanto, C. (2019). *Anuario Minero 2019 Perú*. Ministerio de Energía y Minas del Perú. <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/1424993-anuario-minero-2019>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). Perú: *Indicadores de Educación por Departamentos, 2008-2018*. INEI. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1680/libro.pdf
- Jiang, S., Schenke, K., Eccles, J. S., Xu, D., & Warschauer, M. (2018). Cross-national comparison of gender differences in the enrollment in and completion of science, technology, engineering, and mathematics Massive Open Online Courses. *PLoS ONE*, 13(9), 6–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202463>
- Lagos Figueroa, J. (2017). El papel de la física en la formación profesional del ingeniero. *Revista Lumen Gentium*, 1(1), 91–96. <https://doi.org/10.52525/lg.v1n1a9>
- Lucena, J., & Lee, G. (1995). Haciendo científicos e ingenieros para propósitos nacionales en USA: desde la guerra fría hasta la competitividad económica. *Historia Crítica*, (10), 29–38. <https://doi.org/https://doi.org/10.7440/histcrit10.1995.02>
- Mackenzie, V. (2016). *Comunicación, género y profesión: la incidencia de mujeres sobre varones en la especialidad de "comunicación para el desarrollo" en la Pontificia Universidad Católica del Perú* [Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica

del Perú]. Repositorio Institucional de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7188>

- Manalansan, E. B. R., Fogata, M. A., & Rogayan, D. J. V. (2020). Exploring Prospective Teachers' Reasons for Choosing General Science as a Specialization. *Journal of Science Learning*, 3(3), 149–155. <https://doi.org/10.17509/jsl.v3i3.23493>
- Martínez Méndez, K. I. (2015). *Tienen sexo las profesiones. Hombres y mujeres en profesiones femeninas y masculinas, el caso de los enfermeros y las ingenieras mecánicas electricistas* [Tesis de Doctorado, Colegio de San Luis]. <http://biblio.colsan.edu.mx/tesis/MartinezMendezKarlaIrene.pdf>
- Montes-Iturrizaga, I. (7 de diciembre de 2002). *Importancia del juicio de pares y el cumplimiento de estándares para las decisiones evaluadoras de los proyectos de investigación en C y T* [Conferencia]. I Encuentro de Investigadores En Sistemas Informáticos y En Sistemas de Control, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Montes-Iturrizaga, I. (2013, March 16). Sobre la orientación vocacional. *Diario El Comercio*.
- Montes-Iturrizaga, I. (2014a). Apreciaciones en torno a la propuesta de nueva Ley Universitaria. *Revista Signo Educativo*, XIII(227), 26–28.
- Montes-Iturrizaga, I. (2014b, February 14). ¿Cómo decidir una carrera con responsabilidad? *La República*.
- Montes-Iturrizaga, I. (2014c). ¿Cómo decidir una carrera con responsabilidad? *Revista Signo Educativo*, XXIII(225), 28.
- Montes-Iturrizaga, I. (15 – 19 de noviembre de 2016). *Derechos humanos de los investigadores científicos: una propuesta desde la epistemología realista* [Conferencia]. Congreso Mundial de Juventudes Científicas, Lima, Perú. <https://www.fissnet.org/jfiss/>
- Montes-Iturrizaga, I., & Franco-Chalco, E. (2021a). *Attitudes towards the choice of a professional career: a study in secondary education students from peru* [Conference]. 13th annual International Conference on Education and New Learning Technologies. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2021.1725>
- Montes-Iturrizaga, I., & Franco-Chalco, E. (2021b). *Women's preferences towards stem majors in Peru: a study from social stereotypes and parental resistance* [Conference]. 15th International Technology, Education and Development Conference. <https://doi.org/10.21125/inted.2021.1820>
- Montgomery, J., I Nurse, P., Thomas, D. J., Tildesley, D., & Tooke, J. (2014). *The culture of scientific research in the UK*. Nuffield Council on Bioethics. <https://www.nuffield-bioethics.org/assets/pdfs/The-culture-of-scientific-research-report.pdf>
- Nolazco, J. L., & Figueroa, T. (2015). *Impacto de la dinámica en la industria minera sobre el desarrollo regional de Arequipa: Un análisis de género*. [Proyecto Breve (PB) Arequipa A1-T4]. Consorcio de Investigación Económica y Social. https://cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/informe_final_pb_nolazco_y_figueroa.pdf
- Okahana, H., & Zhou, E. (2019). *International Graduate Applications and Enrollment Fall 2018*. Council of Graduate Schools. <https://cgsnet.org/Data-Insights/>
- Oppliger, L. V., Nuñez, P., & Gelcich, S. (2019). Ferias Científicas como Escenarios de Motivación e Interés por la Ciencia en Estudiantes Chilenos de Educación Media de la Región Metropolitana. *Información Tecnológica*, 30(6), 289–300. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600289>

- Powell, J., & Dusdal, J. (2017). Science Production in Germany, France, Belgium, and Luxembourg: Comparing the Contributions of Research Universities and Institutes to Science, Technology, Engineering, Mathematics, and Health. *Minerva*, 55, 413–434. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11024-017-9327-z>
- Prieto-Echagüe, V. (2020). Desigualdad de género en las carreras STEM en el Uruguay. Construyendo cultura y registros: la experiencia en Institut Pasteur de Montevideo con In Mujeres (Uruguay). *Revista Cuestiones de género: de la igualdad y la diferencia*, (15), 143–163. <http://revpubli.unileon.es/ojs/index.php/cuestiones-degenero/article/view/6171>
- Santa Cruz, M. K. (2020). *Estereotipo de género frente a las carreras universitarias en estudiantes de una universidad privada de lima metropolitana* [Tesis de Bachiller, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio Institucional de la Universidad San Ignacio de Loyola. <https://repositorio.usil.edu.pe/items/ce36017f-f89f-40bd-b10e-1805f3f007a>
- Tovar, T. (2015). *Recomendaciones de política de igualdad de género en educación* (2ª edición). Red Nacional de Educación de la Niña, Florecer. <https://www.gcedclearinghouse.org/sites/default/files/resources/170050spa.pdf>
- Sánchez Jasso, A. K., Rivera Gómez, E., & Velasco Orozco, J. J. (2016). Desigualdades de género en ciencia, el caso de las científicas de la UAEMéx. *Cuadernos Intercambio sobre Centroamérica y El Caribe*, 13(2), 83-110. <https://doi.org/10.15517/c.a.v13i2.26691>
- Solbes, J., Montserrat, R., & Furió, C. (2007). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales y Sociales*, (21), 91–117. <https://ojs.uv.es/index.php/dces/article/view/2428/1973>
- Toche, F. (2017). Los estereotipos. *Perú 21*. <https://peru21.pe/opinion/fatimatoche-estereotipos-82082>
- Valencia Giraldo, A. (2004). La relación entre la ingeniería y la ciencia. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (31), 156–174. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/344524>
- Vázquez-Alonso, Á., & Manassero-Mas, M.-A. (2016). La voz de los estudiantes de primer año en seis países: evaluación de sus experiencias en estudios superiores científico-técnicos. *Ciência & Educação (Bauru)*, 22(2), 391-411. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320160020008>
- Villalba-Condori, K. O., Castro Cuba-Sayco, S. E., Guillen Chávez, E. P., Deco, C., & Bender, C. (2018). Approaches of learning and computational thinking in students that get into the computer sciences career. In F. J. García-Peñalvo (Ed.), *Proceedings TEEM'18. Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (Salamanca, Spain, October 24-26, 2018) (pp. 36-40). <https://doi.org/10.1145/3284179.3284185>
- Widener, A. (2019). Science in the US is built on immigrants. Will they keep coming? *C&EN Global Enterprise*, 97(9), 35–40. <https://doi.org/10.1021/cen-09709-cover>

Análisis de sentimientos con inteligencia artificial para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje en el aula virtual

Sentiment analysis with artificial intelligence to improve the teaching-learning process in the virtual classroom

使用人工智能进行情感分析以改善虚拟课堂的教学过程

Анализ настроений с помощью искусственного интеллекта для улучшения процесса преподавания-обучения в виртуальном классе

Edward Jose Flores Masias

Universidad Nacional Federico Villarreal
eflores@unfv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-8972-5494>

Jose Hector Livia Segovia

Universidad Nacional Federico Villarreal
jlivia@unfv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-2226-3349>

Alfredo García Casique

Universidad Nacional Federico Villarreal
agarcia@unfv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-8373-3127>

María Elena Dávila Díaz

Universidad Nacional Federico Villarreal
mdavilad@unfv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-2555-8276>

Fechas · Dates

Recibido: 2022-08-17
Aceptado: 2022-10-07
Publicado: 2023-01-01

Cómo citar este trabajo · How to Cite this Paper

Flores Masias, E. J., Livia Segovia, J. H., García Casique, A., & Dávila Díaz, M. E. (2023). Análisis de sentimientos con inteligencia artificial para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje en el aula virtual. *Publicaciones*, 53(2), 185–200. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26825>

Resumen

Introducción: En los últimos años, el proceso de enseñanza-aprendizaje ha ido cambiando del modo presencial al virtual de forma progresiva a nivel mundial, esto se aceleró significativamente a causa de la pandemia del COVID-19 afectando todos los niveles de la educación, muchos países tuvieron que dar un salto al conocimiento digital, más por necesidad que por crecimiento tecnológico, lo cual originó buscar soluciones a los nuevos problemas a partir del entorno virtual. Hoy en la nueva normalidad, el entorno virtual se desarrollará paralelamente con el entorno presencial. El objetivo de la presente investigación fue identificar el estado emocional que tienen los estudiantes en el aula virtual, para permitir al docente evaluar la percepción que tienen los estudiantes durante su sesión de clase y así mejorar sus estrategias de enseñanza-aprendizaje en tiempo real.

Método: Se propuso una aplicación de inteligencia artificial con redes neuronales que permiten capturar el estado emocional de los estudiantes dentro del aula virtual en tiempo real para mostrar al docente la percepción de sus estudiantes durante la sesión de clase virtual.

Resultados: Los resultados obtenidos muestran el estado emocional de los estudiantes dentro del aula, para que el docente pueda evaluar y así mejore en tiempo real sus estrategias dentro del proceso enseñanza-aprendizaje.

Conclusiones: Se concluye que es una forma eficiente de mejora continua para los procesos del aprendizaje activo dentro del aula en tiempo real.

Palabras clave: redes neuronales, enseñanza-aprendizaje, enseñanza virtual, aprendizaje activo, análisis de sentimientos.

Abstract

Introduction: In recent years, the teaching-learning process has been changing from face-to-face to virtual mode progressively worldwide, this was significantly accelerated due to the COVID-19 pandemic, where the classroom went from face-to-face to virtual format, affecting all levels of education, many countries had to make a leap to digital knowledge more out of necessity than technological growth, which leads to seeking solutions to new problems from the virtual environment. Today in the new normal from now on, the virtual environment will be developed in parallel with the face-to-face environment. The objective of this research was to identify the emotional state that students have in the virtual classroom, to allow the teacher to evaluate the perception that students have during their class session and thus improve their teaching-learning strategies in real time.

Method: An application in artificial intelligence with neural networks was proposed to capture the emotional state of students in the virtual classroom in real time to show the teacher the perception of their students during the virtual class session.

Results: The results obtained allow to show the states of the group of students so that the teacher can perceive the sensation within their students at the time of the class and thus improve their teaching-learning strategies in real time.

Conclusions: It is concluded that it is an efficient form of continuous improvement for active learning processes within the classroom in real time.

Keywords: Neural Networks; teaching-learning; virtual teaching; active learning; sentiment analysis.

Аннотация

Введение: В последние годы во всем мире процесс преподавания-обучения постепенно переходит от очного к виртуальному режиму, это значительно ускорилось из-за пандемии COVID-19, затронувшей все уровни образования, многим странам пришлось совершить скачок к цифровым знаниям, больше из-за необходимости, чем из-за технологического роста, который возник для поиска решений новых проблем из виртуальной среды. Сегодня, в условиях новой нормальности, виртуальная среда будет развиваться параллельно с очной средой. Целью данного исследования было определить эмоциональное состояние студентов в виртуальном классе, чтобы позволить преподавателю оценить восприятие студентов во время занятия и таким образом улучшить свои стратегии преподавания-обучения в режиме реального времени.

Метод: Было предложено приложение искусственного интеллекта с нейронными сетями для захвата эмоционального состояния студентов в виртуальном классе в реальном времени, чтобы показать преподавателю восприятие своих студентов во время сеанса виртуального класса.

Результаты: полученные результаты показывают эмоциональное состояние учеников в классе, чтобы учителя могли оценить и улучшить свои стратегии в процессе преподавания-обучения в режиме реального времени.

Выводы: Сделан вывод, что это эффективная форма непрерывного совершенствования процессов активного обучения в классе в режиме реального времени.

Ключевые слова: нейронные сети, преподавание-обучение, электронное обучение, активное обучение, анализ настроений.

摘要

引言: 近年来, 全球范围内的教学过程逐渐从面对面向虚拟模式转变。由于 COVID-19 疫情影响了各级教育, 这一进程显著加快, 许多国家不得不做出飞速补充数字知识, 而不仅仅是技术的增长。这一必要性促使我们从虚拟环境中寻找新问题的解决方案。在新常态的今天, 虚拟环境将与面对面环境并行发展。本研究的目的是确定学生在虚拟课堂中的情绪状态, 让教师能够评估学生在课堂上的感受, 从而实时改进他们的教学策略。

研究方法: 我们提出了一个带有神经网络的人工智能应用程序, 可以实时捕捉虚拟教室中学生的情绪状态, 以向教师展示学生在虚拟课堂上的感受。

研究结果: 获得的结果显示了学生在课堂上的情绪状态, 以便教师在教学过程中实时评估并改进他们的策略。

研究结论: 得出的结论是, 它是一种持续改进课堂内实时主动学习过程的有效形式。

关键词: 神经网络, 教学-学习, 虚拟教学, 主动学习, 情感分析。

Introducción

Durante los últimos años, la Inteligencia Artificial (IA) ha ido en constante crecimiento en cuanto a su campo de aplicación, se viene utilizando en muchas áreas como la medicina (Hamet & Tremblay, 2017), justicia (Corvalan, 2018) y la educación (Talan, 2021), entre otros contextos, señalándose su impacto para el futuro del trabajo (Howard, 2019). Del mismo modo, poco a poco ha comenzado a tener influencia no solo en áreas tecnológicas o de procesos rígidos, sino también en otras áreas de las ciencias sociales, como es el caso de la psicología (Tahan, 2019, De Mello, 2019) y

psiquiatría (Fakhoury, 2019), en donde surge la necesidad de interpretar patrones y comportamientos humanos desde el punto de vista del comportamiento, traduciendo esos datos en el contexto informático y aplicando modelos matemáticos para poder interpretar y comprender determinadas acciones o patrones del comportamiento humano que permiten una clasificación con el objetivo de poder comprender su comportamiento.

La elección de las estrategias didácticas adecuadas se convierte en una condición óptima a nivel curricular para el logro de los aprendizajes. Esta identificación permite que el docente pueda acercar su mirada principalmente hacia aquellos estudiantes cuyas respuestas a nivel emocional no son las adecuadas y establecer mecanismos que le permitan favorecer el aprendizaje de todos los estudiantes. Se debe entender que “el aula de clases es un medio emocional” (León & Romero, 2020). Los estudiantes reflejan en el aula diversos elementos psicoafectivos y esto debe ser asumido por un docente dispuesto a generar un clima idóneo en el aula en el que la afectividad debe ser un eje fundamental. El docente está llamado a un acercamiento hacia aquellos estudiantes que estén demostrando emociones que pueden ser identificadas como una señal de su necesidad de acompañamiento la cual debe ser respondida. Roberts y Roselot (2020) sostienen que el contexto educativo debe ser responsable y responder ante un estudiante que debe estar situado como un agente activo en un ambiente que le provee satisfacción durante su permanencia.

Desde las aplicaciones de los teléfonos móviles que ubican nuestro lugar de residencia y donde trabajamos en función del recorrido diario que realizamos diariamente, los diversos dispositivos que se usan para reconocer la voz, la música, hasta incluso los automóviles que circulan por las calles sin conductor alguno, la inteligencia artificial ha dado un giro en nuestras vidas (El Hechi et al., 2021).

Dentro del contexto educativo, la IA debe buscar nuevas formas de trabajo dentro de la complejidad de esta área e ir más allá del conocimiento de las disciplinas tales como la computación o la ingeniería (Xu & Babaian, 2021).

La inteligencia artificial tiene como base un conjunto de algoritmos definidos que hacen posible que las máquinas puedan tomar alguna decisión en vez de los seres humanos. Esta nueva tecnología permite ver una mejora sobre la toma de decisiones de los usuarios finales en diversas áreas (Tarik et al., 2021). Para poder analizar la información que crece permanentemente de forma exponencial, se utilizan regularmente técnicas de aprendizaje profundo que permitan, de esta forma, alcanzar resultados válidos. El éxito sobre el aprendizaje profundo para el desarrollo es posible gracias al crecimiento constante de información que hoy en día se conoce como el Big data, y también al poder del procesamiento actual (Wang et al., 2021). Actualmente el uso de reconocer imágenes ha sido utilizado en diversos campos de estudio, tales como la medicina, farmacología, tratamiento de enfermedades por imágenes, etc. Esta técnica ha sido objeto de amplio estudio (Yang et al., 2021).

Es por esto, que surge la necesidad de poder comprender hoy en día al factor humano dentro de los procesos de enseñanza-aprendizaje, principalmente a causa de la coyuntura ocasionada por el COVID-19, donde los estudiantes dejaron de asistir a sus instituciones educativas de forma presencial y se vieron envueltos en el mundo virtual para poder dar continuidad a los procesos educativos.

Uno de los principales problemas identificados en el proceso enseñanza-aprendizaje es la comunicación entre el estudiante y el docente, la interacción e interpretación del estado emocional de los estudiantes es necesaria conocerla para determinar las

estrategias que permitan motivar o reconectar al estudiante con el conocimiento del curso y de esta forma desarrollar actividades y capacidades motivadoras dentro la sesión de aprendizaje. De acuerdo con Pulido y Herrera (2017), han descrito la relación entre inteligencia emocional y rendimiento académico, aumentado las puntuaciones en esta última variable a medida que ascienden las puntuaciones en inteligencia emocional, así como relaciones entre miedo y rendimiento académico y miedo e inteligencia emocional siendo estas inversamente proporcionales.

Dentro del contexto en el que se desarrolla el ser humano, las emociones permiten ser una forma de comunicación esencial que tienen origen en la naturaleza gregaria. En general, toda forma viviente, independientemente de la cultura o especie, requieren del uso de las emociones para que estas puedan expresar o transmitir a otros seres vivientes sobre los sentimientos que estas tienen (Paul & Mendl, 2018, citado por Yee et al., 2021).

Un reto importante a tener en cuenta para la integración de la tecnología educativa consiste en hacer que los estudiantes se involucren en diversas formas afectivas. Sobre esto, aún no hay la forma como la tecnología puede moldear la actitud y del mismo modo el comportamiento al momento de aprender, lo encontrado en la psicología educativa y en las ciencias del aprendizaje dan como resultado la falta de interés de la investigación (Nazari et al., 2021). Dentro del ciberespacio, el medio esencial que permite comunicar sentimientos son las redes sociales debido al crecimiento rápido del acceso a internet. Diversas personas, a través de las redes sociales, usan contenido de audio y video, imágenes o texto para dar a conocer sus sentimientos o alcances (Nandwani & Verma, 2021). Igualmente, a través del tiempo ha sido posible procesar videos y audios en la misma plataforma, permitiendo disminuir el alcance de la solución con un considerable ahorro de energía, si fuese el factor tiempo, un factor crítico, se podría trabajar actualmente a tiempo real, logrando de esta forma, mantener bajo control el tiempo del uso del sistema y de los diferentes dispositivos conectados (Aiquipa et al., 2019).

Otro contexto que se centra en el estudiante es el aprendizaje activo, donde el estudiante recurre a la discusión, y del mismo modo, en el juego de diversos roles sobre la solución colaborativa en la resolución de problemas; esto permite involucrar poco a poco al estudiante, sin embargo, este proceso ha sido relativamente disminuido debido a la coyuntura actual de la pandemia, hoy en día, estas actividades del proceso que eran anteriormente centradas en el aula se realizan en forma virtual (Hasnine et al., 2021). El aprendizaje activo actualmente forma parte de un enfoque de tipo estratégico para formar parte de un principio educativo. Los estudiantes al comprometerse se generan una preocupación más grande, muchos estudios se han realizado sobre la forma de dar sustento a este enfoque, pero, existe un problema sobre la forma de cómo evaluar el progreso y el desempeño eficazmente (Jirapanthong, 2020). Los grandes grupos de estudio generalmente enfrentan nuevos desafíos para poder mejorar de alguna forma el aprendizaje activo, la retroalimentación en el aula y la repetición, ya que son imprescindibles para poder promover el aprendizaje de los estudiantes (Tautz et al., 2021).

La técnica biométrica de uso frecuente para la identificación de rostros es el reconocimiento facial, una técnica que se encarga, a través de fotografías multimedia, de realizar el reconocimiento facial. Esta técnica se ha ido poco a poco incrementando a nivel mundial (Shetty et al., 2021). Las redes de tipo neuronales convolucionales son el soporte para identificar las imágenes como vectores. Se identifica la similitud en dos imágenes y se evalúa que sean lo más parecidas. Este tipo de similitud se puede

calcular por diversas formas o métricas, como la distancia euclidiana, la similitud del coseno o a través de la forma L2. Regularmente la configuración que se usa de forma principal es la similitud de coseno (Serengil & Ozpinar, 2020).

FaceNet, aprende directamente de un mapeo de imágenes de rostros a un espacio euclidiano compacto donde las distancias corresponden directamente a una medida de similitud de rostros. Una vez que se ha producido este espacio, las tareas como el reconocimiento facial, la verificación y la agrupación se pueden implementar fácilmente utilizando técnicas estándar con incrustaciones de FaceNet como vectores de funciones. Este método utiliza una red convolucional profunda entrenada para optimizar directamente la inserción en sí, en lugar de una capa de cuello de botella intermedia como en los enfoques de aprendizaje profundo anteriores (Schroff et al., 2015).

ArcFace, uno de los principales desafíos en el aprendizaje de características utilizando redes neuronales convolucionales profundas (DCNN) para el reconocimiento facial a gran escala es el diseño de funciones de pérdida apropiadas que mejoran el poder discriminativo. La pérdida de centro penaliza la distancia entre las características profundas y sus correspondientes centros de clase en el espacio euclidiano para lograr la compacidad intraclase. ArcFace propone una pérdida de margen angular aditiva para obtener características altamente discriminatorias para el reconocimiento facial. La propuesta de ArcFace tiene una interpretación geométrica clara debido a la correspondencia exacta con la distancia geodésica en la hiperesfera (Deng et al., 2019).

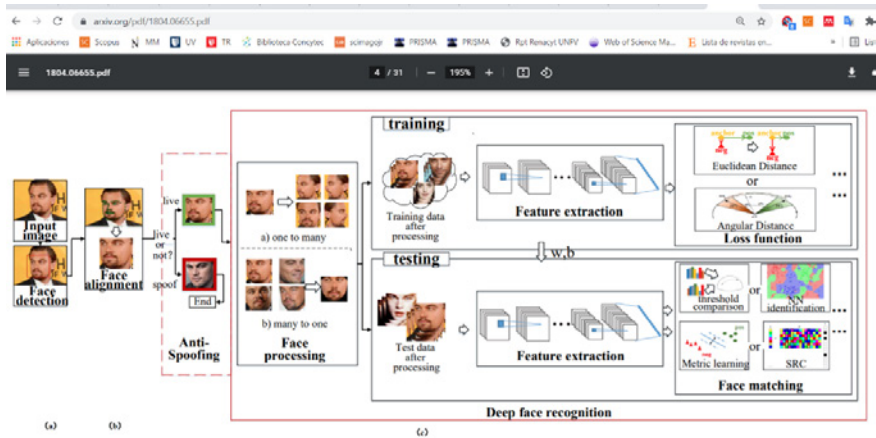
OpenFace, usa dlib para detectar la región de la cara en una imagen y da como resultado un cuadro que rodea cada cara que puede estar en diferentes poses. OpenFace emplea la transformación afin 2D como método de preprocesamiento que establece las esquinas de la nariz y los ojos relativamente cerca de las ubicaciones medias cambiando el tamaño y recortando las imágenes a los bordes de los puntos de referencia producidos por el detector de rostros dlib. El resultado de esta transformación es una imagen normalizada en 96 x 96 píxeles. Las imágenes normalizadas luego se introducen en la red para generar incrustaciones (representaciones). Estas incrustaciones se mapean en tripletes, se procesan mediante la función de pérdida de triplete y producen un gradiente que se retropropaga a través del mapeo. El modelo de red entrenado luego se puede usar como parte del marco de reconocimiento facial para generar incrustaciones y luego clasificar (Santoso & Kusuma, 2018).

Dlib es una biblioteca de código abierto que proporciona mejor entorno para desarrollar software basado en Aprendizaje automático en C++. El núcleo del Dlib es lineal con subprogramas básicos de álgebra lineal (BLAS). Se utiliza principalmente para la implementación de Redes bayesianas y algoritmos basados en Kernel para clasificación, agrupamiento, detección de anomalías, regresión y clasificación de características (Sharma et al., 2017). La biblioteca Dlib tiene dos componentes principales, álgebra lineal y herramientas de Machine Learning. El componente de álgebra lineal se basa en las técnicas de expresión de plantilla establecidas en Blitz ++ software numérico de Veldhuizen y Ponnambalam en 1996. Dlib usado con BLAS gana el rendimiento y la velocidad del código como bibliotecas optimizadas. Dlib puede realizar cualquier transformación en todas las expresiones invocando el BLAS apropiado que permite al usuario escribir ecuaciones en la forma más intuitiva, dejando así los detalles de la optimización del software a la biblioteca. Las herramientas de machine learning tienen el objetivo principal de proporcionar arquitectura modular simple y alta para el kernel basado en algoritmos Dlib se puede implementar en imágenes, vectores de columna o cualquier forma de datos estructurados. La implementación del algoritmo es completamente diferente de los datos sobre los que operan. La flexibilidad de Dlib es una

operación directa en cualquier objeto que lo haga para aplicar núcleos personalizados donde el núcleo opera con objetos del vector de longitud fija (King, 2009).

Figura 1

Modelo de reconocimiento facial DeepFace.



Nota. Tomado de "Deep Face Recognition: A Survey. Neurocomputing" por M. Wang & W. Deng, 2018, scienceDirect.

El gráfico representa el proceso de reconocimiento facial en sus etapas de alineación de la imagen, validación y procesamiento dentro del modelo que ha sido entrenado y probado.

Desde un punto de vista metodológico, se ha comprobado que las Redes Neuronales Artificiales son de mucha utilidad en el estudio de los fenómenos de comportamiento tanto individuales como sociales, los cuales están determinados en la mayoría de los casos por multitud de factores conocidos y desconocidos (Montaño, 2002). Posteriormente, la psicómetra Alina von Davier acuñó el término Psicometría Computacional, que define un paradigma entre el uso de herramientas de Big Data y Machine Learning con la vanguardia de la investigación teórica en psicometría, que permitan desarrollar nuevos modelos para manejar nuevos tipos de datos y la integración holística de sistemas de enseñanza, aprendizaje y evaluación (von Davier et al., 2019).

En los modelos de Machine Learning la predicción se logra mediante el uso de algoritmos de aprendizaje de propósito general para encontrar patrones en conjuntos de datos a menudo numerosos y muy complejos (Orrù et al., 2020). Las redes neuronales de alto rendimiento se entrenan con conjuntos de datos extremadamente grandes. Por ejemplo, una red neuronal profunda con 152 capas y entrenada en un conjunto de datos de Imagenet ($n = 1.2$ mn de imágenes) ha reducido al 3% el error en la clasificación de imágenes (He et al., 2016).

Por otro lado, Orrù et al. (2020) expresa que en el análisis de experimentos psicológicos, el número típico de puntos de datos está dado en el rango de 100 y se pregunta: ¿Los clasificadores de ML entrenados en un conjunto de datos tan pequeño mantienen su rendimiento? Para evaluarlo decidió procesar 298 participantes evaluados en un entorno de baja credibilidad (124 en el grupo de falsos buenos y 124 en el grupo de falsos malos), a los cuales se les agrupó en pequeños grupos de 62 participantes, (32

por cada una de las dos categorías), obteniéndose un buen desempeño. Sobre estos cuestionamientos se concluyó que la generalización/replicación de resultados a datos no vistos se estima de manera realista en lugar de considerarla de manera optimista, del mismo modo, se logró obtener estimaciones más realistas sobre la utilidad que el de un procedimiento diagnóstico.

El objetivo de la presente investigación fue identificar el estado emocional de los estudiantes en el aula virtual a través del reconocimiento facial utilizando redes neuronales convolucionales, para permitir al docente mejorar sus estrategias de enseñanza-aprendizaje en tiempo real para mantener siempre a los estudiantes motivados y en constante atención dentro del aula en función de las estrategias que emplea el docente, ya sea a través de la motivación, actividades participativas, colaborativas, entre otras.

Método

En la presente investigación se utilizó el paradigma constructivista, ya que en el constructivismo el relativismo afirma que no existen realidades únicas y determinadas, sino construcciones que responden a la percepción individual de cada individuo, lo que construye diversas necesidades e interpretaciones de lo que rodea a los individuos (Ramos, 2015). El enfoque de investigación es de tipo cuantitativo al recoger información de los individuos que se observan y del mismo modo, al determinar la probabilidad de ocurrencia de estos. Para el análisis de datos se utilizó el enfoque basado en datos, un enfoque muy utilizado dentro de la inteligencia artificial y del machine learning.

Por ser un prototipo, el presente estudio se ha realizado con una muestra representativa de 6 estudiantes en esta etapa inicial, 3 estudiantes del nivel de Educación básica regular y 3 estudiantes de educación superior universitaria, tomando como base una sesión de clase desarrollada en cada nivel. La muestra representativa es una muestra de tamaño relativamente apropiado que ha sido seleccionada por procedimientos aleatorios y las características que se observan en ella corresponden a la población de la cual se extrajo (Ras, 1980; Cochran, 1976; Scheaffer et al., 1987, citado por Gomez & Gomez, 2019). No existe la muestra representativa, es un ideal, nosotros la llamamos muestra suficientemente representativa (Gomez & Gomez, 2019).

Dentro del método desarrollado se ha utilizado el diseño no experimental, de tipo transeccional descriptivo que tiene como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiesta una o más veces, para lo cual, se desarrolló una solución de software en inteligencia artificial con redes neuronales convolucionales en lenguaje de programación Python que permita identificar a través de la cámara web, usando análisis biométrico, recoger las emociones de las personas tales como enojado, miedo, neutral, triste, disgustado, feliz y sorprendido, estas emociones se pueden encontrar utilizando las librerías del lenguaje de programación Python, las cuales trabajan con gran precisión en los modelos de reconocimiento facial tales como ArcFace, Google Facenet, DeepID, OpenFace, Dlib, VGG-Face y Facebook Deepface, los cuales han demostrado los porcentajes de precisión siguientes: Facebook Deepface y DeepID en base a experimentos, Dlib obtuvo el 99.38%; DeepID obtuvo 97.05%; ArcFace obtuvo el 99.41%; FaceNet / w 128d obtuvo un 99.2%; Google FaceNet, VGG-Face, ArcFace y dlib por encima que Openface, VGG-Face obtuvo un 98.78%; Como apoyo, Google FaceNet/ w 512d obtuvo un 99.65%; OpenFace tuvo 93.80% de precisión en el conjunto

de datos LFW, en comparación con las personas que solo tienen un 97.53%. Vistos los resultados expuestos, (Serengil & Ozpinar, 2020, 2021). para el presente estudio se decidió utilizar DeepFace que es una librería de python que cuenta con un marco híbrido de reconocimiento facial que envuelve los modelos VGG-Face, OpenFace, ArcFace, DeepID, Dlib, Google FaceNet y Facebook DeepFace. Los modelos de reconocimiento facial son redes neuronales convolucionales regulares y la similitud podría calcularse por la distancia euclidiana, la similitud del coseno y la forma L2 donde esta última parece ser la más estable.

La librería DeepFace cuenta con un módulo de atributos faciales que permiten también el reconocimiento de la raza, edad y género de una persona; solo para conocer el proceso de entrenamiento del modelo de reconocimiento facial de esta librería se utilizaron en una etapa inicial 13 mil imágenes de rostros de unas 5 mil personas, posteriormente, los investigadores agregaron 2600 imágenes más para ajustar mejor el modelo (Serengil & Ozpinar, 2020). Los estados de sentimientos se obtienen a partir de la red neuronal convolucional que soporta esta librería con todas las imágenes utilizadas en el entrenamiento en sus diversos estados.

Según Wang y Deng (2018) para el reconocimiento facial del modelo descrito se requieren tres pasos (Figura 1). Primero se identifica una imagen que puede estar incluso en un video. Segundo, la imagen se alinea con las coordenadas canónicas normalizadas lo cual permite identificar la veracidad de la imagen y descartar cualquier falsificación evitando así cualquier tipo de ataque, luego de esto, se puede realizar el reconocimiento facial. En la tercera parte de la Figura 1, se esquematiza el proceso de entrenamiento y pruebas del modelo de reconocimiento facial, el cual, una vez validado permite recibir la imagen que va a ser evaluada para determinar el grado de similitud correspondiente. Todo este proceso es soportado por redes neuronales convolucionales.

Con el propósito de evaluar el estado situacional de todos los estudiantes en el aula en tiempo real, procesar la información y enviarla al docente para que, a través de su computadora pueda identificar el estado total del aula de estudios en función de los siete estados indicados, se realizó una prueba, para lo cual, la solución de software a desarrollar requiere que los participantes estén con sus cámaras encendidas durante la clase, de tal forma, que el sistema recoja las emociones de cada estudiante en tiempo real y las envíe al docente en todo momento.

Resultados

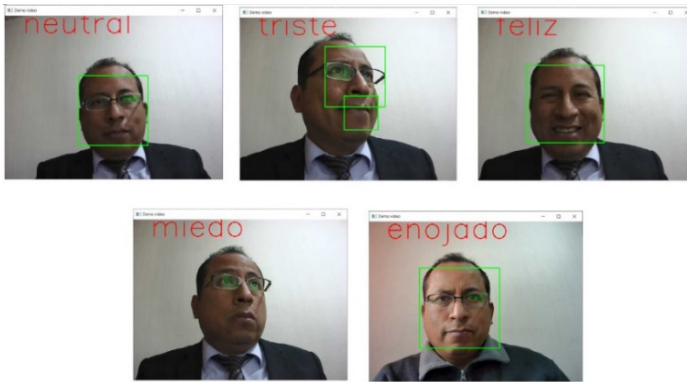
En el proceso de prototipo realizado (Figura 2) se aprecia la recolección de la información de un estudiante, de acuerdo a las emociones que pudo registrar en diferentes momentos de una clase.

El sistema propuesto evaluó las diferentes imágenes en tiempo real a través de algoritmos en inteligencia artificial de redes neuronales convolucionales regulares, realizó una comparación entre la base de datos seleccionada y la imagen que se había recogido del estudiante, alineó la imagen del rostro, identificó los puntos geométricos principales, luego estableció el porcentaje correspondiente a cada rasgo identificado dentro del análisis de sentimientos descrito anteriormente y finalmente determinó probabilísticamente los resultados correspondientes a las imágenes recogidas de la persona, de tal forma, que en cualquier momento de la clase se pudo recoger la

probabilidad de los siete estados descritos y estimar el mayor valor aceptable como resultado de su expresión.

Figura 2

Estados emocionales de reconocimiento facial



El siguiente código, es el resultado de la información obtenida dentro del prototipo realizado, el cual nos muestra un conjunto de parámetros establecidos para indicar una persona en estado normal (neutral), estos estados emocionales fueron implementados dentro de Deepface donde se hizo el análisis y la validación correspondiente (Serengil & Ozpinar, 2021) el procesamiento por parte de la aplicación determina el porcentaje de coincidencias de todos los estados emocionales, se ha tomado una captura en tiempo real de la imagen del estudiante y esta ha sido comparada con la base de datos con la cual cuenta el modelo de la aplicación. El siguiente es un ejemplo de la salida del código:

```
program (Output)
{'emotion': {'angry': 0.019127620907966048,
'disgust': 0.0019221228285459802,
'fear': 23.840796947479248,
'happy': 18.211452662944794,
'sad': 21.598833799362183,
'surprise': 0.0010724763342295773,
'neutral': 36.326801776885986},
'dominant_emotion': 'neutral'}
```

Como se puede apreciar, se verificó un conjunto de información relevante sobre los estados emocionales del estudiante, en donde se pudo encontrar los siete estados indicados para el presente estudio, los cuales se detallan en la Tabla 1.

El estado emocional que cuenta con mayor probabilidad es el estado neutral, lo que significa que en ese instante el estudiante se encontró en una condición de tipo normal dentro de la clase.

Del mismo modo, la librería DeepFace, muestra también los datos promedio de la edad, el género y la raza de una persona, de la cual, esta última, es determinada a través de un estudio probabilístico sobre las posibles razas entre indio, negro, blanco, medio oriente y latino hispano, donde, de acuerdo con la probabilidad más alta se establece la raza dominante de la persona.

Tabla 1

Probabilidad de todos los estados emocionales obtenidos al momento de capturar la imagen de la persona

Estado emocional	Probabilidad obtenida	Probabilidad
Enojado	.019127620907966048	.02%
Disgusto	.001922122828545980	.00%
Miedo	23.840796947479248	23.84%
Feliz	18.211452662944794	18.21%
Triste	21.598833799362183	21.60%
Sorpresa	.00107247633422957	.00%
Neutral	36.326801776885986	36.33%

Para determinar la forma óptima en cuanto a velocidad de procesamiento se realizó un test de 100 imágenes de una misma persona en diferentes posiciones faciales, así como también en diferentes estados emocionales. Para determinar el tiempo de respuesta en procesamiento por análisis de sentimientos de las imágenes se utilizó el reconocimiento facial a través de DeepFace que presenta la opción de configurar el backend del detector de rostros con las siguientes configuraciones: "retinaface", "mtcnn", "opencv", "ssd" y "dlib". La propuesta presentada requirió en todo momento la reducción de tiempos de procesamiento en el computador del usuario, así como en el servidor principal. Para el primer caso, se detectó que al configurar la aplicación con "retinaface" los tiempos de respuesta eran bastante altos, del mismo modo, cuando se utilizó con "mtcnn" se encontró el mismo problema, si bien es cierto que ambos modelos pueden tener un incremento de reconocimiento facial más exitoso, en este caso, quedan descartados para la presente aplicación. Para el uso de dlib se encontró que DeepFace no cuenta actualmente con el módulo, no permitiendo su configuración en forma básica, por lo cual tampoco se considera como opción, quedando solamente "opencv" que es la configuración por defecto, y del mismo modo "ssd", los cuales al ser utilizados demostraron un alto rendimiento en corto tiempo.

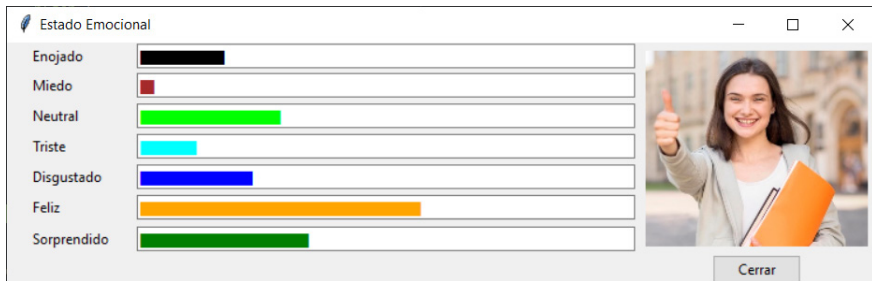
Una vez recogida la información de todos los estudiantes, se determinó en la aplicación las estadísticas reales por la cantidad de estudiantes de los diferentes estados encontrados en el salón de clases, determinándose en forma visual los resultados que podrán ser visualizados en el monitor del docente en tiempo real mientras va desarrollándose la clase, estos datos se actualizarán permanentemente durante toda la sesión.

La Figura 3 nos muestra un ejemplo de prototipo de la aplicación que visualizará el docente, donde sobre los resultados obtenidos del análisis de sentimientos, estos no se podrán visualizar de forma independiente para cada estudiante, debido a que en un salón de clases virtuales existe un promedio de treinta o más estudiantes, por lo cual, es difícil observar una estadística recurrente por cada uno de ellos en todo momento, por lo tanto, no se presentarán porcentajes por cada estado identificado de los estudiantes, ni tampoco el nombre o la ubicación de los estudiantes dentro del salón virtual, esto se hace con el fin de evitar juicios de valor sobre alguno de los estudiantes durante la clase, el docente solo deberá visualizar en su pantalla una estadística con

los diversos estados globales del grupo de estudiantes para que el docente pueda validar y escoger adecuadamente cuál es la estrategia más adecuada dentro del proceso enseñanza-aprendizaje para desarrollar su clase. Del mismo modo, teniendo en cuenta que el docente no puede estar permanentemente mirando el estado situacional de su salón de clase, se ha determinado incorporar una imagen representativa al estado de la clase y relacionada con el color indicado, de esta forma, se evitará distracción o preocupación constante por parte del docente. Por otro lado, la aplicación no le indicará ni le sugerirá una alternativa metodológica, debido a que cada curso en un centro de estudios tiene diversas metodologías efectivas para su aplicación, a todo esto, se suma la experiencia del docente que se encuentra desarrollando la clase para que pueda aplicar de acuerdo con su experiencia las mejores estrategias dentro de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Figura 3

Monitor situacional del salón de clase en estado feliz



Los resultados descritos en la Figura 3 se corresponden a una ventana de entorno visual, obtenida por la aplicación desarrollada en Python, esta aplicación es independiente del tipo de plataforma que utilice el docente para la conexión de la sesión virtual de clases, (Zoom, Teams, BlackBoard, etc.), No afecta el rendimiento de la aplicación principal de conectividad de clases lo que permite una independencia en las herramientas a utilizar dentro del aula virtual.

Discusión

De acuerdo con Wang y Deng (2018) para gestionar en los estudiantes la asistencia a clases, se ha identificado que esta es una tarea que se presenta reiteradas veces y demanda mucho tiempo para los administradores y maestros de escuela, por lo cual, se pensó en automatizar esta actividad con la implementación de los avances conocidos dentro del aprendizaje automático. En la realización de su investigación desarrolla una propuesta sobre un sistema de asistencia que se caracteriza por el uso del reconocimiento facial. Dentro del salón de clases se fotografía permanentemente con una cámara, luego se realiza un análisis en profundidad sobre la obtención de las imágenes capturadas con el fin de identificar y extraer los rasgos faciales, permitiendo de este modo el reconocimiento facial de su identidad, lo cual nos permite identificar concordancias relevantes con la propuesta presentada en el presente artículo, al utilizar inteligencia artificial con redes neuronales para el registro de imágenes faciales dentro de los procesos que son necesarios para facilitar el desarrollo de clases.

Por otro lado, Shrestha y Furqan (2020) expresan que IoT utiliza diversos sensores y determinados dispositivos existentes junto con diferentes algoritmos que permiten desarrollar una experiencia de aprendizaje que puede ser más eficiente e inteligente tanto para profesores como para estudiantes. Con base en la encuesta bibliográfica que realizó en la investigación realizada, sugiere identificar momentos en que los estudiantes se distraen de la clase y avisa los asesores o envía una alerta a través de aplicaciones inteligentes a los estudiantes. El sistema se encarga de preguntar sobre el tema a los estudiantes y si se equivocan, se avisa a los asesores para que puedan apoyar con una mejor experiencia de aprendizaje, lo cual nos muestra también la preocupación del uso de inteligencia artificial de forma similar al presente estudio para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Por último, Tautz et al. (2021) describe que en las tecnologías digitales se ofrece cada vez nuevas posibilidades de incrementar el desarrollo a través del aprendizaje activo, esto se debe a la repetición y la retroalimentación en clases que son muy numerosas de estudiantes. Desarrollaron una forma que permite evaluar la implementación de diversas herramientas digitales sobre la percepción en el aprendizaje activo, la repetición y la retroalimentación. Todos estos factores mencionados son importantes para la eficacia del aprendizaje, lo cual les permite coincidir en la preocupación por mejorar cada vez más el proceso enseñanza-aprendizaje.

Dentro de lo revisado en el presente estudio, se identifica que existe una mejora en el proceso enseñanza-aprendizaje desde el acompañamiento del docente haciendo uso de la inteligencia artificial y redes neuronales convolucionales, lográndose comprobar que se pueden elaborar estrategias apropiadas desde el conocimiento del estado emocional de los estudiantes. Esto permite en el futuro mejorar las condiciones del aprendizaje activo dentro del aula.

Conclusiones

Se concluye que el prototipo de solución propuesta puede aplicarse a cualquier nivel educativo en entornos virtuales, lográndose identificar que un factor principal es el estado emocional del estudiante. Esto favorece que el docente pueda establecer estrategias que favorezcan un buen clima en el aula, lo que permitirá mayor interés en los estudiantes y una participación óptima durante el proceso de aprendizaje.

En la medida que el docente tome conciencia de la importancia de generar un ambiente afectivo de aprendizaje y se interese por el aspecto emocional, promoverá una mejor interacción entre todos los actores, lo cual favorecerá el proceso y los resultados del aprendizaje. Esto permite darse cuenta que este aporte no solamente es valioso para el momento en que se desarrolla la acción pedagógica, sino que también se convierte en un medio para que los docentes vayan asumiendo la importancia de la formación integral de los estudiantes, en la que el desarrollo de habilidades sociales es fundamental y se ve impulsada cuando el docente asume que el aspecto socioemocional es parte inherente a los procesos de enseñanza-aprendizaje y promueve una participación activa que permite establecer a futuro un proceso de mejora continua entre los estudiantes y el docente. Este prototipo brinda información al docente, que no solamente le permite la búsqueda de estrategias didácticas óptimas para favorecer el proceso formativo, sino que le permite interiorizar su responsabilidad en la formación de la persona y no focalizarse únicamente en el desarrollo cognitivo que durante décadas fue su interés principal.

El prototipo propuesto basado en inteligencia artificial es una solución desarrollada en software libre Python de bajo costo, puesto que no transmite video en tiempo real, sino que captura imágenes en diversos intervalos de tiempo, estas son analizadas en la aplicación enviando solamente el estado emocional al docente, permitiendo no saturar el servicio de internet en el cual se desarrolla el proceso enseñanza-aprendizaje.

La presente propuesta contribuye a identificar el estado emocional de los estudiantes para mejorar las estrategias del proceso enseñanza-aprendizaje dentro del aula de clase en tiempo real, siendo una herramienta importante para que el docente pueda tomar decisiones en tiempo real y fortalece su propuesta pedagógica para el futuro, en el que la formación integral del estudiante será su gran reto.

Teniendo en consideración lo señalado, se pueden realizar trabajos en el futuro a partir de la presente solución que permitan medir otros aspectos de los estudiantes, tales como la participación en clase, aprendizajes colaborativos, seguimiento de evaluaciones entre otros. De esta forma el enriquecimiento del proceso formativo integral de la persona encuentra en estos prototipos un gran aporte para la acción pedagógica.

Referencias

- Aiquipa, W. A., Flores, E., Sernaque, F., Fuentes, A., Cueva, J., & Núñez, E. O. (2019). *Integrated Low-Cost Platform for the Capture, Processing, Analysis and Control in Real Time of Signals and Images*. 2nd International Conference on Sensors, Signal and Image Processing. <https://doi.org/10.1145/3365245.3365249>
- Corvalán, J. G. (2018). Inteligencia artificial: Retos, desafíos y oportunidades - Prometea: la primera inteligencia artificial de Latinoamérica al servicio de la Justicia. *Revista de Investigações Constitucionais*, 5, 295-316. <https://doi.org/10.5380/rinc.v5i1.55334>
- de Mello, F. L., & de Souza, S. A. (2019). Psychotherapy and Artificial Intelligence: A Proposal for Alignment. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.00263>
- Deng, J., Guo, J., Xue, N., & Zafeiriou, S. (2019). *ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition*. 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). <https://doi.org/10.1109/CVPR.2019.00482>
- El Hechi, M., Ward, T. M., An, G. C., Maurer, L. R., El Moheb, M., Tsoulfas, G., & Kaafarani, H. M. (2021). Artificial Intelligence, Machine Learning, and Surgical Science: Reality Versus Hype. *Journal of Surgical Research*, 264, A1-A9. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.01.046>
- Fakhoury, M. (2019). Artificial Intelligence in Psychiatry. En Y.-K. Kim (Ed.), *Frontiers in Psychiatry: Artificial Intelligence, Precision Medicine, and Other Paradigm Shifts* (pp. 119-125). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9721-0_6
- Gomez, A., & Gomez, K. (2019). *Muestreo estadístico para docentes y estudiantes* (1ª Ed.). Independently published.
- Hamet, P., & Tremblay, J. (2017). Artificial intelligence in medicine. *Metabolism-clinical and experimental*, 69, S36-S40. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011>
- Hasnine, M. N., Ahmed, M. M. H., & Ueda, H. (2021). Learner-Centric Technologies to Support Active Learning Activity Design in New Education Normal: Exploring the Disadvantageous Educational Contexts. *International Journal of Emerging*

- Technologies in Learning (IJET)*, 16(10), 150-162. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i10.20081>
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90>
- Howard, J. (2019). Artificial intelligence: Implications for the future of work. *American Journal of Industrial Medicine*, 62(11), 917-926. <https://doi.org/10.1002/ajim.23037>
- Jirapanthong, W. (2020). A Tool for Supporting the Evaluation of Active Learning Activities. En Y. Tan, Y. Shi, & M. Tuba (Eds.), *Advances in Swarm Intelligence* (pp. 476-484). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53956-6_43
- King, D. E. (2009). Dlib-ml: A Machine Learning Toolkit. *Journal of machine learning research*, 10, 1755-1758.
- León, O., & Romero, J. (2020). *Ambientes de aprendizaje accesibles que fomentan la afectividad en contextos universitarios*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Montaño, J. (2002) Redes Neuronales Artificiales aplicadas al Análisis de Datos [Tesis doctoral]. Universitat De Les Illes Balears. <http://hdl.handle.net/11201/2511>
- Nandwani, P., & Verma, R. (2021). A review on sentiment analysis and emotion detection from text. *Social Network Analysis and Mining*, 11(1), 81. <https://doi.org/10.1007/s13278-021-00776-6>
- Nazari, N., Shabbir, M. S., & Setiawan, R. (2021). Application of Artificial Intelligence powered digital writing assistant in higher education: Randomized controlled trial. *Heliyon*, 7(5), e07014. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07014>
- Orrù, G., Monaro, M., Conversano, C., Gemignani, A., & Sartori, G. (2020). Machine Learning in Psychometrics and Psychological Research. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.02970>
- Pulido, F. P., & Herrera, F. H. (2017). La influencia de las emociones sobre el rendimiento académico. *Ciencias Psicológicas*, 29-39. <https://doi.org/10.22235/cp.v11i2.1344>
- Ramos, C. A. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Avances en Psicología*, 23(1), 9-17. <https://doi.org/10.33539/avpsicol.2015.v23n1.167>
- Roberts, K., & Rosselot, C. (2019). Experiencia de acompañamiento a estudiantes para la permanencia en la educación superior desde una perspectiva Socioeducativa: El caso de la Universidad de Santiago de Chile. *Congresos CLABES*.
- Santoso, K., & Kusuma, G. P. (2018). Face Recognition Using Modified OpenFace. *Procedia Computer Science*, 135, 510-517. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.203>
- Schroff, F., Kalenichenko, D., & Philbin, J. (2015). FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering. *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298682>
- Serengil, S. I., & Ozpinar, A. (2020). LightFace: A Hybrid Deep Face Recognition Framework. *2020 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU)*. <https://doi.org/10.1109/ASYU50717.2020.9259802>
- Serengil, S. I., & Ozpinar, A. (2021). HyperExtended LightFace: A Facial Attribute Analysis Framework. *2021 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET)*. <https://doi.org/10.1109/ICEET53442.2021.9659697>
- Sharma, S., Shanmugasundaram, K., & Ramasamy, S. K. (2016). FAREC — CNN based efficient face recognition technique using Dlib. *2016 International Conference on*

Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT). <https://doi.org/10.1109/ICACCCT.2016.7831628>

- Shetty, A. B., Bhoomika, Deeksha, Rebeiro, J., & Ramyashree. (2021). Facial recognition using Haar cascade and LBP classifiers. *Global Transitions Proceedings*, 2(2), 330-335. <https://doi.org/10.1016/j.gltp.2021.08.044>
- Shrestha, S. K., & Furqan, F. (2020). IoT for Smart Learning/Education. *2020 5th International Conference on Innovative Technologies in Intelligent Systems and Industrial Applications (CITISIA)*. <https://doi.org/10.1109/CITISIA50690.2020.9371774>
- Tahan, M. (2019). Artificial Intelligence applications and psychology: An overview. *Neuropsychopharmacologia Hungarica*, 21(3), 8.
- Talan, T. (2021). Artificial Intelligence in Education: A Bibliometric Study. *International Journal of Research in Education and Science*, 7(3), 822-837. <https://doi.org/10.46328/ijres.2409>
- Tarik, A., Aissa, H., & Yousef, F. (2021). Artificial Intelligence and Machine Learning to Predict Student Performance during the COVID-19. *Procedia Computer Science*, 184, 835-840. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.03.104>
- Tautz, D., Sprenger, D. A., & Schwaninger, A. (2021). Evaluation of four digital tools and their perceived impact on active learning, repetition and feedback in a large university class. *Computers & Education*, 175, 104338. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104338>
- von Davier, A. A., Deonovic, B., Yudelson, M., Polyak, S. T., & Woo, A. (2019). Computational Psychometrics Approach to Holistic Learning and Assessment Systems. *Frontiers in Education*, 4. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/educ.2019.00069>
- Wang, G., Yin, J., Hossain, M. S., & Muhammad, G. (2021). Incentive mechanism for collaborative distributed learning in Artificial Intelligence of Things. *Future Generation Computer Systems*, 125, 376-384. <https://doi.org/10.1016/j.future.2021.06.015>
- Wang, M., & Deng, W. (2021). Deep Face Recognition: A Survey. *Neurocomputing, ScienceDirect*, 429, 215-244. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2020.10.081>
- Xu, J. J., & Babaian, T. (2021). Artificial intelligence in business curriculum: The pedagogy and learning outcomes. *The International Journal of Management Education*, 19(3), 100550. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2021.100550>
- Yang, L., Li, Z., Ma, S., & Yang, X. (2022). Artificial intelligence image recognition based on 5G deep learning edge algorithm of Digestive endoscopy on medical construction. *Alexandria Engineering Journal*, 61(3), 1852-1863. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.07.007>
- Yee Chung, J. W., Fuk So, H. C., Tak Choi, M. M., Man Yan, V. C., & Shing Wong, T. K. (2021). Artificial Intelligence in education: Using heart rate variability (HRV) as a biomarker to assess emotions objectively. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100011. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100011>

Sentiment analysis with artificial intelligence to improve the teaching-learning process in the virtual classroom

Análisis de sentimientos con inteligencia artificial para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje en el aula virtual

使用人工智能进行情感分析以改善虚拟课堂的教学过程

Анализ настроений с помощью искусственного интеллекта для улучшения процесса преподавания-обучения в виртуальном классе

Edward Jose Flores Masias

Federico Villarreal National University
eflores@unfv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-8972-5494>

Jose Hector Livia Segovia

Federico Villarreal National University
jlivia@unfv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-2226-3349>

Alfredo García Casique

Federico Villarreal National University
agarcia@unfv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-8373-3127>

María Elena Dávila Díaz

Federico Villarreal National University
mdavilad@unfv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-2555-8276>

Dates · Fechas

Received: 2022-08-17
Accepted: 2022-10-07
Published: 2023-01-01

How to Cite this Paper · Cómo citar este trabajo

Flores Masias, E. J., Livia Segovia, J. H., García Casique, A., & Dávila Díaz, M. E. (2023). Análisis de sentimientos con inteligencia artificial para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje en el aula virtual. *Publicaciones*, 53(2), 201–216. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26825>

Abstract

Introduction: In recent years, the teaching-learning process has been changing from face-to-face to virtual mode progressively worldwide, this was significantly accelerated due to the COVID-19 pandemic, where the classroom went from face-to-face to virtual format, affecting all levels of education, many countries had to make a leap to digital knowledge more out of necessity than technological growth, which leads to seeking solutions to new problems from the virtual environment. Today in the new normal from now on, the virtual environment will be developed in parallel with the face-to-face environment. The objective of this research was to identify the emotional state that students have in the virtual classroom, to allow the teacher to evaluate the perception that students have during their class session and thus improve their teaching-learning strategies in real time.

Method: An application in artificial intelligence with neural networks was proposed to capture the emotional state of students in the virtual classroom in real time to show the teacher the perception of their students during the virtual class session.

Results: The results obtained allow to show the states of the group of students so that the teacher can perceive the sensation within their students at the time of the class and thus improve their teaching-learning strategies in real time.

Conclusions: It is concluded that it is an efficient form of continuous improvement for active learning processes within the classroom in real time.

Keywords: Neural Networks; teaching-learning; virtual teaching; active learning; sentiment analysis.

Resumen

Introducción: En los últimos años, el proceso de enseñanza-aprendizaje ha ido cambiando del modo presencial al virtual de forma progresiva a nivel mundial, esto se aceleró significativamente a causa de la pandemia del COVID-19 afectando todos los niveles de la educación, muchos países tuvieron que dar un salto al conocimiento digital, más por necesidad que por crecimiento tecnológico, lo cual originó buscar soluciones a los nuevos problemas a partir del entorno virtual. Hoy en la nueva normalidad, el entorno virtual se desarrollará paralelamente con el entorno presencial. El objetivo de la presente investigación fue identificar el estado emocional que tienen los estudiantes en el aula virtual, para permitir al docente evaluar la percepción que tienen los estudiantes durante su sesión de clase y así mejorar sus estrategias de enseñanza-aprendizaje en tiempo real.

Método: Se propuso una aplicación de inteligencia artificial con redes neuronales que permiten capturar el estado emocional de los estudiantes dentro del aula virtual en tiempo real para mostrar al docente la percepción de sus estudiantes durante la sesión de clase virtual.

Resultados: Los resultados obtenidos muestran el estado emocional de los estudiantes dentro del aula, para que el docente pueda evaluar y así mejore en tiempo real sus estrategias dentro del proceso enseñanza-aprendizaje.

Conclusiones: Se concluye que es una forma eficiente de mejora continua para los procesos del aprendizaje activo dentro del aula en tiempo real.

Palabras clave: redes neuronales, enseñanza-aprendizaje, enseñanza virtual, aprendizaje activo, análisis de sentimientos.

Аннотация

Введение: В последние годы во всем мире процесс преподавания-обучения постепенно переходит от очного к виртуальному режиму, это значительно ускорилось из-за пандемии COVID-19, затронувшей все уровни образования, многим странам пришлось совершить скачок к цифровым знаниям, больше из-за необходимости, чем из-за технологического роста, который возник для поиска решений новых проблем из виртуальной среды. Сегодня, в условиях новой нормальности, виртуальная среда будет развиваться параллельно с очной средой. Целью данного исследования было определить эмоциональное состояние студентов в виртуальном классе, чтобы позволить преподавателю оценить восприятие студентов во время занятия и таким образом улучшить свои стратегии преподавания-обучения в режиме реального времени.

Метод: Было предложено приложение искусственного интеллекта с нейронными сетями для захвата эмоционального состояния студентов в виртуальном классе в реальном времени, чтобы показать преподавателю восприятие своих студентов во время сеанса виртуального класса.

Результаты: полученные результаты показывают эмоциональное состояние учеников в классе, чтобы учителя могли оценить и улучшить свои стратегии в процессе преподавания-обучения в режиме реального времени.

Выводы: Сделан вывод, что это эффективная форма непрерывного совершенствования процессов активного обучения в классе в режиме реального времени.

Ключевые слова: нейронные сети, преподавание-обучение, электронное обучение, активное обучение, анализ настроений.

摘要

引言: 近年来, 全球范围内的教学过程逐渐从面对面向虚拟模式转变。由于 COVID-19 疫情影响了各级教育, 这一进程显著加快, 许多国家不得不做出飞速补充数字知识, 而不仅仅是技术的增长。这一必要性促使我们从虚拟环境中寻找新问题的解决方案。在新常态的今天, 虚拟环境将与面对面环境并行发展。本研究的目的是确定学生在虚拟课堂中的情绪状态, 让教师能够评估学生在课堂上的感受, 从而实时改进他们的教学策略。

研究方法: 我们提出了一个带有神经网络的人工智能应用程序, 可以实时捕捉虚拟教室中中学生的情绪状态, 以向教师展示学生在虚拟课堂上的感受。

研究结果: 获得的结果显示了学生在课堂上的情绪状态, 以便教师在教学过程中实时评估并改进他们的策略。

研究结论: 得出的结论是, 它是一种持续改进课堂内实时主动学习过程的有效形式。

关键词: 神经网络, 教学-学习, 虚拟教学, 主动学习, 情感分析。

Introduction

In recent years, Artificial Intelligence (AI) has been in constant growth in its application field, it has been developing in many areas such as medicine (Hamet & Tremblay, 2017), education (Talan, 2021), justice (Corvalan, 2018), and in some other contexts, identifying the impact related to future work (Howard, 2019). At the same time, it has been gradually beginning to have a certain influence not only in some rigid or technological processes, but also in various areas of social sciences, such as psychology

(Tahan, 2019, De Mello, 2019) and likewise in psychiatry (Fakhoury, 2019), where there is the necessity to interpret human behaviors and patterns since the human behavior point of view, interpreting all these data obtained within the computational context and in this way, applying various mathematical models that allow understanding and interpreting certain patterns or actions of human behavior, permitting to identify a classification that aims to understand the behavior.

The choice of the correct didactic strategies becomes an optimal condition at the curricular level for the achievement of learning. This identification allows the teacher to focus mostly on those students whose emotional responses are not adequate and to establish mechanisms that allow the teacher to favor the learning of all students. It should be understood that "the classroom is an emotional environment" (León & Romero, 2020). Students show in the classroom several psycho-affective elements and this must be assumed by a teacher willing to make an ideal climate in the classroom in which affectivity must be a fundamental axis. The teacher has the duty to an approach to those students who are showing emotions that can be identified as a sign of their need for accompaniment which must be answered. Roberts and Roselot (2020) argue that the educational context must be responsible and responsive to a student who must be situated as an active agent in an environment that provides satisfaction during the teacher permanence.

Since the inception of the applications of different mobile phones that are responsible for locating our residence and place of work based on the daily path we travel, the different devices we use for voice recognition, music, and even in cars, we see nowadays they circulate without the driver, artificial intelligence has generated a radical change in our lives (El Hechi et al., 2021).

Within the education context. Artificial Intelligence seeks to find new ways of working in the context of the complexity of this area and look for going beyond the knowledge of the various disciplines such as engineering or computing (Xu & Babaian, 2021).

The main basis of AI is a set of existing algorithms that enable the machines in which it is applied to have the ability to make a decision instead of human beings. This relatively new technology makes it possible to improve decision-making in several areas of end users (Tarik et al., 2021). To analyze the indicated information that is constantly and exponentially growing, it is common to use deep learning techniques to obtain valid results. The success of deep learning for these developments is viable due to the permanent growth of information that is currently known as Big Data, and it is also possible due to the current processing capacity (Wang et al., 2021). Today, the use of images for recognition is used in different types of studies such as pharmacology, medicine, treatment of diseases by imaging among others. An extensive study has been object on this technique (Yang et al., 2021).

Due to this, there is a need to currently understand people within the teaching-learning processes, this is mainly due to the situation caused by COVID-19, where the attendance of students in educational institutions ceased to be face-to-face to become involved in the virtual context, and in this way, giving continuity to the various processes of the educational context.

One of the main problems identified in the teaching-learning process is the communication between the student and the teacher, the interaction and interpretation of the emotional state of students is necessary to know it in order to determine the strategies that allow motivating or reconnecting the student with the knowledge of the course and developing motivational activities and capabilities within the learning session. Pu-

lido and Herrera (2017), tell us about that the relation between the academic performance and emotional intelligence has allowed increasing scores in the first variable, as scores in the second one, in the same way, it happens to relationships between fear and emotional intelligence, fear and academic performance, being these last two inversely proportional.

In the context in which human being develops, motions allow expressing a main communication form coming from the gregarious nature. In general, all living forms, regardless of culture or species, require the use of emotions so that these can express or transmit to other living beings their feelings (Paul & Mendl, 2018, cited by Yee et al., 2021).

An important challenge to be taken into account for the integration of educational technology is to engage students in various affective ways. On this, there is still no way how technology can shape the attitude and likewise the behavior at the time of learning, something identified in the sciences of learning and educational psychology, allow to recognize the absence in research interest (Nazari et al., 2021). In cyberspace, the main medium that makes it possible to communicate feelings are social networks, this is due to the fast growth of internet access by users. In social networks, different people now use video and audio content, text or images to show their feelings or reaches (Nandwani & Verma, 2021). Similarly, as time passed, it is now possible to process audio and video on the same platform, decreasing the scope of the solution with considerable energy savings, if time was a critical factor, working in real time would be possible, allowing to have a low control on the various connected devices and the time of the system use (Aiquipa et al., 2019).

Another context that focuses on the student is the active learning, where the student uses the discussion, and in the same way, in the play of several roles on collaborative problem solving; allowing to involve the student little by little, however, this process has been relatively decreasing due to the current situation of pandemic, nowadays, these process activities that were focused on classroom are performed virtually (Hasnine et al., 2021). Currently, active learning is part of an educational principle that is shaped by a strategic type approach. Students who are engaged generate a greater concern, several studies have covered with how to support this proposed approach, however, there is a problem on how to assess the progress and performance effectively (Jirapanthong, 2020). Large study groups regularly face new challenges to improve active learning, repetition, and feedback in the classroom, are necessary to improve student learning (Tautz et al., 2021).

Biometrics is a technique used to identify faces regularly, facial recognition is the one that make it possible doing this through multimedia images. This technique has been gradually growing worldwide (Shetty et al., 2021). The support to identify images is through convolutional neural networks, which identify images as vectors, then two images are compared and their matches are determined. This process is possible because it can be calculated by various metrics or forms, such as Euclidean distance and cosine similarity through the L2 form. Usually, the main form used is cosine similarity (Serengil & Ozpinar, 2020).

FaceNet directly learns by mapping facial images to a compact Euclidean space, where similarity is determined through face similarity matching distances. Then, activities such as face recognition, grouping and verification can be easily implemented using standard techniques with FaceNet embeddings in the form of vector functions. It uses a deep convolutional network that has been directly trained to optimize the embed-

ding itself, rather than an intermediate bottleneck layer with previous deep learning approaches (Schroff et al., 2015).

ArcFace, has as its main challenge using Deep Convolutional Neural Networks (DCNN) for large-scale face recognition in feature learning, and it is also the design of appropriate loss functions that can improve discrimination. Center loss penalizes the distance between deep features and their corresponding class centers in Euclidean space to achieve intra-class compactness. ArcFace has proposed additive angular margin loss to obtain highly discriminative features for face recognition. The ArcFace proposal has a clear geometrical interpretation due to the exact correspondence with the geodesic distance in the hypersphere (Deng et al., 2019).

OpenFace, uses dlib to identify the face region in an image and results in a box that surround each face that can be in different positions. OpenFace employs the 2D affine transform as a preprocessing method that identifies the corners of the nose and eyes relatively close to middle locations by resizing and cropping the images to the edges of the landmarks produced by the dlib face detector. As a result of this transformation, a normalized image is given at 96 x 96 pixels. The normalized images are then fed into the network to generate embeddings (representations). These embeddings are mapped into triplets, processed using the triplet loss function and produce a gradient that is backpropagated through the mapping. The trained network model can then be used as part of the face recognition framework to generate embeddings and then classify them (Santoso & Kusuma, 2018).

Dlib is an open-source library that provides a better environment for developing software based on Machine Learning using C++. The core of Dlib is linear with Basic Linear Algebra Subprograms (BLAS). It is mainly used in implementing Bayesian Networks and Kernel based on algorithms for grouping, classification, anomaly detection, feature classification and regression (Sharma et al., 2017). The Dlib library has two essential components, Machine learning tools and linear algebra. The component of linear algebra is based on the template expression techniques established in the Blitz ++ numerical software by Veldhuizen and Ponnambalam (1996). Dlib used as BLAS gains code speed and performance as optimized libraries. This also can perform any transformation on all expressions by invoking the appropriate BLAS which allows the user to write equations in the most intuitive way, thus leaving the details of software optimization to the library. The machine learning tools main goal is to provide simple and high modular architecture so that the kernel based Dlib algorithms can be implemented on column vectors, images, or any form of structured data. The implementation of the algorithm is totally different from the data on which they operate. The Dlib flexibility is a direct operation on any object that makes it to implement custom kernels where these operates on fixed-length vector objects (King, 2009).

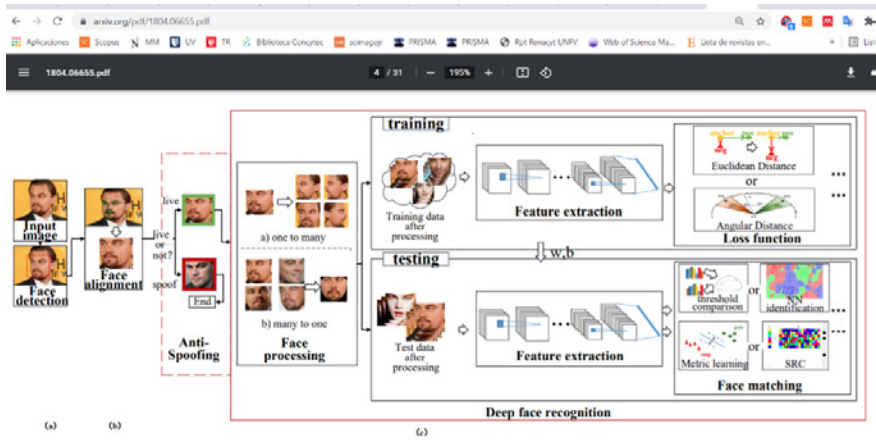
The graphic represents the face recognition process in its stages of image alignment, validation and processing within the model that has been trained and tested.

From a methodological point of view, it has been proven that Artificial Neural Networks are very useful in the study of both individual and social behavioral phenomena, which are determined in most cases by a multitude of known and unknown factors (Montaño, 2002). Subsequently, the psychometrist Alina von Davier coined the term Computational Psychometrics, which defines a paradigm between the use of Machine Learning and Big Data tools as a cutting-edge element of theoretical investigation in psychometrics, enabling the development of new models to handle new types of data

and the holistic integration of teaching, learning and assessment systems (von Davier et al., 2019).

Figure 1

DeepFace facial recognition model.



Note. Taken from “Deep Face Recognition: A Survey. Neurocomputing” by M. Wang & W. Deng, 2018, scienceDirect.

Within Machine Learning models’ prediction can be obtained by using general purpose learning algorithms to find patterns in often very complex and numerous data sets (Orrù et al., 2020). High-performance neural networks are trained on extremely large data sets. Such as, a deep neural network with 152 layers and trained on an Imagenet dataset (n = 1.2 mn of images) has reduced the error in image classification to 3% (He et al., 2016).

Orrù et al. (2020) argue that in the analysis of psychological experiments, the typical number of data points is given in the range of 100 and it is asked: Do Machine Learning classifiers trained on such as small data set maintain their performance? To evaluate this, it was decided to take 298 participants in a low credibility environment (124 in the false negative group and 124 in the false positive one), which were placed in small groups of 62 participants, (32 for each one of the two categories), obtaining a good performance. On these questions it was concluded that the replication/generalization of results to unseen data is estimated realistically rather than optimistically, likewise it was gotten more realistic estimates of usefulness than that of a diagnostic procedure.

The objective of this research was to identify the emotional state of students in the virtual classroom through facial recognition using convolutional neural networks to allow the teacher to improve their teaching-learning strategies in real time to always keep students motivated and in constant attention in the classroom based on the strategies employed, either through motivation, participatory activities, collaborations and others.

Method

This investigation was developed considering the constructivist paradigm, because it affirms that there are no determined and unique realities, but there are constructions that allow responding to the individualistic perception of each person, which builds different interpretations and needs of what surrounds individuals (Ramos, 2015). The approach of the present research is quantitative due to the fact that is given by collecting information from the observed individuals, similarly, by determining the probability of similarity of occurrence. For the data analysis of this investigation, it was used the technique of approach based on the data, this is an approach currently widely used in the context of machine learning and AI.

Because this study it is a prototype, it has been done with a representative sample of 6 students in the early stage, 3 students from the regular basic education and 3 students from university level, based on a class session developed at each level. The representative sample is a relatively appropriate group that has been selected by random procedures and the characteristics observed on it correspond to the population from which it was drawn (Ras, 1980; Cochran, 1976; Scheaffer et al., 1987, cited by Gomez & Gomez, 2019). There is no a representative sample, it is an ideal, we call it a sufficiently representative sample (Gomez & Gomez, 2019).

The method used was the non-experimental design, descriptive transactional type, which allowed to identify the values and the incidence that manifests one or more times, an AI application was developed with convolutional neural networks in Python, a programming language, allowing to use the webcam to perform biometric analysis and thus identify the different emotions of the participants such as fear, sadness, disgust, happiness, surprise, neutral and anger, these emotions can be found using Python programming language libraries, which work with high accuracy in facial recognition models such as ArcFace, Google Facenet, DeepID, OpenFace, Dlib, VGG-Face and Facebook Deepface, which have demonstrated the following accuracy percentages: Facebook Deepface and DeepID based on experiments, Dlib scored 99.38%; DeepID scored 97.05; ArcFace scored 99.41%; FaceNet / w 128d scored 99.2%; Google FaceNet, VGG-Face, ArcFace and dlib above than Openface, VGG-Face scored 98.78%; In support, Google FaceNet/ w 512d scored 99.65%; OpenFace had 93.80% accuracy on the LFW dataset, compared to individuals with only 97.53%. Having the exposed results, (Serengil & Ozpinar, 2020, 2021). For the present study it was decided to use DeepFace which is a python library that has a hybrid face recognition framework that engaged models like VGG-Face, OpenFace, ArcFace, DeepID, Dlib, Google FaceNet and Facebook DeepFace. These face recognition models are regular convolutional neural networks and the similarity could be calculated by Euclidean distance, cosine similarity and L2 form where the latter seems to be the most stable.

The DeepFace library has a facial attributes module that also allows the recognition of race, age and gender of a person; just to know the training process of the facial recognition model of this library, 13 thousand images of faces from 5 thousand people, afterwards, the researchers added 2600 more images to better fit the model (Serengil & Ozpinar, 2020). The sentiment states are obtained from the convolutional neural network that supports this library with all the images used in the training in their various states.

According to Wang and Deng (2018) for the facial recognition of the described model it is required 3 steps (Figure 1). First, it is identified an image that can be even in a video. Second, the image is aligned with the normalized canonical coordinates, which allows

identifying the veracity of the image and discarding any falsification, thus avoiding any type of attack, after this, the facial recognition can be performed. In the third part of Figure 1, the training and testing process of the face recognition model is schematized, which, once validated, allows receiving the image to be evaluated to determine the level of similarity. This whole process is supported by convolutional neural networks.

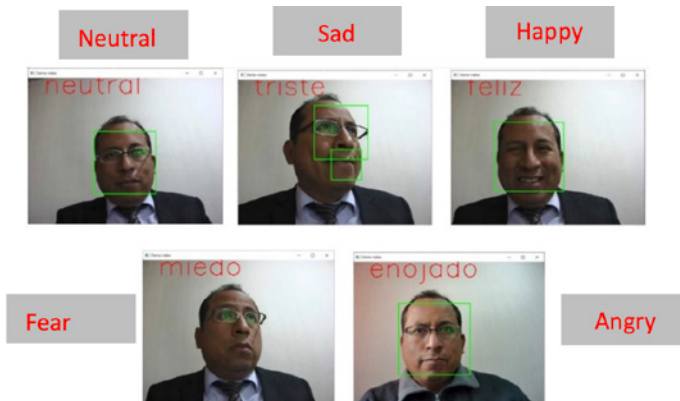
All the students participated with the aim to evaluate the situational state in real time, processing the collected information and sending it to the teacher of the session, so the emotional state of all the students within the classrooms can be monitored through the computer according to the seven states described above. A test was developed where the participants had to be with their cameras on during the class session, in this way, the system could collect the emotions of each participating student in real time and send the results to the teacher at all times.

Results

In Figure 2, the collection of information from the prototype is visualized, based on the emotions identified in different moments of the class.

Figure 2

Emotional states of facial recognition



The several images were evaluated in the proposed system in real time using the artificial intelligence algorithms with regular convolutional neural networks, a comparison was made between the selected database and the image that had been collected of the student, it also aligned the image of the face, identified the main geometric points, and then established the percentage corresponding to each identified feature within the sentiment analysis described above and finally probabilistically determined the results corresponding to the collected images of the person, in such a way that at any time of the class it was possible to collect the probability of the seven described states and estimate the highest acceptable value as a result of its expression.

The following result is the code of the corresponding information in the developed prototype, which allows visualizing the parameters established to determine a person in its normal state (neutral), these emotional states were implemented within Deepface where the analysis and the corresponding validation was done (Serengil &

Ozpinar, 2021) and the processing by the application determines the percentage of coincidences of all emotional states, a real-time capture of the student's image has been taken and this has been compared with the database with which the application model has. The following is an example of the code output:

```
program (Output)
{'emotion': {'angry': 0.019127620907966048,
'disgust': 0.0019221228285459802,
'fear': 23.840796947479248,
'happy': 18.211452662944794,
'sad': 21.598833799362183,
'surprise': 0.0010724763342295773,
'neutral': 36.326801776885986},
'dominant_emotion': 'neutral'}
```

In table 1 is detailed the seven states, these are verified by from a set of information relevant to the student's emotional states for the study conducted.

Table 1

Probability of all emotional states obtained at the moment of capturing the image of the person.

Emotional State	Probability obtained	Probability
Angry	0.019127620907966048	.02%
Disgust	0.001922122828545980	.00%
Fear	23.840796947479248	23.84%
Happy	18.211452662944794	18.21%
Sad	21.598833799362183	21.60%
Surprise	0.00107247633422957	.00%
Neutral	36.326801776885986	36.33%

In the previous table, the emotional state with the highest probability corresponds to the neutral state, which indicates that at the moment of the student's capture, a normal condition was identified in the class development.

Similarly, the DeepFace library also shows the average data of a person's age, gender and race, in which this last one is determined through a probabilistic study on the possible races between Indian, Black, White, Middle Eastern and Latin/Hispanic, where, according to the highest probability, the dominant race of the person is established.

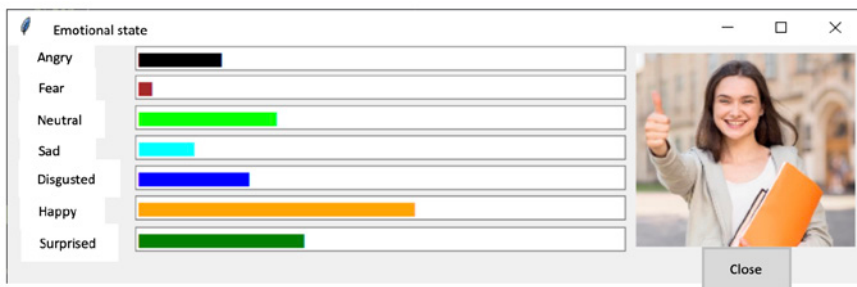
To determine the optimal processing speed, a test of 100 images of the same person in different facial positions, as well as in different emotional states, was performed. To establish the response time in processing by sentiment analysis of the images, face recognition was used through DeepFace, which presents the option of configuring the backend of the face detector with the following configurations: "retinaface", "mtcnn", "opencv", "ssd" y "dlib". The proposal presented required at all times the reduction of processing times in the user's computer, as well as in the main server. For the first case, it was detected that when configuring the application with "retinaface" the response times were quite high, likewise, when used with "mtcnn" the same problem was found,

although it is true that both models can have a more successful facial recognition increase, in this case, they are discarded for this application. For the use of dlib it was found that DeepFace does not currently have the module, not allowing its configuration in its basic form, so it is not considered as an option, leaving only "opencv" which is the default configuration, and likewise for "ssd", which showed high performance in a short time at the using moment.

Once the emotional states of students have been collected, it was determined the visualization of real statistics by number of students of the different states found inside the classroom, presenting inside the teachers monitor in real time at the time the class is developing, the data obtained by the collection which will be permanently updated while the class session lasts.

Figure 3 shows us an application prototype example that the teacher will visualize, where the results obtained from the sentiment analysis cannot be seen in a independent way for each student, because in a virtual classroom there is an average of thirty or more students, so it is difficult to observe a recurring statistic for each of them at all times, therefore, percentages will not be presented for each identified state of the students, nor the name or location of them within the virtual classroom, this is done in order to avoid value judgements on any of the students during the class, the teacher must only visualize on the screen a statistic with the different global states of the group of students so that the teacher can validate and choose the most appropriate strategy within the teaching-learning process to develop the class. In the same way, taking into account that the teacher cannot be permanently looking at the situational state of the classroom, it has been determined to incorporate a representative image of the class state and related to the indicated color, avoiding distractions or constant concern that the teacher could have. On the other hand, the application will not indicate or suggest a methodological alternative, because each course has different methodologies for its application depending to the study center, to all this, the experience of the teacher who is developing the class is added in order to be applied, according to the own experience, the best strategies within the teaching-learning processes.

Figure 3
Classroom situational monitor in happy state



The results described in Figure 3 correspond to a visual environment window, obtained by the application developed in Python, this application is independent of the type of platform used by the teacher to connect the virtual class session, (Zoom, Teams, BlackBoard, etc.), It does not affect the performance of the main application of class connectivity which allows independence in the tools to be used within the virtual classroom.

Discussion

According to Wang and Deng (2018) to manage students' attendance to classes, it has been identified that this is a task that is presented repeatedly and demands a lot of time for school administrators and teachers, therefore, it was thought to automate this activity with the implementation of known advances within machine learning. In the developed research, it is presented a proposal for an attendance system whose main feature is facial recognition. In the classroom, photographs are taken permanently, then an in-depth analysis is performed with the images obtained seeking to identify facial features, and identifying facial recognition of their identity, which allows identifying the similarities found that are relevant to the proposal developed in this study, this is because it uses AI with neural networks for face recognition within the context of the process of developing classes.

Shrestha and Furqan (2020) tell us that IoT uses certain existing sensors and devices with various algorithms that allow a smarter and more efficient learning experience for both students and teachers. It is based on a bibliography survey developed in their investigation. It suggests identifying moments where students are distracted in class and sends a warning to advisors or an alert via smart apps to students in the session. The system evaluates the students and if there is no an appropriate respond, it alerts the advisors so that they can support with a better learning experience, allowing to identify the concern of need for the use of AI in a similar way to the present study in order to improve the teaching-learning processes.

Finally, Tautz et al. (2021) describe that digital technologies offer every time new possibilities to increase development through active learning, this is due to repetition and feedback in classes that have a very large number of students. They developed a form that allows to evaluate the implementation of various digital tools on the perception and feedback. All these factors mentioned are important for the efficiency of learning, which allows them to agree about the concern to improve more and more the teaching-learning process.

Within the review of this study, it is identified that there is an improvement in the teaching-learning process from the teacher accompaniment using artificial intelligence and convolutional neural networks, proving that appropriate strategies can be developed from the knowledge of the emotional state of students. This allows in the future to improve the conditions of active learning in classrooms.

Conclusions

It is concluded that the proposed prototype solution can be applied to any educational level in virtual environments, identifying that a main factor is the student's emotional state. This favors the teacher to establish strategies helping to have a good classroom climate, allowing a greater interest in students and an optimal participation during the learning process.

As long as the teacher take into account the importance of generating an affective environment of learning and an interest in the emotional aspect, they will promote a better interaction among all the actors, which will favor the learning process and results. This allows realizing that this contribution is not only valuable for the moment in which the pedagogical action is developed, but also becomes a means for teachers to assume the importance of the integral formation of students, in which the

development of social skills is fundamental and is boosted when the teacher assumes that the socioemotional aspect is an inherent part of the teaching-learning processes and promotes an active participation that allows establishing a process of continuous improvement between the students and the teacher in the future. This prototype provides information to the teacher, which not only allows to search for optimal didactic strategies to favor the formative process, but also allows to internalize responsibility in the formation of the person and not focusing only on cognitive development, which for decades was the only interest for the teacher.

The presented prototype is based on AI, this is an application developed through the Python programming language, which is a software for free, it does not transmit video in real time, but captures images at different time intervals, these are evaluated in the application sending only the emotional state of the students to the teacher, allowing to avoid saturating the internet service which is being used to develop the teaching-learning process.

This proposal contributes to identify the emotional state of the students to improve the strategies of the teaching-learning process in the classroom in real time, being an important tool for the teacher to make decision at that moment and strengthens the pedagogical proposal used for the future, in which the integral formation of the student will be a great challenge for the teacher.

Taking into consideration the above mentioned, in the future, it can be carried some works based on this solution allowing to measure other aspects of students, such as class participation, collaborative learning, follow-up of evaluations and some others. In this way, the enrichment of the integral formative process of the person finds in these prototypes a great contribution for the pedagogical action.

References

- Aiquipa, W. A., Flores, E., Sernaque, F., Fuentes, A., Cueva, J., & Núñez, E. O. (2019). *Integrated Low-Cost Platform for the Capture, Processing, Analysis and Control in Real Time of Signals and Images*. 2nd International Conference on Sensors, Signal and Image Processing. <https://doi.org/10.1145/3365245.3365249>
- Corvalán, J. G. (2018). Inteligencia artificial: Retos, desafíos y oportunidades - Prometea: la primera inteligencia artificial de Latinoamérica al servicio de la Justicia. *Revista de Investigações Constitucionais*, 5, 295-316. <https://doi.org/10.5380/rinc.v5i1.55334>
- de Mello, F. L., & de Souza, S. A. (2019). Psychotherapy and Artificial Intelligence: A Proposal for Alignment. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.00263>
- Deng, J., Guo, J., Xue, N., & Zafeiriou, S. (2019). *ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition*. 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). <https://doi.org/10.1109/CVPR.2019.00482>
- El Hechi, M., Ward, T. M., An, G. C., Maurer, L. R., El Moheb, M., Tsoulfas, G., & Kaafarani, H. M. (2021). Artificial Intelligence, Machine Learning, and Surgical Science: Reality Versus Hype. *Journal of Surgical Research*, 264, A1-A9. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.01.046>

- Fakhoury, M. (2019). Artificial Intelligence in Psychiatry. En Y.-K. Kim (Ed.), *Frontiers in Psychiatry: Artificial Intelligence, Precision Medicine, and Other Paradigm Shifts* (pp. 119-125). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9721-0_6
- Gomez, A., & Gomez, K. (2019). *Muestreo estadístico para docentes y estudiantes* (1ª Ed.). Independently published.
- Hamet, P., & Tremblay, J. (2017). Artificial intelligence in medicine. *Metabolism-clinical and experimental*, 69, S36-S40. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011>
- Hasnine, M. N., Ahmed, M. M. H., & Ueda, H. (2021). Learner-Centric Technologies to Support Active Learning Activity Design in New Education Normal: Exploring the Disadvantageous Educational Contexts. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 16(10), 150-162. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i10.20081>
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90>
- Howard, J. (2019). Artificial intelligence: Implications for the future of work. *American Journal of Industrial Medicine*, 62(11), 917-926. <https://doi.org/10.1002/ajim.23037>
- Jirapanthong, W. (2020). A Tool for Supporting the Evaluation of Active Learning Activities. En Y. Tan, Y. Shi, & M. Tuba (Eds.), *Advances in Swarm Intelligence* (pp. 476-484). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53956-6_43
- King, D. E. (2009). Dlib-ml: A Machine Learning Toolkit. *Journal of machine learning research*, 10, 1755-1758.
- León, O., & Romero, J. (2020). *Ambientes de aprendizaje accesibles que fomentan la afectividad en contextos universitarios*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Montaño, J. (2002) Redes Neuronales Artificiales aplicadas al Análisis de Datos [Tesis doctoral]. Universitat De Les Illes Balears. <http://hdl.handle.net/11201/2511>
- Nandwani, P., & Verma, R. (2021). A review on sentiment analysis and emotion detection from text. *Social Network Analysis and Mining*, 11(1), 81. <https://doi.org/10.1007/s13278-021-00776-6>
- Nazari, N., Shabbir, M. S., & Setiawan, R. (2021). Application of Artificial Intelligence powered digital writing assistant in higher education: Randomized controlled trial. *Heliyon*, 7(5), e07014. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07014>
- Orrù, G., Monaro, M., Conversano, C., Gemignani, A., & Sartori, G. (2020). Machine Learning in Psychometrics and Psychological Research. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.02970>
- Pulido, F. P., & Herrera, F. H. (2017). La influencia de las emociones sobre el rendimiento académico. *Ciencias Psicológicas*, 29-39. <https://doi.org/10.22235/cp.v11i2.1344>
- Ramos, C. A. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Avances en Psicología*, 23(1), 9-17. <https://doi.org/10.33539/avpsicol.2015.v23n1.167>
- Roberts, K., & Rosselot, C. (2019). Experiencia de acompañamiento a estudiantes para la permanencia en la educación superior desde una perspectiva Socioeducativa: El caso de la Universidad de Santiago de Chile. *Congresos CLABES*.
- Santoso, K., & Kusuma, G. P. (2018). Face Recognition Using Modified OpenFace. *Procedia Computer Science*, 135, 510-517. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.203>

- Schroff, F., Kalenichenko, D., & Philbin, J. (2015). FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering. *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298682>
- Serengil, S. I., & Ozpinar, A. (2020). LightFace: A Hybrid Deep Face Recognition Framework. *2020 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU)*. <https://doi.org/10.1109/ASYU50717.2020.9259802>
- Serengil, S. I., & Ozpinar, A. (2021). HyperExtended LightFace: A Facial Attribute Analysis Framework. *2021 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET)*. <https://doi.org/10.1109/ICEET53442.2021.9659697>
- Sharma, S., Shanmugasundaram, K., & Ramasamy, S. K. (2016). FAREC — CNN based efficient face recognition technique using Dlib. *2016 International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCT)*. <https://doi.org/10.1109/ICACCT.2016.7831628>
- Shetty, A. B., Bhoomika, Deeksha, Rebeiro, J., & Ramyashree. (2021). Facial recognition using Haar cascade and LBP classifiers. *Global Transitions Proceedings*, 2(2), 330-335. <https://doi.org/10.1016/j.glt.2021.08.044>
- Shrestha, S. K., & Furqan, F. (2020). IoT for Smart Learning/Education. *2020 5th International Conference on Innovative Technologies in Intelligent Systems and Industrial Applications (CITISIA)*. <https://doi.org/10.1109/CITISIA50690.2020.9371774>
- Tahan, M. (2019). Artificial Intelligence applications and psychology: An overview. *Neuropsychopharmacologia Hungarica*, 21(3), 8.
- Talan, T. (2021). Artificial Intelligence in Education: A Bibliometric Study. *International Journal of Research in Education and Science*, 7(3), 822-837. <https://doi.org/10.46328/ijres.2409>
- Tarik, A., Aissa, H., & Yousef, F. (2021). Artificial Intelligence and Machine Learning to Predict Student Performance during the COVID-19. *Procedia Computer Science*, 184, 835-840. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.03.104>
- Tautz, D., Sprenger, D. A., & Schwaninger, A. (2021). Evaluation of four digital tools and their perceived impact on active learning, repetition and feedback in a large university class. *Computers & Education*, 175, 104338. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104338>
- von Davier, A. A., Deonovic, B., Yudelson, M., Polyak, S. T., & Woo, A. (2019). Computational Psychometrics Approach to Holistic Learning and Assessment Systems. *Frontiers in Education*, 4. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/educ.2019.00069>
- Wang, G., Yin, J., Hossain, M. S., & Muhammad, G. (2021). Incentive mechanism for collaborative distributed learning in Artificial Intelligence of Things. *Future Generation Computer Systems*, 125, 376-384. <https://doi.org/10.1016/j.future.2021.06.015>
- Wang, M., & Deng, W. (2021). Deep Face Recognition: A Survey. *Neurocomputing, ScienceDirect*, 429, 215-244. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2020.10.081>
- Xu, J. J., & Babaian, T. (2021). Artificial intelligence in business curriculum: The pedagogy and learning outcomes. *The International Journal of Management Education*, 19(3), 100550. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2021.100550>
- Yang, L., Li, Z., Ma, S., & Yang, X. (2022). Artificial intelligence image recognition based on 5G deep learning edge algorithm of Digestive endoscopy on medical construc-

tion. *Alexandria Engineering Journal*, 61(3), 1852-1863. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.07.007>

Yee Chung, J. W., Fuk So, H. C., Tak Choi, M. M., Man Yan, V. C., & Shing Wong, T. K. (2021). Artificial Intelligence in education: Using heart rate variability (HRV) as a biomarker to assess emotions objectively. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100011. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100011>

Implementación de un modelo integrado de gestión académica con LMS en el sistema universitario

Implementation of an Integrated Academic Management Model with LMS in the University System

在大学系统中实施与LMS的学术管理一体化模式

Внедрение интегрированной модели академического менеджмента с LMS в университетской системе

Emma Margarita Wong-Fajardo

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
ewong@usat.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-3775-379X>

Mery Mendoza-Rodas

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
mmendoza@usat.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-7927-479X>

Ronald Hernández-Vásquez

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
rhernandez@usat.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-1263-2454>

Hugo Saavedra-Sánchez

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
esaavedra@usat.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-7823-9586>

Fechas · Dates

Recibido: 2022-09-12
Aceptado: 2022-12-02
Publicado: 2023-01-01

Cómo citar este trabajo · How to Cite this Paper

Wong-Fajardo E. M., Mendoza-Rodas, M., Hernández-Vásquez, R., & Saavedra-Sánchez, H. (2023). Implementación de un modelo integrado de gestión académica con LMS en el sistema universitario. *Publicaciones*, 53(2), 217–235. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26826>

Resumen

La calidad de la educación superior de un país es un pilar fundamental para su desarrollo; ello implica reestructurar y autoevaluar programas de estudios, así como sistematizar los procesos académicos. La Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, en respuesta a estos retos y a las normativas nacionales de calidad, el Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de Calidad Educativa (SINEACE) y la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU), incorporó mejoras en los procesos académicos con el uso de Tecnologías de la Información. La presente investigación muestra resultados de la experiencia de implementación de un modelo integrado de gestión académica con los Learning Management Systems (LMS) en un contexto universitario y se explican las diversas fases que conformaron esta propuesta. El estudio corresponde a una investigación tecnológica aplicada con enfoque cuantitativo, la muestra fue censal complementándose con la técnica focus group y la aplicación de entrevistas semiestructuradas. Los resultados más importantes indican que: La implementación del modelo integrado de las plataformas tecnológicas dentro del Campus Virtual (Sistema de Enseñanza-Aprendizaje, Sistema de Gestión Académica y Sistema de Gestión Curricular) e integración de los LMS permiten evidenciar los niveles de logro de las competencias del perfil de egreso y el despliegue del sistema integrado de gestión académica con LMS y brinda un significativo soporte a las actividades del proceso de enseñanza-aprendizaje en USAT.

Palabras clave: competencia profesional, enseñanza superior, plan de estudios, proceso de aprendizaje, sistema de información sobre la administración de la educación.

Abstract

The quality of a country's higher education is a fundamental cornerstone for its development; this involves restructuring and self-evaluating study programs, as well as systematizing academic processes. The Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, in response to these challenges and to national quality regulations, the Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de Calidad Educativa (National System of Evaluation, Accreditation and Certification of Educational Quality - SINEACE) and the Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (National Superintendency of Higher University Education - SUNEDU), made improvements in academic processes using information technology. This research shows the results of the experience of implementing an integrated academic management model using Learning Management Systems (LMS) in a university context and explains the various phases that made up this proposal. The study is applied technological research with a quantitative approach, the sample was a census, complemented by the focus group technique and the application of semi-structured interviews. The most important results indicate that: The implementation of the integrated model of the technological platforms within the Virtual Campus (Teaching-Learning System, Academic Management System and Curriculum Management System) and integration of the LMS allow evidencing the levels of achievement of the competencies of the graduate profile and the deployment of the integrated academic management system with LMS and provides significant support to the activities of the teaching-learning process at the Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT).

Keywords: curriculum, educational management information systems, higher education, learning process, occupational qualifications.

Аннотация

Качество высшего образования в стране является фундаментальной основой ее развития; это подразумевает реструктуризацию и самооценку учебных программ, а также систематизацию академических процессов. Католический университет Santo Toribio de Mogrovejo, отвечая на эти вызовы, а также на национальные правила качества, национальную систему оценки, аккредитации и сертификации качества образования и национальный надзор за высшим университетским образованием, включил усовершенствования в академические процессы с использованием информационных технологий. Это исследование показывает результаты опыта внедрения интегрированной модели академического менеджмента с системами управления обучением (LMS) в университетском контексте и объясняет различные этапы, которые составили это предложение. Исследование соответствует прикладному технологическому исследованию с количественным подходом, выборкой послужила перепись населения, дополненная методом фокус-групп и применением полуструктурированных интервью. Наиболее важные результаты показывают, что: Реализация интегрированной модели технологических платформ виртуального кампуса (система преподавания-обучения, система академического менеджмента и система управления учебными программами) и интеграция LMS позволяет подтвердить уровни достижения компетенций профиля выпускника и развертывания интегрированной системы академического менеджмента с LMS и обеспечивает значительную поддержку деятельности процесса преподавания-обучения в USAT.

Ключевые слова: высшее образование, учебная программа, учебный процесс, профессиональная компетентность, информационная система управления образованием.

摘要

一个国家的高等教育质量是其发展的根本支柱。这意味着我们需要重组和自我评估学习计划,以及将学术过程系统化。Santo Toribio de Mogrovejo天主教大学为应对这些挑战和国家质量法规,国家教育质量评估、认证和认证体系以及国家大学高等教育监管机构,通过使用信息技术改进学术流程。本研究展示了在大学环境中实施具有学习管理系统(LMS)的综合学术管理模型的结果,并解释了构成该提案的各个阶段。该研究采用定量方法的应用技术研究,样本通过焦点小组技术和半结构化访谈的应用进行了补充。最重要的结果表明:虚拟校园内技术平台集成模型(教与学系统、学术管理系统和课程管理系统)的实施和LMS的融合允许展示学生能力的成就水平,LMS系统所提供的毕业生概况和综合学术管理系统的部署为USAT的教学过程活动提供了重要支持。

关键词: 高等教育, 课程, 学习过程, 专业能力, 教务信息系统。

Introducción

Los modelos de educación tradicionales, en la actualidad, se han visto superados por las nuevas necesidades académicas, donde cada estudiante tiene una forma independiente de aprendizaje. Es así que, las universidades buscan el apoyo de las tecnologías de la información (TI) para dar solución a estas necesidades (Arias-Navarrete et al., 2021).

Para la unesco (2007) la tecnología facilita el acceso universal a la educación y contribuye a reducir las diferencias, mejora la calidad, pertinencia y gestión en el aprendizaje. Por tanto, la educación no puede mantenerse alejada de la evolución de las TIC; es necesario aprovechar los recursos de conectividad en la sociedad y su alta relación en el contexto educativo (Báez-Pérez & Clunie-Beaufond, 2020; Cordero Guzman & Ramón Poma, 2021).

Durante las últimas décadas, se han afianzado nuevas modalidades de estudio, como las on-line y blended, conocidas como mixtas, siendo elementales para ellas integrar los LMS en universidades. Las plataformas LMS (acrónimo de "Learning Management System") son recursos necesarios para ser insertados en el ámbito pedagógico universitario como medios de enseñanza, afinando la relación tecnología-educación (Soler-Rodríguez et al., 2021). Para las organizaciones educativas, se manifestó un fuerte aumento de necesidad en desarrollar información y entornos educativos integrados que combinan la función educativa con la gestión educativa.

Los LMS son herramientas que brindan oportunidades para asegurar la implementación efectiva de una política innovadora de la institución de educación superior (Zabolotniaia et al., 2020) debido a su modelo eficaz de aprendizaje que permite resolver los problemas de enseñanza en pro de lograr una mejor comprensión de los conocimientos en los estudiantes (Gunawan et al., 2020)

Para lograr la interoperabilidad de aplicaciones y las LMS es necesario conocer sus características de seguridad e infraestructura; de acuerdo al tipo de LMS y a los sistemas internos que gestionen sus procesos de enseñanza-aprendizaje en la institución. Para una Universidad, sería significativo articular los LMS con: i) el sistema de registro de estudiante; ii) el registro del desempeño académico, iii) evaluar los materiales docentes; iv) activar o desactivar docentes y; v) gestionar los componentes "semilla" de los espacios académicos y otros (Herrera-Cubides et al., 2019).

En las universidades se ha extendido a un 99% la implementación de LMS, siendo utilizadas por un 85% de usuarios, incluso registra un 56% de uso diario. Sin embargo, a pesar de estos índices, los usuarios no aprovechan sus funcionalidades. Por ello, es necesario establecer directrices para lograr utilizar todas las capacidades que estos entornos ofrecen (Rodrigo-Cano et al., 2019).

El Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la calidad (SINEACE) peruano publica en el 2016 su nuevo "Modelo de acreditación para programas de estudios de educación superior universitaria" considerando 34 estándares de calidad de los programas de estudio. Esto generó en las universidades peruanas la necesidad de implementar mejoras en los procesos académicos mediante el uso de Tecnologías de la Información (TI). Autoevaluar procesos y reestructurar programas de estudios "surgen como elementos prioritarios para lograr acceder a la acreditación y mejoramiento continuo" (Casas & Olivas, 2011, p. 54).

Gran parte de las universidades peruanas declaran tener una formación orientada al desarrollo de competencias. La Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT), ubicada en la ciudad de Lambayeque, cuenta con 25 años de fundación y se incluye entre estas instituciones, sin embargo, el análisis sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje por competencias evidenciaba algunas dificultades importantes de atender como:

- Carencia de criterios uniformes en la planificación y ejecución en las asignaturas; divergencia en el sistema de evaluación de sílabos de la misma asignatura, incumplimiento en la entrega de calificaciones a los estudiantes en el tiempo previsto, no existía una información ordenada y sistematizada del nivel de logro de las competencias que alcanzaban los estudiantes durante su carrera y al egresar de la universidad.
- La falta de integración de la información contenida en el campus virtual que registraba las calificaciones finales de la asignatura con la información del aula virtual (Moodle), que contenía el registro de las calificaciones parciales, mostraban ponderaciones distintas al sistema de evaluación considerados en el sílabo, estos aspectos, generaban inconsistencia de la información de ambas plataformas y carga operativa adicional al docente, al tener que llevar un registro auxiliar de las evaluaciones en Excel o en el calificador del aula virtual, esto exponía a errores de cálculo provocando reclamos de los estudiantes

Los principales objetivos de la experiencia han sido:

- Implementar el modelo integrado de gestión académica para que brinde apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje e integrar las plataformas tecnológicas del Campus Virtual con los LMS que favorezcan obtener los niveles de logro de las competencias del perfil de egreso.
- Capacitar a los usuarios claves y finales en el uso del nuevo modelo integrado de gestión académica.
- Contar con una planificación uniforme que permita desarrollar los sílabos con un enfoque orientado al desarrollo de competencias: indicadores de desempeño, evidencias e instrumentos alineados a una evaluación por competencias válidos para alcanzar el perfil de egreso.
- Evidenciar los niveles de logro de las competencias declaradas en el perfil de egreso de los estudiantes.

En atención a la problemática y objetivos planteados, se genera la necesidad de revisar y proponer un sistema de enseñanza-aprendizaje que refleje el nivel de logro de las competencias del perfil de egreso en todos los programas académicos, por ello, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿En qué medida proponer un modelo soportado por la integración de los sistemas de gestión académica con los Enterprise Learning Management - LMS favorece verificar el nivel de logro de las competencias declaradas en el perfil de egreso de los estudiantes universitarios?

Esta experiencia responde a los problemas encontrados y a la pregunta expuesta, y describe los resultados de la implementación de un modelo integrado de gestión académica con LMS que se inicia en el 2018 y se pone en marcha en el 2019, el procedimiento detallado así como los hallazgos son descritos y desarrollados en esta investigación.

Método

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo y toma como base la investigación tecnológica, que según Cegarra (2004) permite crear nuevas aplicaciones prácticas y mejorar los procesos. Así mismo, la investigación al plantear la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje en la USAT para optimizar los indicadores del logro de competencias utiliza el nivel de investigación tecnológica aplicada, que según Espinoza (2014) permite “diseñar tecnologías de aplicación inmediata en la solución de los problemas buscando eficiencia y productividad”; el mismo autor indica que se enmarca en el método de investigación sistémico el cual afronta el problema en toda su complejidad relacionando todas las partes y las propiedades emergentes resultantes.

Participantes

La muestra fue censal porque la experiencia incluye a todos los Programas Académicos de la USAT.

Del total de la muestra, en la fase de descubrimiento desarrollada, se realizaron 5 focus group donde participaron el vicerrector académico; coordinador académico; decanos de las 5 facultades; y un grupo seleccionado de 20 docentes de pregrado que desarrollan y aplican los planes curriculares en los diferentes programas académicos, 27 personas: 41% mujeres y 59% varones, cuyas edades comprenden entre los 25 y 58 años. Durante las fases de modelado y automatización se llevaron a cabo 26 reuniones de trabajo donde participaron las mismas personas incluidas en la fase de descubrimiento.

La fase de ejecución puso en marcha el sistema integrado de gestión académica con LMS y participaron como actores un total de 305 docentes de los diferentes programas académicos: 58.2% varones y 41.8% mujeres con edades comprendidas entre 30 y 65 años y estudiantes de todos los programas académicos (8.656): cuya composición fue 57% mujeres y 43% varones, con edades comprendidas entre los 17 y 26 años.

Instrumentos

El focus group se aplicó a los directivos USAT y permitió recoger y analizar la información en la fase de descubrimiento. Esta técnica solicitó que los participantes respondan a entrevistas semiestructuradas con preguntas organizadas de acuerdo a temas técnicos como: proceso de enseñanza - aprendizaje, normativas relacionadas a la gestión curricular, planes curriculares, elaboración de sílabos, funcionalidad del campus virtual y aula virtual, entre otros temas.

Procedimiento

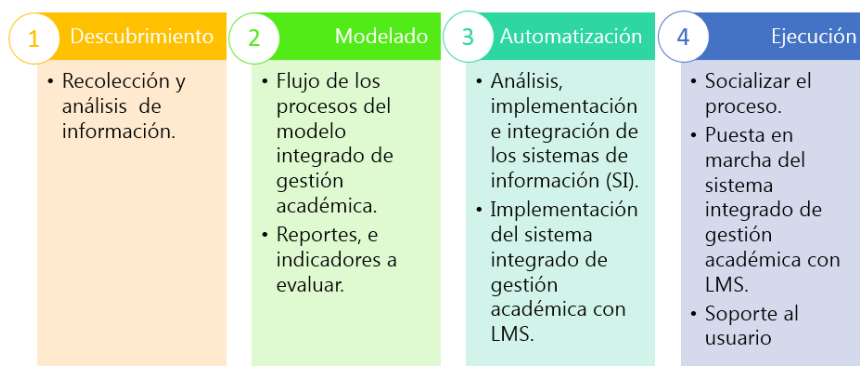
A cada participante se le entregó un consentimiento informado, el cual fue leído y firmado, respetando de esta manera los principios éticos. Se explicaron los objetivos de la investigación precisando que los datos serían analizados individualmente y su tratamiento sería confidencial. Los focus group se realizaron en lugares y horarios consensuados entre el equipo de investigadores y los participantes.

Se ejecutaron un total de 26 reuniones en el periodo comprendido entre el año 2018 hasta el 2020, cuyo objetivo fue desarrollar las fases de la implementación que consideran (Figura 1): (1) Descubrimiento; (2) Modelado; (3) Automatización y; (4) Ejecución.

Durante el año 2018 se llevaron a cabo tres fases: Descubrimiento (donde se recabó información y detectó la problemática a solucionar), modelado (se diseñó el flujo de procesos y sus interrelaciones) y automatización (implementación del sistema académico con LMS). A partir del año 2019 se inició la fase de ejecución, que puso en marcha el sistema desplegando el módulo de soporte técnico para atención de incidencias y peticiones de mejoras.

Figura 1

Fases desarrolladas para para el desarrollo de la Implementación de un modelo integrado de gestión académica con LMS



Fase de descubrimiento: se aplicó el focus group como instrumento de recolección de información con la participación del vicerrectorado académico (VRA); decanos y docentes, quienes tienen incidencia directa en el desarrollo y aplicación de los planes curriculares, documentos que son orientadores del proceso de enseñanza-aprendizaje de los diferentes programas académicos de la USAT; así mismo se llevó a cabo la revisión del marco normativo general.

Fase de modelado: se utilizó el software de modelado Bizagi para diseñar el flujo de los procesos del sistema integrado de gestión académica, que incluye reportes de indicadores de desempeño coherentes con los resultados de aprendizaje planteados, recogida de evidencias, elaboración y aplicación de instrumentos relacionados con los aprendizajes esperados, en concordancia con los sílabos de los planes curriculares de las diversas carreras. En esta fase participaron las áreas de calidad, vicerrectorado académico y Tecnologías de la Información (TI).

Fase de Automatización: desplegó el análisis, implementación e integración del sistema integrado de gestión académica e integración con los LMS, mediante las siguientes actividades:

- Elaborar el backlog o requisitos del sistema; se aplicó el Modelo y Notación de Procesos de Negocio (BPMN) en el proceso de enseñanza-aprendizaje y se identificaron los componentes software que se tendrían que construir para el soporte de las actividades e interacciones con actividades de procesos externos.

- Estimar la capacidad de recursos de infraestructura de TI, en función de la cantidad de documentos (archivos) que el sistema deberá generar y almacenar para dimensionar la capacidad de almacenamiento a asignar y testear los tiempos de respuesta.
- Diseñar la arquitectura realizada en tres etapas: (1) Arquitectura, identificó los componentes de hardware y software a emplear así como la factibilidad técnica de la integración del sistema académico implementado sobre una plataforma Microsoft con el LMS que está en software libre; (2) Modelo de datos: Implicó analizar las entidades del sistema académico existente e identificar las nuevas entidades del sistema de enseñanza-aprendizaje, y la relación con las entidades del modelo de datos de la plataforma del LMS, asegurando la integridad referencial de los datos, la trazabilidad y el rendimiento de las consultas; (3) Prototipos del SI: La universidad cuenta con patrones de diseño para la interfaces del sistema que posibilitan una adecuada usabilidad, se elaboraron los prototipos de formularios, reportes e indicadores los cuales fueron validados por los usuarios.
- Implementar las plataformas tecnológicas dentro del Campus Virtual (Sistema de Enseñanza-Aprendizaje, Sistema de Gestión Académica y Sistema de Gestión Curricular) e integrarlos con el LMS, aspecto desarrollado por el área de TI empleando el marco de trabajo SCRUM; se establecieron dos equipos, uno para el desarrollo del sistema de enseñanza-aprendizaje y su integración con el sistema académico existente y el otro para el desarrollo de la integración con el LMS.

Fase de ejecución que se desarrolló durante dos semestres académicos:

2019-I: Se centró principalmente en socializar el proceso (actividades, formatos, reportes e indicadores), con todos los usuarios involucrados, y ejecutarlo de manera manual teniendo como herramienta de soporte solamente plantillas en hojas de cálculo para permitir: (1) Concientizar a los usuarios clave de la importancia del cambio; (2) Validar el proceso por los mismos usuarios y; (3) Tener una primera retroalimentación de los usuarios sobre el nuevo proceso.

2019-II: Se desplegó el sistema integrado de gestión académica con LMS que da soporte a las actividades del proceso de enseñanza - aprendizaje hasta la actualidad.

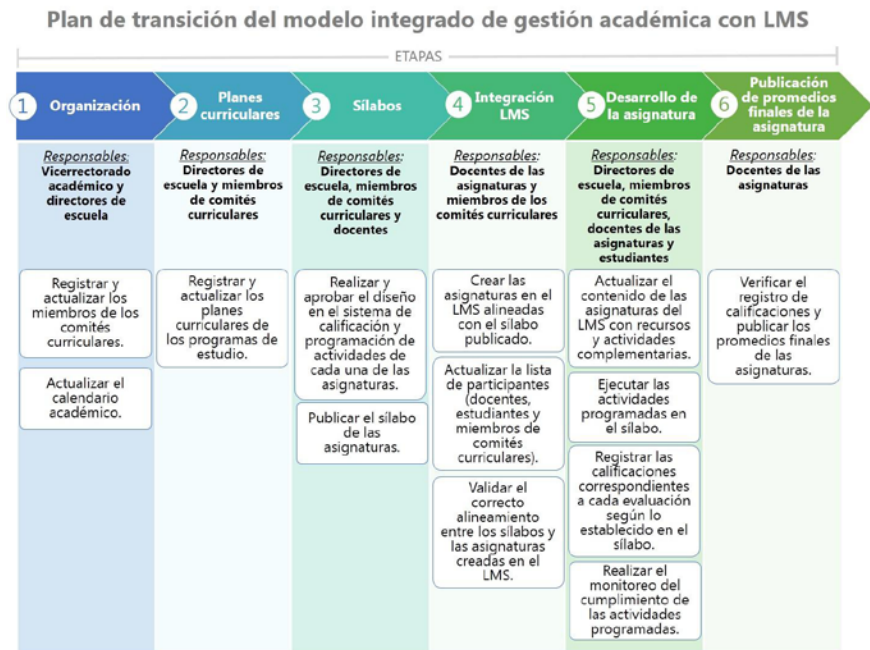
Se organizaron equipos para poder realizar el despliegue a todos los usuarios y así poder cubrir los aspectos necesarios:

- VRA: Consultor metodológico del modelo
- Analistas de Calidad: consultor de las actividades del proceso, se designó un analista por cada Facultad para poder ser la primera línea de consulta durante la transición.
- Analistas de Sistemas: consultor de la herramienta informática, se designó un líder de proyecto y un equipo de especialistas para el soporte en la nueva plataforma.

La fase de ejecución incluye el plan de transición (Figura 2), que se centró en identificar las principales etapas del despliegue basándose en las actividades del cronograma académico y alineado a las actividades del nuevo proceso.

Figura 2

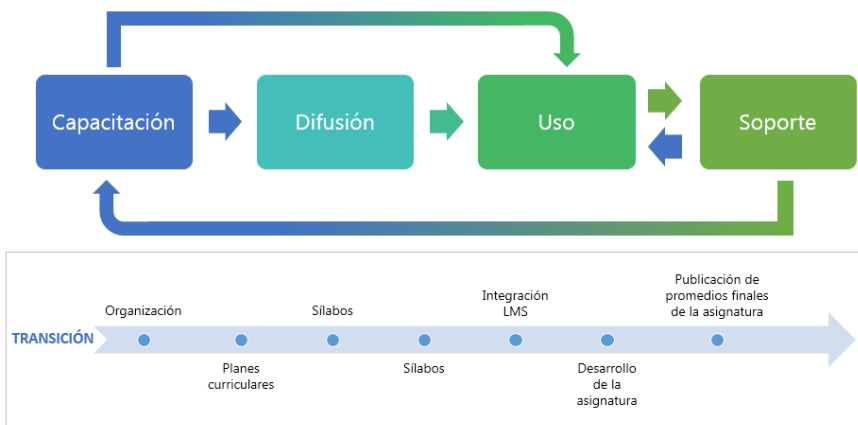
Plan de transición del modelo integrado de gestión académica con los LMS



Todas las etapas del plan de transición siguen el proceso de la fase de ejecución indicado en la Figura 3.

Figura 3

Proceso seguido en la fase de ejecución del modelo integrado de gestión académica con los LMS



La capacitación se realizó tanto a los usuarios claves como a los usuarios finales e incluyó dos temáticas: descripción del proceso a cargo de VRA con el soporte del área de calidad y uso de la nueva herramienta informática a cargo del área de sistemas.

La difusión se inició con la preparación de material de soportes (diapositivas, videos y ejemplos) luego, se comunicó el cambio a todos los usuarios involucrados de manera directa o indirecta.

El uso incluyó preparar un entorno de entrenamiento y un entorno real, configurar los accesos a todos los usuarios y realizar talleres para brindar acompañamiento al usuario durante la primera experiencia con el uso de la herramienta en el entorno real.

El soporte, se realizó en dos etapas:

ETAPA 1: se llevó a cabo antes del inicio del semestre para las actividades correspondientes al diseño de la asignatura, donde los principales usuarios son comités curriculares y docentes coordinadores de asignatura. Esta etapa tuvo dos niveles de atención:

- Nivel 01: los usuarios dirigían sus peticiones a los analistas de calidad designados por facultad, en caso de ser una solicitud de tipo orientación resolvían la consulta, en caso de ser nuevas necesidades las documentaba para luego consolidarlas y presentarlas a VRA para su revisión y análisis. Si la petición no estaba al alcance de acción de los analistas la derivan al nivel dos.
- Nivel 02: se organizaron dos equipos de atención de acuerdo a la naturaleza de la petición: (1) Académico: eran atendidas por VRA y su equipo, por lo general dudas sobre aspectos metodológicos del modelo o resolución de controversias en particularidades de cada programa de estudios y; (2) Técnico: eran atendidas por el área de sistemas, quienes tenían por responsabilidad dar pronta solución para restablecer la continuidad de la operatividad.

ETAPA 2: se llevó a cabo durante el semestre para las actividades correspondientes del desarrollo de la asignatura, en esta etapa los principales usuarios son los docentes de las asignaturas y los estudiantes. Se implementó un flujo de atención de tres niveles:

- Nivel 01: los usuarios finales de tipo docente enviaban sus peticiones a sus comités curriculares, las consultas de los estudiantes eran canalizadas por los docentes de las asignaturas quienes enviaban a sus comités curriculares.
- Nivel 02: los usuarios de los comités curriculares de las escuelas dirigían sus peticiones a los analistas de calidad designados por facultad, en caso de ser una solicitud de tipo orientación resolvían la consulta, en caso de ser nuevas necesidades las documentaba para luego consolidarlas y presentarlas a VRA para su revisión y análisis. Si la petición no estaba en el alcance de acción de los analistas la derivan al nivel tres.

Nivel 03: se organizaron dos equipos de atención de acuerdo a la naturaleza de la petición: (1) académico: eran atendidas por VRA y su equipo, por lo general dudas sobre aspectos metodológicos del modelo o resolución de controversias en particularidades de cada programa de estudios; (2) técnico: eran atendidas por el área de sistemas, quienes tenían por responsabilidad dar pronta solución para restablecer la continuidad de la operatividad.

Para examinar los datos se realizó un análisis descriptivo de las variables, según los datos presentados por los participantes, utilizando el programa estadístico SPSS® versión 20.

Resultados

El primer resultado responde al primer objetivo planteado en la presente investigación, el cual logró la implementación del modelo integrado de las plataformas tecnológicas que se encuentran dentro del Campus Virtual (Sistema de Enseñanza-Aprendizaje, Sistema de Gestión Académica y Sistema de Gestión Curricular) e integrarlos con los Enterprise Learning Management - LMS lo cual permitió verificar el nivel de logro de las competencias de los egresados de la USAT (Figura 4)

Figura 4

Modelo de gestión académica con los LMS



El segundo resultado permitió capacitar, en la fase de ejecución, a los usuarios claves y usuarios finales permitiendo que conozcan los procesos y uso de los sistemas del nuevo modelo integrado de gestión académica en los que ellos estaban implicados; esto permitió atender al segundo objetivo de la investigación (Tabla 1).

El tercer resultado obtenido es el diseño y actualización de la asignatura correspondiente a la fase del modelado y permitió uniformizar los sílabos con un enfoque orientado al desarrollo de competencias (indicadores de desempeño, evidencias e instrumentos) evidenciándose un cumplimiento alto en el sistema de enseñanza-aprendizaje (Tabla 2). Este resultado responde al tercer objetivo de la investigación.

Tabla 1

Capacitaciones realizadas en la fase de ejecución

Fecha	Tema de capacitación	No. de docentes capacitados	Grupos
Ene-Feb, 2019	Elaboración de sílabos por competencias	281	10 grupos
Feb-Abr-Jul, 2019	Presentación ficha para evaluar sílabo. Matrices de Monitoreo de Resultados de Aprendizaje (MMRA).	223	6 grupos
Nov, 2019	Uso del Sistema de Enseñanza / Aprendizaje Gestión de indicadores de nivel del logro de competencias declaradas en el perfil de egreso	301	10 grupos

Tabla 2

Porcentaje de cumplimiento de los sílabos generados que incorporan el diseño y actualización de las asignaturas, año 2020

Facultad	N° Total de sílabos	N° de sílabos publicados a tiempo	% cumplimiento
Ciencias Empresariales	336	333	99%
Derecho	164	160	98%
Humanidades	162	161	99%
Ingeniería	476	473	99%
Medicina	180	140	78%
TOTAL	1.318	1.267	96%

El último resultado logrado responde al cuarto y último objetivo planteado en la investigación, el cual logró obtener semestralmente del sistema integrado, gestión académica, reportes confiables y progresivos de los niveles de logro de las competencias de los estudiantes en su proceso formativo, los cuales fueron reportados en los cortes que figuran en los sílabos de las asignaturas en todos los semestres (Tabla 3).

Tabla 3

Porcentaje de los niveles de logro de las competencias de los estudiantes, año 2020

Facultad	Programa Académico	2020-I	2020-II
Ciencias Empresariales	Ciencias Empresariales	94.02%	89.28%
	Administración Hotelera y de Servicios Turísticos	96.20%	97.50%
	Contabilidad	91.91%	92.48%
	Economía	94.29%	91.56%
Derecho	Derecho	94.80%	92.90%
Humanidades	Comunicación	94.36%	93.19%
	Educación Inicial	96.75%	97.43%
	Educación Primaria	97.52%	100.00%
	Educación Secundaria: Filosofía y Teología	97.63%	94.72%
	Educación Secundaria: Lengua y Literatura	92.57%	97.73%
Ingeniería	Arquitectura	86.24%	80.34%
	Ingeniería Civil Ambiental	86.67%	79.86%
	Ingeniería de Sistemas y Computación	80.95%	81.25%
	Ingeniería Industrial	88.96%	88.34%
	Ingeniería Mecánica y Eléctrica	94.10%	93.90%
Medicina	Enfermería	96.75%	95.70%
	Medicina Humana	96.47%	98.10%
	Odontología	98.77%	98.26%
	Psicología	97.18%	92.24%

Discusión

La presente experiencia destaca entre sus resultados más importantes la implementación de un modelo integrado de gestión académica con los LMS (Learning Management Systems) que ha favorecido verificar el nivel de logro de las competencias de los estudiantes, a través de informes progresivos, reportados en los cortes que se realizan en los sílabos durante el desarrollo semestral de las diversas asignaturas de los Programas Académicos de la USAT, hallazgo que se relaciona con los estudios de Juárez et al. (2020) y Wong-Fajardo et al. (2021) quienes determinaron cuantitativamente la eficiencia académica en el uso de los LMS e indicaron que las instituciones de educa-

ción superior se benefician en gran medida con la implementación de LMS; en esta misma línea, Marks et al. (2016) muestran otra experiencia que se extiende en seis universidades de EEUU, donde utilizan las capacidades disponibles en los LMS para recopilar datos y medir el desempeño de los estudiantes generando sistemas de alerta y alerta temprana; así mismo Pro Chereguini y Ponce (2021) evaluaron el logro de las competencias en estudiantes de universidades españolas mediante la propuesta de modelo sistematizado logrando identificar aspectos menos desarrollados permitiendo la autoevaluación.

Así mismo, otros estudios científicos complementarios evidencian una relación entre la satisfacción y los beneficios en los estudiantes al usar LMS (Ramirez-Correa et al., 2017, Ikhsan et al., 2021, Jinkyung et al., 2021) y plantean estrategias para ayudar a las instituciones a un uso más eficaz de sus LMS para lograr el impacto en la enseñanza aprendizaje en universidades [Adzharuddin & Ling (2013) y Mtebe (2015)], tales estudios se relacionan con uno de los resultados de la experiencia en USAT, el cual indica que el sistema integrado permitió obtener semestralmente reportes de resultados confiables de los niveles de logros de las competencias de los estudiantes en su proceso formativo, favoreciendo monitorear y tomar decisiones de mejora, como institución universitaria de calidad. En torno a ello, Falileeva y Shakirova (2021) en su experiencia de implementación del aprendizaje adaptativo con LMS Moodle en una universidad de Rusia muestran resultados similares, que prueban la efectividad del modelo de aprendizaje adaptativo en el curso de matemáticas para alumnos con diferentes niveles de formación; así mismo Gunawan et al. (2020) evidencian que el uso de LMS tuvo un impacto positivo en la comprensión de los estudiantes de los conceptos de mecánica; y Pinilla et al. (2022) en sus resultados preliminares de implementación de un prototipo de LMS, en el contexto de la educación clínica de pregrado, indican una mayor satisfacción de los estudiantes al apoyar a las actividades de aprendizaje autorreguladas.

Este mismo hallazgo de USAT se relaciona con lo sostenido por Ayub et al. (2010), Adzharuddin y Ling (2013) y Almrashdeh et al. (2011), quienes afirman que los LMS ayudan en la planificación, implementación, distribución, gestión y evaluación de un proceso de aprendizaje específico. En esta línea de resultados Juárez et al. (2020) muestran cuantitativamente la eficiencia académica en el uso de los LMS.

Por otro lado, las universidades cuentan con sistemas académicos, por lo general desarrollados a medida, en el que gestionan su planificación académica (programación, horarios y carga lectiva), matrícula, registros de calificaciones (historial académico, cuadros de mérito), hasta el egreso de sus estudiantes; y según Herrera-Cubides et al. (2019) es importante articular las aplicaciones que la institución use en el proceso de aprendizaje con los LMS; además, Ayub et al. (2010) indica que los sistemas deben diseñarse de forma cómoda para que los usuarios no tengan dificultades al usarlo, hallazgos que se relacionan con el primer resultado de esta investigación que ha logrado la implementación del modelo integrado y su articulación con los LMS lo cual permitió verificar todo el historial académico, registrar las calificaciones de los estudiantes y evidenciar el nivel de logro de las competencias de los estudiantes de la USAT.

Para el logro de competencias del egresado es necesario según Barra et al. (2019): adoptar un modelo de autoevaluación que incluyan los criterios de la agencia acreditadora; asociar las competencias de egreso a cada asignatura. Este aspecto fue tomado en cuenta en la evaluación y análisis sobre la problemática del proceso de enseñanza-aprendizaje por competencias en la USAT, que fueron alineados a la luz de los

estándares del modelo de calidad del SINEACE, tomados en cuenta para la propuesta de esta experiencia.

Igualmente uno de los resultados del presente estudio evidenció la importancia de uniformizar la planificación del sílabo que tiene coherencia con un enfoque orientado al desarrollo de competencias e incorporar en los sistemas de evaluación criterios como: indicadores de desempeño coherentes con los resultados de aprendizaje planteados, recogida de evidencias, elaboración y aplicación de instrumentos relacionados con los aprendizajes esperados y la necesidad que todos los docentes trabajen un mismo sílabo por asignatura, hallazgo que se relaciona con lo planteado por Bezani-lla y Arrans (2016) quienes sostienen en su propuesta “un modelo de evaluación por competencias, que establece cómo evaluar las competencias, qué técnicas y actividades se usarán, así como establecer la calificación, atribuyendo un porcentaje o peso a cada competencia e indicador, de acuerdo a su importancia relativa en el proceso de aprendizaje”; así mismo, Morze et al. (2020) indican que es importante proporcionar al docente herramientas en todas las etapas del proceso de aprendizaje que comienza con la entrega de información y termina con la evaluación.

Uno de los objetivos del estudio fue lograr el entrenamiento de los usuarios finales en el uso del nuevo modelo integrado, siendo un factor clave para lograr el éxito de la puesta en acción del sistema integrado; por otro lado, a pesar que la educación basada en competencias no es un tema reciente Larrain y Gonzalez (2007) mencionan que las tendencias de cambio indican un escenario distinto y de grandes transformaciones para la universidad, como lo representa esta propuesta, así como su implementación, evidenciados en los resultados que se presentan en la Tabla 1

Conclusiones

- Se logró implementar el modelo integrado de las plataformas tecnológicas dentro del Campus Virtual (Sistema de Enseñanza-Aprendizaje, Sistema de Gestión Académica y Sistema de Gestión Curricular) e integrarlos con los Enterprise Learning Management - LMS que permitió verificar el nivel de logro de las competencias de los egresados de la USAT.
- Las capacitaciones realizadas (301), divididas en 10 grupos, permitieron a los usuarios claves y finales conocer los procesos y uso de los sistemas en los cuales estaban implicados.
- El proceso: diseño y actualización de la asignatura, permitió uniformizar los sílabos con un enfoque orientado al desarrollo de competencias, evidenciándose un 96% de su cumplimiento en el Sistema de enseñanza - aprendizaje.
- Los reportes semestrales del sistema integrado, permitieron evidenciar un alto nivel de logro, más del 80% de las competencias de los estudiantes durante su proceso formativo fueron cumplidas.

Algunas conclusiones complementarias consideradas en esta propuesta se resume de la siguiente manera:

En la primera fase de *Descubrimiento*, se evidenció la importancia de contar con el marco normativo institucional ordenado y la preeminencia de integrar a los actores que tienen incidencia directa en el proceso de enseñanza aprendizaje (VRA y directores de escuela). La fase del *Modelado*, que incorporó el diseño del flujo de procesos del siste-

ma integrado de gestión académica, logró obtener reportes de indicadores de logros de las competencias de los estudiantes de todos los programas académicos. Por otro lado, la *Automatización* fue la tercera fase, a través del análisis y despliegue de cuatro actividades complejas, logró la implementación e integración del sistema integrado de gestión académica e integración con los LMS. Finalmente, la cuarta y última fase de *Ejecución*, incluyó capacitación, difusión uso y soporte, aquí se desplegó el sistema integrado de gestión académica con LMS que da soporte a las actividades del proceso de enseñanza - aprendizaje desde el 2019 hasta la actualidad.

En el periodo de transición hacia la puesta en marcha del modelo integrado hubo algunas limitaciones como: desconocimiento del proceso por parte de los usuarios finales y resistencia al cambio, por ello durante este periodo se realizaron reuniones y acompañamiento cercano a los diversos grupos de usuarios, lo cual debería ser tomado en cuenta en futuras investigaciones para optimizar los resultados en experiencias similares.

Por otro lado, Momani (2021) sostiene que elegir el LMS más apropiado que se adapte a las necesidades y requisitos del docente y del alumno es una de las decisiones más espinosas para cualquier institución educativa; y a futuro la experiencia de USAT, se podría tomar como referencia debido a que la integración del modelo de gestión académica ha sido una propuesta que brindó los resultados esperados (Figura 3 y Tabla 3).

Finalmente, la experiencia realizada contribuyó a atender las necesidades emergentes de la problemática, sin embargo, como todo sistema está abierto a ajustes o adecuaciones que surjan del uso del modelo integrado.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer la participación voluntaria de los docentes, estudiantes y personal administrativo de las áreas de Calidad, Sistemas y Vicerrectorado Académico de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú.

Financiación

El presente artículo no cuenta con financiación específica de agencias de financiamiento en los sectores público o privado para su desarrollo y/o publicación.

Referencias

- Adzharuddin, N., & Ling, L. (2013). Learning management system (LMS) among university students: Does it work. *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management Learning (IJEEEE)*, 3(3), 248-252. <http://dx.doi.org/10.7763/IJEEEE.2013.V3.233>
- Almrashdeh, I., Sahari, N., Zin, N., & Alsmadi, M. (2011). Distance learning management system requirements from student's perspective. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 24(1), 17-27. <http://www.jatit.org/volumes/research-papers/Vol24No1/3Vol24No1.pdf>

- Arias-Navarrete, A., Palacios-Pacheco, X., & Villegas-Ch, W. (2020). Integración de un chatbot a un LMS como asistente para la gestión del aprendizaje. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E32), 164-175.
- Ayub, A., Tarmizi, R., Jaafar, W., Ali, W., & Luan, W. (2010). Factors influencing students' use a learning management system portal: Perspective from higher education students. *International Journal of Education and Information Technologies*, 4(2), 100-108. <https://www.naun.org/main/NAUN/educationinformation/19-320.pdf>
- Báez-Pérez, C., & Clunie-Beaufond, C. (2020). El modelo tecnológico para la implementación de un proceso de educación ubicua en un ambiente de computación en la nube móvil. *Revista UIS Ingenierías*, 19(4), 77-88.
- Barra, L., Baluarte, C., Guevara, K., Cornejo, V., & Gonzales, F. (2019). Medición y evaluación de los resultados del estudiante en el proceso de enseñanza aprendizaje - Lecciones aprendidas. *Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*, 54, 1-9. <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.54>
- Bezanilla, M., & Arranz, S. (2016). Sistema de evaluación de competencias en Educación Superior utilizando Moodle. *Opción*, 32(80), 290-310. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31047691013>
- Casas, E., & Olivas E. (2011). El proceso de acreditación en programas de Educación Superior: un estudio de caso. *Revista Omnia*, 17(2), 53-70. <https://www.redalyc.org/pdf/737/73719138005.pdf>
- Cegarra Sánchez, J. (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Díaz de Santos. <https://bit.ly/3AofvYM>
- Cordero Guzmán, D., & Ramón Poma, G. (2021). Modelo tecnológico e infraestructura informática de un campus virtual para el contexto universitario. *Revista Científica Y Tecnológica UPSE*, 8(2), 48-58. <https://doi.org/10.26423/rctu.v8i2.627>
- De Oliveira, P., Cunha, C., & Nakayama, M. (2016). Learning Management Systems (LMS) and e-learning management: An integrative review and research agenda. *Journal of Information Systems and Technology Management - JISTEM*, 13(2), 157-180. <http://doi.org/10.4301/S1807-17752016000200001>
- De Pro Chereguini, C., & Ponce, A. (2021). Model for the Evaluation of Teaching Competences in Teaching-Learning Situations. *Societies*, 11(2), 1-17. <https://doi.org/10.3390/soc11020056>
- Espinoza Montes, C. (2014). *Metodología de investigación tecnológica: Pensando en sistemas*. Soluciones Gráficas S.A.C. <https://bit.ly/3nJqkkr>
- Falileeva, M., & Shakirova, L. (2021). Adaptive e-course in Mathematics in LMS Moodle: Design and Implementation Problems. *CEUR Workshop Proceedings*, 2910, 1-10. <http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-2910/paper1.pdf>
- Gunawan, G., Harjono, A., Suranti, N., Herayanti, L., & Imran, I. (2020). The impact of learning management system implementation on students' understanding of mechanics concepts. *Journal of Physics*, 1747, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1747/1/012020>
- Herrera-Cubides, J., Gelvez-García, N., & López-Sarmiento, D. (2019). LMS SaaS: Una alternativa para la formación virtual. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(1), 164-179. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000100164>
- Ikhsan, R., Prabowo, H., & Yuniarty. (2021). Validity of the factors students' adoption of learning management system (Lms): A confirmatory factor analysis. *ICIC Ex-*

press Letters, Part B: Applications, 12(10), 979 – 986. <http://doi.org/10.24507/ici-celb.12.10.979>

- Jinkyung, J., Yeohyun, Y., & Eun-Jung, K. (2021). Comparison of Faculty and Student Acceptance Behavior toward Learning Management Systems. *International Journal of Environmental Research and Public Health is an interdisciplinary*, 18(16), 1-16. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168570>
- Juárez Santiago B., Olivares Ramírez J., Rodríguez-Reséndiz J., Dector A., García García R., González-Durán J., & Ferriol Sánchez F. (2020). Learning Management System-Based Evaluation to Determine Academic Efficiency Performance. *Sustainability*, 12(10), 979-986. <https://doi.org/10.3390/su12104256>
- Larraín, A., & González, L. (2007). *Formación Universitaria por competencias*. <http://www.luisedogonzalez.cl/pdf/2007/2007-16.pdf>
- Marks, A., AL-Ali, M., & Rietsema, K. (2016). Learning Management Systems: A Shift Toward Learning and Academic Analytics. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 11(4), 77-82. <http://dx.doi.org/10.3991/ijet.v11i04.5419>
- Momani A. (2021). Using multi-attribute decision-making approach to evaluate learning management systems. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies (IJWLTT)*, 16(4), 117-131. <http://doi.org/10.4018/IJWLTT.20210701.0a7>
- Morze, N., Varchenko-Trotsenko, L., Terletska, T., & Smyrnova-Trybulska, E. (2020). Implementation of adaptive learning at higher education institutions by means of Moodle LMS. *Journal of Physics*, 1840, 1-13. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012062>
- Mtebe, J. (2015). Learning management system success: Increasing learning management system usage in higher education in sub-Saharan Africa. *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology (IJEDICT)*, 11(2), 51–64. <http://ijedict.dec.uwi.edu/viewissue.php?id=42>
- Pinilla, S., Cantisani, A., Klöppel, S., Strik, W., Nissen, C., & Huwendiek, S. (2021). Development with the Implementation of an Open-Source Learning Management System for Training Early Clinical Students: An Educational Design Research Study. *Advances in Medical Education and Practice*, 12, 53-61. <https://doi.org/10.2147/AMEP.S284974>
- Ramirez-Correa, P., Rondan-Cataluña, F., Arenas-Gaitán J., & Alfaro-Perez., J. (2017). Moderating effect of learning styles on a learning management system's success. *Telematics and Informatics*, 34(1), 272-286. <http://doi.org/10.1016/j.tele.2016.04.006>
- Rodrigo-Cano, D., Aguaded, I., & Moro, F. (2019). Metodologías colaborativas en la Web 2.0. El reto educativo de la Universidad. *REDU: Revista de Docencia Universitaria*, 17(1), 5.
- SINEACE. (2016). *Modelo de Acreditación para Programas de Estudios de Educación Superior Universitaria*. <https://bit.ly/3zNYh5N>
- Soler-Rodríguez, R., Figueroa-Corrales, E., & Artímez-Jon, C. (2021). Virtualización del proceso de superación profesional a través de la plataforma LMS Moodle. *Atenas*, 4 (56), 98-113.
- UNESCO. (2007). Informe de seguimiento de la EPT en el mundo. Bases sólidas: atención y educación de la primera infancia. UNESCO.

- Wong-Fajardo, M., Saavedra-Sánchez, H., Mendoza-Rodas, M., & Hernández-Vásquez, R. (2021). Design and Implementation of an Integrated Academic Management Model with LMS: A Peruvian Private University Study Case. *CEUR Workshop Proceedings*, 3037, 94-104. <http://ceur-ws.org/Vol-3037/paper10.pdf>
- Zabolotniaia, M., Cheng, Z., Dorozhkin, E., & Lyzhin, A. (2020). Use of the LMS Moodle for an Effective Implementation of an Innovative Policy in Higher Educational Institutions. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 15(13), 172-189. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i13.14945>

Implementation of an Integrated Academic Management Model with LMS in the University System

Implementación de un modelo integrado de gestión académica con LMS en el sistema universitario

在大学系统中实施与LMS的学术管理一体化模式

Внедрение интегрированной модели академического менеджмента с LMS в университетской системе

Emma Margarita Wong-Fajardo

Santo Toribio de Mogrovejo Catholic University
ewong@usat.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-3775-379X>

Mery Mendoza-Rodas

Santo Toribio de Mogrovejo Catholic University
mmendoza@usat.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-7927-479X>

Ronald Hernández-Vásquez

Santo Toribio de Mogrovejo Catholic University
rhernandez@usat.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-1263-2454>

Hugo Saavedra-Sánchez

Santo Toribio de Mogrovejo Catholic University
esaavedra@usat.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-7823-9586>

Dates · Fechas

Recibido: 2022-09-12
Aceptado: 2022-12-02
Publicado: 2023-01-01

How to Cite this Paper · Cómo citar este trabajo

Wong-Fajardo E. M., Mendoza-Rodas, M., Hernández-Vásquez, R., & Saavedra-Sánchez, H. (2023). Implementation of an Integrated Academic Management Model with LMS in the University System. *Publicaciones*, 53(2), 237–254. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26826>

Abstract

The quality of a country's higher education is a fundamental cornerstone for its development; this involves restructuring and self-evaluating study programs, as well as systematizing academic processes. The Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, in response to these challenges and to national quality regulations, the Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de Calidad Educativa (National System of Evaluation, Accreditation and Certification of Educational Quality - SINEACE) and the Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (National Superintendency of Higher University Education - SUNEDU), made improvements in academic processes using information technology. This research shows the results of the experience of implementing an integrated academic management model using Learning Management Systems (LMS) in a university context and explains the various phases that made up this proposal. The study is applied technological research with a quantitative approach, the sample was a census, complemented by the focus group technique and the application of semi-structured interviews. The most important results indicate that: The implementation of the integrated model of the technological platforms within the Virtual Campus (Teaching-Learning System, Academic Management System and Curriculum Management System) and integration of the LMS allow evidencing the levels of achievement of the competencies of the graduate profile and the deployment of the integrated academic management system with LMS and provides significant support to the activities of the teaching-learning process at the Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT).

Keywords: curriculum, educational management information systems, higher education, learning process, occupational qualifications.

Resumen

La calidad de la educación superior de un país es un pilar fundamental para su desarrollo; ello implica reestructurar y autoevaluar programas de estudios, así como sistematizar los procesos académicos. La Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, en respuesta a estos retos y a las normativas nacionales de calidad, el Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de Calidad Educativa (SINEACE) y la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU), incorporó mejoras en los procesos académicos con el uso de Tecnologías de la Información. La presente investigación muestra resultados de la experiencia de implementación de un modelo integrado de gestión académica con los Learning Management Systems (LMS) en un contexto universitario y se explican las diversas fases que conformaron esta propuesta. El estudio corresponde a una investigación tecnológica aplicada con enfoque cuantitativo, la muestra fue censal complementándose con la técnica focus group y la aplicación de entrevistas semiestructuradas. Los resultados más importantes indican que: La implementación del modelo integrado de las plataformas tecnológicas dentro del Campus Virtual (Sistema de Enseñanza-Aprendizaje, Sistema de Gestión Académica y Sistema de Gestión Curricular) e integración de los LMS permiten evidenciar los niveles de logro de las competencias del perfil de egreso y el despliegue del sistema integrado de gestión académica con LMS y brinda un significativo soporte a las actividades del proceso de enseñanza-aprendizaje en USAT.

Palabras clave: competencia profesional, enseñanza superior, plan de estudios, proceso de aprendizaje, sistema de información sobre la administración de la educación.

Аннотация

Качество высшего образования в стране является фундаментальной основой ее развития; это подразумевает реструктуризацию и самооценку учебных программ, а также систематизацию академических процессов. Католический университет Santo Toribio de Mogrovejo, отвечая на эти вызовы, а также на национальные правила качества, национальную систему оценки, аккредитации и сертификации качества образования и национальный надзор за высшим университетским образованием, включил усовершенствования в академические процессы с использованием информационных технологий. Это исследование показывает результаты опыта внедрения интегрированной модели академического менеджмента с системами управления обучением (LMS) в университетском контексте и объясняет различные этапы, которые составили это предложение. Исследование соответствует прикладному технологическому исследованию с количественным подходом, выборкой послужила перепись населения, дополненная методом фокус-групп и применением полуструктурированных интервью. Наиболее важные результаты показывают, что: Реализация интегрированной модели технологических платформ виртуального кампуса (система преподавания-обучения, система академического менеджмента и система управления учебными программами) и интеграция LMS позволяет подтвердить уровни достижения компетенций профиля выпускника и развертывания интегрированной системы академического менеджмента с LMS и обеспечивает значительную поддержку деятельности процесса преподавания-обучения в USAT.

Ключевые слова: высшее образование, учебная программа, учебный процесс, профессиональная компетентность, информационная система управления образованием.

摘要

一个国家的高等教育质量是其发展的根本支柱。这意味着我们需要重组和自我评估学习计划, 以及将学术过程系统化。Santo Toribio de Mogrovejo天主教大学为应对这些挑战和国家质量法规, 国家教育质量评估、认证和认证体系以及国家大学高等教育监管机构, 通过使用信息技术改进学术流程。本研究展示了在大学环境中实施具有学习管理系统 (LMS) 的综合学术管理模型的结果, 并解释了构成该提案的各个阶段。该研究采用定量方法的应用技术研究, 样本通过焦点小组技术和半结构化访谈的应用进行了补充。最重要的结果表明: 虚拟校园内技术平台集成模型(教与学系统、学术管理系统和课程管理系统)的实施和 LMS 的融合允许展示学生能力的成就水平, LMS 系统所提供的毕业生概况和综合学术管理系统的部署为 USAT 的教学过程活动提供了重要支持。

关键词: 高等教育, 课程, 学习过程, 专业能力, 教务信息系统。

Introduction

Today, traditional education models have been overtaken by new academic needs, where each student has an independent way of learning. As a result, universities seek the support of information technologies (IT) to provide solutions to these needs (Arias-Navarrete et al., 2021).

According to UNESCO (2007), technology provides universal access to education and contributes to reducing differences, improving quality, relevance and management in learning. Therefore, education cannot stay away from the evolution of ICTs; it is necessary to take advantage of connectivity resources in society and their high relation in the educational context (Báez-Pérez & Clunie-Beaufond, 2020; Cordero Guzman & Ramón Poma, 2021).

Over recent decades, new learning modalities have been established, such as online and blended, known as mixed, and it is essential for them to integrate LMS in universities. LMS (acronym for "Learning Management System") platforms are necessary resources to be included in the university pedagogical environment as a means of teaching, enhancing the technology-education relationship (Soler-Rodríguez et al., 2021). For educational organizations, there was a strong increase in the need to develop information and integrated educational environments that combine the educational function with educational management.

LMS are tools that provide opportunities to ensure the effective implementation of an innovative policy of the higher education institution (Zabolotniaia et al., 2020) due to their effective learning model that allows solving teaching problems in favor of achieving a better understanding of knowledge in students (Gunawan et al., 2020)

In order to achieve the interoperability of applications and LMS, it is necessary to know their security and infrastructure characteristics, according to the type of LMS and the internal systems that manage their teaching-learning processes in the institution. For a university, it would be significant to articulate the LMS with: i) the student registration system; ii) the academic performance registration, iii) evaluating teaching materials; iv) activating or deactivating teachers and v) managing the "seed" components of academic spaces and others (Herrera-Cubides et al., 2019).

At universities, the implementation of LMS has spread to 99%, being used by 85% of users, even registering 56% of daily use. However, despite these rates, users do not take advantage of their functionalities. Therefore, it is necessary to establish guidelines to use all the capabilities that these environments offer (Rodrigo-Cano et al., 2019).

In 2016 the Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la calidad (SINEACE) published its new "Accreditation Model for Higher University Education Study Programs" considering 34 quality standards for study programs. This generated the need to implement improvements in academic processes through the use of Information Technology (IT) in Peruvian universities. Self-evaluating processes and restructuring study programs "have emerged as priority elements to gain access to accreditation and continuous improvement" (Casas & Olivares, 2011, p. 54).

A large number of Peruvian universities claim to have a competency-based education. The Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT), located in the city of Lambayeque, has been founded 25 years ago and is included among these institutions;

however, the analysis of the teaching-learning process by competencies revealed some important difficulties to be addressed, such as:

- Lack of uniform criteria in the planning and implementation of courses; divergence in the evaluation system of syllabi of the same course, failure to deliver grades to students on time; there was no organized and systematized information on the level of achievement of the competencies attained by students during their studies and upon graduation from the university.
- Lack of integration of the information available in the virtual campus that recorded the final grades of the course with the information of the virtual classroom (Moodle), which contained the record of the partial grades, showed different weightings to the evaluation system considered in the syllabus, these aspects generated inconsistency of the information of both platforms and additional operating load to the teacher, having to keep an additional record of the evaluations in Excel or in the virtual classroom grader, this exposed to calculation errors causing claims from the students.

The main objectives of the experience have been:

- Implement the integrated academic management model to support the teaching-learning process and integrate the technological platforms of the Virtual Campus with the LMS that favor the achievement levels of the competencies of the graduate profile.
- Train key and end users in the use of the new integrated academic management model.
- Have a uniform planning that allows the development of the syllabi with a competency-based approach: performance indicators, evidence and instruments aligned to a valid competency-based evaluation to achieve the graduate profile.
- Show the levels of achievement of the competencies stated in the students' graduation profile.

In view of the problems and objectives stated, there is a need to review and propose a teaching-learning system that reflects the level of achievement of the competencies of the graduate profile in all academic programs and therefore, the following research question is posed:

To what extent does proposing a model supported by the integration of academic management systems with Learning Management System - LMS help to verify the level of achievement of the competencies stated in the graduation profile of university students?

This experience responds to the problems found and the question exposed, and describes the results of the implementation of an integrated academic management model with LMS that starts in 2018 and is implemented in 2019, the detailed procedure as well as the findings are described and developed in this research.

Method

This research has a quantitative approach and is based on technological research, which according to Cegarra (2004), allows the creation of new practical applications and the improvement of processes. Likewise, the research when proposing the im-

provement of the teaching-learning processes at USAT to optimize the indicators of competence achievement uses the level of applied technological research, which according to Espinoza (2014), allows "designing technologies of immediate application in the solution of problems seeking efficiency and productivity"; the same author indicates that it is framed in the systemic research method which faces the problem in all its complexity, relating all the parts and the resulting emerging properties.

Participants

The sample was census because the experience includes all USAT academic programs.

Of the total sample, in the discovery phase, 5 focus groups were carried out with the participation of the Vice President for Academic Affairs; academic coordinator; deans of the 5 schools, and a selected group of 20 undergraduate professors who develop and apply the curriculum plans in the different academic programs, 27 people: 41% women and 59% men, whose ages range between 25 and 58 years. During the modeling and automation phases, 26 working meetings were held with the participation of the same people included in the discovery phase.

The execution phase implemented the integrated academic management system with LMS and involved a total of 305 professors from the different academic programs: 58.2% men and 41.8% women between the ages of 30 and 65, and students from all academic programs (8,656): 57% women and 43% men, between the ages of 17 and 26.

Instruments

The focus group was applied to USAT managers and allowed the collection and analysis of information in the discovery phase. This technique asked participants to respond to semi-structured interviews with questions organized according to technical issues such as: teaching-learning process, regulations related to curriculum management, curriculum plans, syllabus development, functionality of the virtual campus and virtual classroom, among other topics.

Procedure

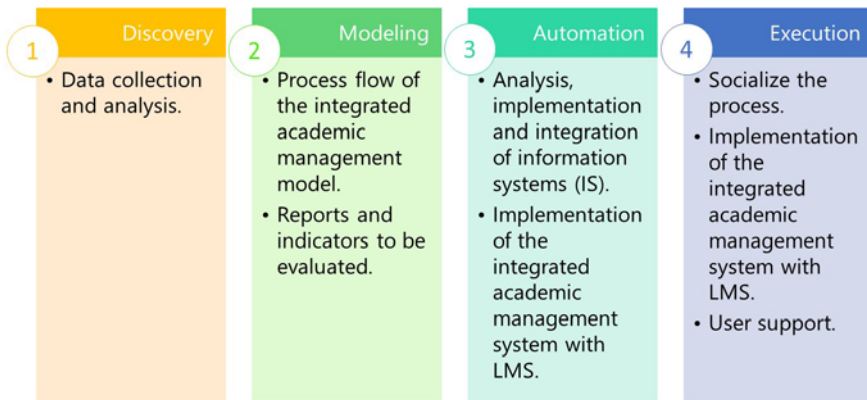
Each participant was given an informed consent form, which was read and signed, thereby respecting ethical principles. The objectives of the research were explained, specifying that the data would be analyzed individually and its treatment would be confidential. The focus groups were held in places and times agreed upon by the research team and the participants.

A total of 26 meetings were held in the period from 2018 to 2020, the objective of which was to develop the implementation phases that consider (Figure 1): (1) Discovery; (2) Modeling; (3) Automation and; (4) Execution.

During 2018, three phases were carried out: Discovery (where information was collected and the problem to be solved was detected), modeling (the process flow and their interrelationships were designed) and automation (implementation of the academic system with LMS). In 2019, the execution phase began, which implemented the system by deploying the technical support module to deal with incidents and requests for improvement.

Figure 1

Phases for the development of the implementation of an integrated academic management model with LMS



Discovery phase: the focus group was applied as an instrument for information collection with the participation of the office of vice president for academic affairs (VRA); deans and professors, who have direct influence in the development and application of the curriculum plans, documents that guide the teaching-learning process of the different academic programs of USAT; likewise, a review of the general regulatory framework was carried out.

Modeling phase: Bizagi modeling software was used to design the process flow of the integrated academic management system, which includes reports of performance indicators consistent with the proposed learning outcomes, collection of evidence, instrument development and application related to expected learning, in accordance with the syllabi of the curriculum plans of the various programs. The areas of quality, office of the vice president for academic affairs and Information Technology (IT) participated in this phase.

Automation Phase: It deployed the analysis, implementation and integration of the integrated academic management system and integration with the LMS, through the following activities:

- Develop the backlog or system requirements; the Business Process Model and Notation (BPMN) was applied in the teaching-learning process and the software components that would have to be built to support the activities and interactions with external process activities were identified.
- Estimate the IT infrastructure resource capacity, based on the number of documents (files) that the system will have to generate and store in order to size the storage capacity to be allocated and test response times.
- Design the architecture carried out in three stages: (1) Architecture, identified the hardware and software components to be used as well as the technical feasibility of academic system integration implemented on a Microsoft platform with LMS that is in free software; (2) Data model: It involved analyzing the entities of the existing academic system and identifying the new entities of the teaching-learning system, and the relationship with the entities of the data model of the LMS platform, ensuring the referential integrity of the data, traceability and

query performance; (3) IS prototypes: The university has design patterns for the system interfaces that enable adequate usability, prototypes of forms, reports and indicators were developed and validated by users.

- - Implement the technological platforms within the Virtual Campus (Teaching-Learning System, Academic Management System and Curriculum Management System) and integrate them with LMS, an aspect developed by the IT area using the Scrum framework; two teams were established, one for the development of the teaching-learning system and its integration with the existing academic system and the other for the development of the integration with LMS.

The execution phase was developed during two academic semesters:

2019-I: The main focus was to socialize the process (activities, formats, reports and indicators) with all the users involved, and to execute it manually using only spreadsheet templates as a support tool in order to: (1) make key users aware of the importance of the change; (2) validate the process by the users themselves and (3) obtain initial feedback from the users on the new process.

2019-II: The integrated academic management system with LMS was deployed to support the activities of the teaching-learning process to date.

Teams were organized to be able to deploy to all users in order to cover the necessary aspects:

- VRA: Methodological consultant of the model
- Quality Analysts: Consultant of the process activities, one analyst per School was appointed to be the first line of consultation during the transition.
- Systems Analysts: consultant for the software tool, a project leader and a team of specialists were appointed to support the new platform.

The execution phase includes the transition plan (Figure 2), which focused on identifying the main stages of the deployment based on the activities of the academic schedule and aligned to the activities of the new process.

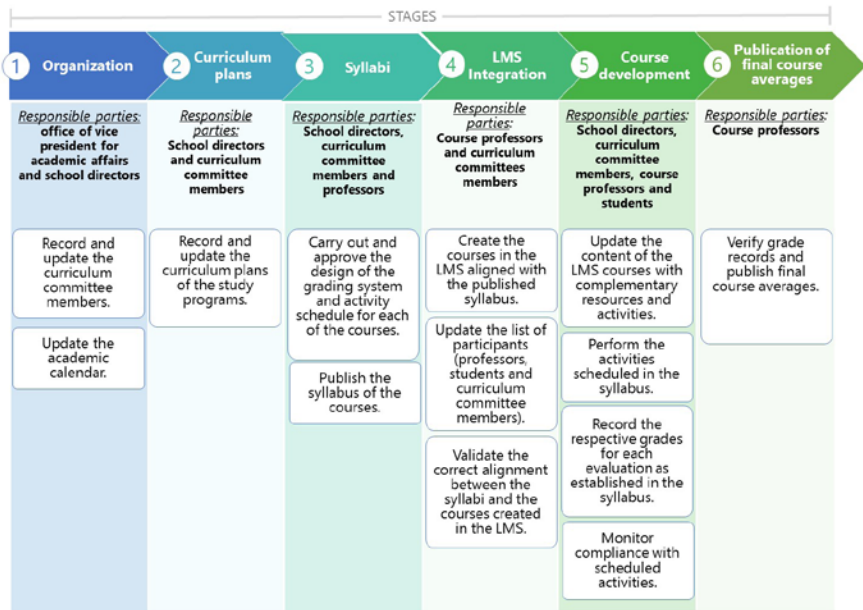
Training was given to both key users and end users and included two topics: description of the process by VRA with the support of the quality area and use of the new IT tool by the systems area.

Dissemination began with the preparation of support material (slides, videos and examples) and then the change was communicated to all users directly or indirectly involved.

The use included preparing a training environment and a real environment, configuring access to all users and conducting workshops to provide support to the user during the first experience using the tool in the real environment.

Figure 2

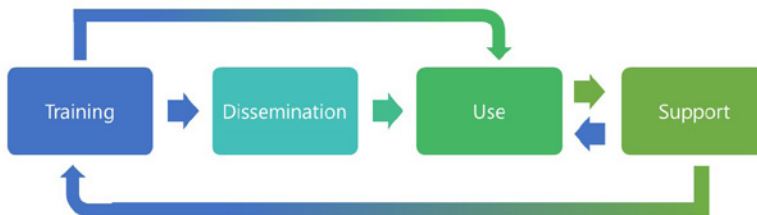
Transition plan for the integrated academic management model with the LMS



All stages of the transition plan follow the process of the execution phase shown in Figure 3.

Figure 3

Process followed in the execution phase of the integrated academic management model with the LMS



The support was carried out in two stages:

STAGE 1: It was carried out before the beginning of the semester for the activities corresponding to the design of the course, where the main users are curriculum committees and course coordinating professors. This stage had two levels of response:

- Level 01: users addressed their requests to the quality analysts designated by school, in the case of an orientation request they dealt with the question, in the case of new needs they documented them and then consolidated them and submitted them to VRA for review and analysis. If the request was not within the scope of action of the analysts, it was sent to level two.
- Level 02: two response teams were organized according to the nature of the request: (1) Academic: they were handled by VRA and its team, generally doubts about methodological aspects of the model or dispute resolution in specific aspects of each study program and (2) Technical: they were dealt with by the systems area, who were responsible for providing prompt solutions to reestablish the continuity of the operations.

STAGE 2: It was carried out during the semester for the activities corresponding to the development of the course, in this stage the main users are the course professors and the students. A three-level response flow was implemented:

- Level 01: end-user type professors sent their requests to their curriculum committees, while student queries were channeled by course professors who sent them to their curriculum committees.
- Level 02: the users of the curriculum committees of the schools addressed their requests to the quality analysts designated by school, in the case of an orientation request they dealt with the question, in the case of new needs they documented them and then consolidated them and submitted them to VRA for review and analysis. If the request was not within the scope of action of the analysts, it was sent to level three.

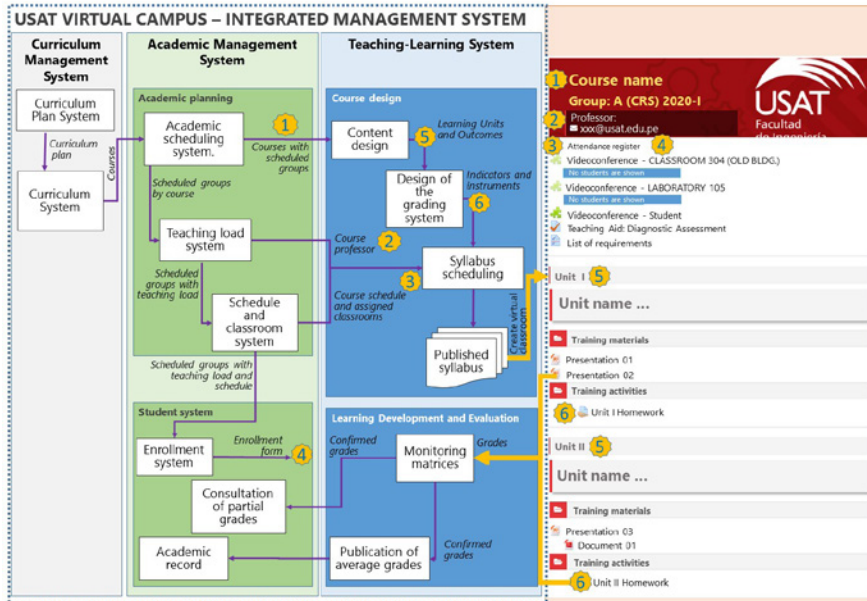
Level 03: two response teams were organized according to the nature of the request: (1) academic: they were handled by VRA and its team, generally doubts about methodological aspects of the model or dispute resolution in specific aspects of each study program; (2) technical: they were dealt with by the systems area, who were responsible for providing a prompt solution to reestablish the continuity of operations.

In order to examine the data, a descriptive analysis of the variables was carried out, according to the data submitted by the participants, using the SPSS® version 20 statistics program.

Results

The first result responds to the first objective set out in this research, which achieved the implementation of the integrated model of the technological platforms found within the Virtual Campus (Teaching-Learning System, Academic Management System and Curriculum Management System) and integrate them with the Learning Management System - LMS, which allowed to verify the level of achievement of the competencies of USAT graduates (Figure 4)

Figure 4
Academic management model with LMS



The second result allowed training key users and end users in the execution phase, allowing them to learn about the processes and use of the systems of the new integrated academic management model in which they were involved; this made it possible to meet the second objective of the research (Table 1).

Table 1
Trainings carried out during the execution phase

Date	Training topic	Number of professors trained	Groups
Jan.-Feb., 2019	Development of competency-based syllabi.	281	10 groups
Feb.-Apr.-Jul., 2019	Presentation of a worksheet to evaluate the syllabus. Learning Results Monitoring Matrices (LRMM).	223	6 groups
Nov., 2019	Use of the Teaching-Learning System. Management of indicators of the level of achievement of competencies stated in the graduate profile.	301	10 groups

The third result obtained is the design and updating of the course corresponding to the modeling phase, which made it possible to standardize the syllabi with an approach aimed at developing competencies (performance indicators, evidence and in-

struments), showing a high level of compliance in the teaching-learning system (Table 2). This result responds to the third objective of the research.

Table 2

Percentage of compliance with the generated syllabi incorporating the design and updating of courses (year 2020)

School	Total number of syllabi	Number of syllabi published on time	Compliance %
Business Sciences	336	333	99%
Law	164	160	98%
Humanities	162	161	99%
Engineering	476	473	99%
Medicine	180	140	78%
TOTAL	1.318	1.267	96%

The last result achieved responds to the fourth and last objective set out in the research, which was to obtain reliable and progressive reports from the integrated academic management system every semester on the levels of achievement of the students' competencies in their education process, which were reported in the periods that appear in the syllabi of the courses in all semesters (Table 3).

Table 3

Percentage of the levels of achievement of students' competencies (year 2020)

School	Academic Program	2020-I	2020-II
Business Sciences	Business Sciences	94.02%	89.28%
	Hospitality and Tourism Services Management	96.20%	97.50%
	Accounting	91.91%	92.48%
	Economics	94.29%	91.56%
Law	Law	94.80%	92.90%
Humanities	Communication	94.36%	93.19%
	Early Education	96.75%	97.43%
	Primary Education	97.52%	100.00%
	Secondary Education: Philosophy and Theology Secondary Education: Language and Literature	97.63%	94.72%
	Secondary Education: Language and Literature	92.57%	97.73%

School	Academic Program	2020-I	2020-II
Engineering	Architecture	86.24%	80.34%
	Civil and Environmental Engineering	86.67%	79.86%
	Systems Engineering and Computing	80.95%	81.25%
	Industrial Engineering	88.96%	88.34%
	Mechanical and Electrical Engineering	94.10%	93.90%
Medicine	Nursing	96.75%	95.70%
	Human Medicine	96.47%	98.10%
	Dentistry	98.77%	98.26%
	Psychology	97.18%	92.24%

Discussion

This experience highlights, among its most important results, the implementation of an integrated academic management model with LMS (Learning Management Systems) that has helped to verify the level of achievement of students' competencies through progressive reports, reported in the periods made in the syllabi during the semester development of the various courses of the USAT Academic Programs, a finding that is related to the studies of Juárez et al. (2020) and Wong-Fajardo et al. (2021) who quantitatively determined the academic efficiency using the LMS and indicated that higher education institutions greatly benefit from the implementation of LMS; in this same line, Marks et al. (2016) show another experience that extends in six USA universities, where they use the capabilities available in the LMS to collect data and measure student performance, generating alert and early warning systems; likewise, Pro Chereguini and Ponce (2021) evaluated the achievement of competencies in students of Spanish universities through the systematized model proposal, managing to identify less developed aspects allowing self-assessment.

Likewise, other complementary scientific studies evidence a relationship between satisfaction and benefits in students when using LMS (Ramirez-Correa et al., 2017, Ikhsan et al., 2021, Jinkyung et al., 2021) and propose strategies to help institutions make more effective use of their LMS to achieve impact on teaching and learning at universities [Adzharuddin & Ling (2013) and Mtebe (2015)], such studies are related to one of the results of the experience at USAT, which indicates that the integrated system allowed obtaining reliable results reports every semester on the levels of achievement of students' competencies in their education process, helping to monitor and make decisions for improvement as a quality university institution. In this regard, Falileeva and Shakirova (2021), in their experience of implementing adaptive learning with LMS Moodle in a Russian university, show similar results, which prove the effectiveness of the adaptive learning model in the mathematics course for students with different levels of education; Gunawan et al. (2020) evidence that the use of LMS had a positive impact on students' understanding of mechanics concepts; and Pinilla et al. (2022), in their preliminary results of implementing a LMS prototype, in the context of undergraduate clinical education, indicate increased student satisfaction in supporting self-regulated learning activities.

This same USAT finding is related to what is maintained by Ayub et al. (2010), Adzharuddin and Ling (2013) and Almrashdeh et al. (2011), who state that the LMS help in the planning, implementation, distribution, management and evaluation of a specific learning process. In this line of results, Juarez et al. (2020) quantitatively show the academic efficiency using the LMS.

On the other hand, universities have academic systems, usually custom-developed, in which they manage their academic planning (programming, schedules and teaching load), enrollment, grade records (academic record, honor rolls), until the graduation of their students and according to Herrera-Cubides et al. (2019), it is important to articulate the applications used by the institution in the learning process with the LMS; in addition, Ayub et al. (2010) indicates that the systems should be designed in an easy way so that users do not have difficulties when using it, findings that are related to the first result of this research that has achieved the implementation of the integrated model and its articulation with the LMS, which allowed verifying the entire academic record, recording the students' grades and evidencing the level of achievement of USAT students' competencies.

According to Barra et al. (2019), in order to achieve graduate competencies, it is necessary to adopt a self-assessment model that includes the criteria of the accrediting agency; associate the graduate competencies with each course. This aspect was taken into account in the evaluation and analysis on the problems of the teaching-learning process by competencies in USAT, which were aligned in light of the standards of the SINEACE quality model, taken into account for the proposal of this experience.

Likewise, one of the results of this study evidenced the importance of standardizing the syllabus planning that is consistent with an approach aimed at developing competencies and incorporating, in the evaluation systems, criteria such as: performance indicators consistent with the proposed learning outcomes, collection of evidence, development and application of instruments related to the expected learning and the need for all professors to work the same syllabus per course, a finding that is related to what was raised by Bezanilla and Arrans (2016) who support "a competency-based evaluation model in their proposal, which establishes how to evaluate competencies, what techniques and activities will be used, as well as how to establish the grade, assigning a percentage or weight to each competence and indicator, according to their relative importance in the learning process"; moreover, Morze et al. (2020) indicate that it is important to provide the professor with tools at all stages of the learning process that begins with the information delivery and ends with the evaluation.

One of the objectives of the study was to train end users in using the new integrated model, which is a key factor for the successful implementation of the integrated system; on the other hand, although competency-based education is not a recent topic, Larrain and Gonzalez (2007) mention that the trends of change indicate a different scenario and major transformations for the university, as represented by this proposal and its implementation, as shown in the results presented in Table 1.

Conclusions

- It was possible to implement the integrated model of the technological platforms within the Virtual Campus (Teaching-Learning System, Academic Management System and Curriculum Management System) and integrate them with the

Learning Management System - LMS, which made it possible to verify the level of achievement of USAT graduates' competencies.

- The training sessions (301), divided into 10 groups, allowed key and end users to learn about the processes and use of the systems in which they were involved.
- The process: design and updating of the course made it possible to standardize the syllabi with a focus aimed at developing competencies, evidencing 96% compliance in the teaching-learning system.
- The semester reports of the integrated system showed a high level of achievement; more than 80% of the students' competencies during their training process were met.

Some complementary conclusions considered in this proposal are summarized as follows:

In the first phase of Discovery, the importance of having an orderly institutional regulatory framework and the preeminence of integrating the participants who have a direct impact on the teaching and learning process (VRA and school directors) became evident. The Modeling phase, which incorporated the design of the process flow of the integrated academic management system, made it possible to obtain reports of achievement indicators for students' competencies in all academic programs. On the other hand, Automation was the third phase, through the analysis and deployment of four complex activities, achieved the implementation and integration of the integrated academic management system and integration with the LMS. Finally, the fourth and last phase of Execution included training, dissemination, use and support and the integrated academic management system was here deployed with LMS that supports the activities of the teaching-learning process from 2019 to present.

During the transition period towards the implementation of the integrated model there were some limitations such as lack of knowledge of the process by the end users and resistance to change; therefore, during this period, meetings were held and close support was provided to the various user groups, which should be taken into account in future research to optimize the results in similar experiences.

On the other hand, Momani (2021) maintains that choosing the most appropriate LMS that adapts to the needs and requirements of the professor and the student is one of the thorniest decisions for any educational institution, and in the future, USAT's experience could be taken as a reference because the integration of the academic management model has been a proposal that provided the expected results (Figure 3 and Table 3).

Finally, the experience gained contributed to meeting the emerging needs of the problem; however, as with any system, it is open to adjustments or adaptations arising from the use of the integrated model.

Acknowledgments

The authors would like to thank the Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo for the support provided.

Financing

This scientific article has not received financial support for its development and/or publication.

References

- Adzharuddin, N., & Ling, L. (2013). Learning management system (LMS) among university students: Does it work. *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management Learning (IJEEEE)*, 3(3), 248-252. <http://dx.doi.org/10.7763/IJEEEE.2013.V3.233>
- Almrashdeh, I., Sahari, N., Zin, N., & Alsmadi, M. (2011). Distance learning management system requirements from student's perspective. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 24(1), 17-27. <http://www.jatit.org/volumes/research-papers/Vol24No1/3Vol24No1.pdf>
- Arias-Navarrete, A., Palacios-Pacheco, X., & Villegas-Ch, W. (2020). Integración de un chatbot a un LMS como asistente para la gestión del aprendizaje. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E32), 164-175.
- Ayub, A., Tarmizi, R., Jaafar, W., Ali, W., & Luan, W. (2010). Factors influencing students' use a learning management system portal: Perspective from higher education students. *International Journal of Education and Information Technologies*, 4(2), 100-108. <https://www.naun.org/main/NAUN/educationinformation/19-320.pdf>
- Báez-Pérez, C., & Clunie-Beaufond, C. (2020). El modelo tecnológico para la implementación de un proceso de educación ubicua en un ambiente de computación en la nube móvil. *Revista UIS Ingenierías*, 19(4), 77-88.
- Barra, L., Baluarte, C., Guevara, K., Cornejo, V., & Gonzales, F. (2019). Medición y evaluación de los resultados del estudiante en el proceso de enseñanza aprendizaje - Lecciones aprendidas. *Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*, 54, 1-9. <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.54>
- Bezanilla, M., & Arranz, S. (2016). Sistema de evaluación de competencias en Educación Superior utilizando Moodle. *Opción*, 32(80), 290-310. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31047691013>
- Casas, E., & Olivas E. (2011). El proceso de acreditación en programas de Educación Superior: un estudio de caso. *Revista Omnia*, 17(2), 53-70. <https://www.redalyc.org/pdf/737/73719138005.pdf>
- Cegarra Sánchez, J. (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Díaz de Santos. <https://bit.ly/3AofvYM>
- Cordero Guzmán, D., & Ramón Poma, G. (2021). Modelo tecnológico e infraestructura informática de un campus virtual para el contexto universitario. *Revista Científica Y Tecnológica UPSE*, 8(2), 48-58. <https://doi.org/10.26423/rctu.v8i2.627>
- De Oliveira, P., Cunha, C., & Nakayama, M. (2016). Learning Management Systems (LMS) and e-learning management: An integrative review and research agenda. *Journal of Information Systems and Technology Management - JISTEM*, 13(2), 157-180. <http://doi.org/10.4301/S1807-17752016000200001>
- De Pro Chereguini, C., & Ponce, A. (2021). Model for the Evaluation of Teaching Competences in Teaching-Learning Situations. *Societies*, 11(2), 1-17. <https://doi.org/10.3390/soc11020056>

- Espinoza Montes, C. (2014). *Metodología de investigación tecnológica: Pensando en sistemas*. Soluciones Gráficas S.A.C. <https://bit.ly/3njqkkr>
- Falileeva, M., & Shakirova, L. (2021). Adaptive e-course in Mathematics in LMS Moodle: Design and Implementation Problems. *CEUR Workshop Proceedings*, 2910, 1-10. <http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-2910/paper1.pdf>
- Gunawan, G., Harjono, A., Suranti, N., Herayanti, L., & Imran, I. (2020). The impact of learning management system implementation on students' understanding of mechanics concepts. *Journal of Physics*, 1747, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1747/1/012020>
- Herrera-Cubides, J., Gelvez-García, N., & López-Sarmiento, D. (2019). LMS SaaS: Una alternativa para la formación virtual. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(1), 164-179. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000100164>
- Ikhsan, R., Prabowo, H., & Yuniarty. (2021). Validity of the factors students' adoption of learning management system (Lms): A confirmatory factor analysis. *ICIC Express Letters, Part B: Applications*, 12(10), 979 – 986. <http://doi.org/10.24507/icicleb.12.10.979>
- Jinkyung, J., Yeohyun, Y., & Eun-Jung, K. (2021). Comparison of Faculty and Student Acceptance Behavior toward Learning Management Systems. *International Journal of Environmental Research and Public Health is an interdisciplinary*, 18(16), 1-16. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168570>
- Juárez Santiago B., Olivares Ramírez J., Rodríguez-Reséndiz J., Dector A., García García R., González-Durán J., & Ferriol Sánchez F. (2020). Learning Management System-Based Evaluation to Determine Academic Efficiency Performance. *Sustainability*, 12(10), 979-986. <https://doi.org/10.3390/su12104256>
- Larraín, A., & González, L. (2007). *Formación Universitaria por competencias*. <http://www.luisedogonzalez.cl/pdf/2007/2007-16.pdf>
- Marks, A., AL-Ali, M., & Rietsema, K. (2016). Learning Management Systems: A Shift Toward Learning and Academic Analytics. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 11(4), 77-82. <http://dx.doi.org/10.3991/ijet.v11i04.5419>
- Momani A. (2021). Using multi-attribute decision-making approach to evaluate learning management systems. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies (IJWLTT)*, 16(4), 117-131. <http://doi.org/10.4018/IJWLTT.20210701.0a7>
- Morze, N., Varchenko-Trotsenko, L., Terletska, T., & Smyrnova-Trybulska, E. (2020). Implementation of adaptive learning at higher education institutions by means of Moodle LMS. *Journal of Physics*, 1840, 1-13. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012062>
- Mtebe, J. (2015). Learning management system success: Increasing learning management system usage in higher education in sub-Saharan Africa. *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology (IJEDICT)*, 11(2), 51–64. <http://ijedict.dec.uwi.edu/viewissue.php?id=42>
- Pinilla, S., Cantisani, A., Klöppel, S., Strik, W., Nissen, C., & Huwendiek, S. (2021). Development with the Implementation of an Open-Source Learning Management System for Training Early Clinical Students: An Educational Design Research Study. *Advances in Medical Education and Practice*, 12, 53-61. <https://doi.org/10.2147/AMEP.S284974>

- Ramirez-Correa, P., Rondan-Cataluña, F., Arenas-Gaitán J., & Alfaro-Perez., J. (2017). Moderating effect of learning styles on a learning management system's success. *Telematics and Informatics*, 34(1), 272-286. <http://doi.org/10.1016/j.tele.2016.04.006>
- Rodrigo-Cano, D., Aguaded, I., & Moro, F. (2019). Metodologías colaborativas en la Web 2.0. El reto educativo de la Universidad. *REDU: Revista de Docencia Universitaria*, 17(1), 5.
- SINEACE. (2016). *Modelo de Acreditación para Programas de Estudios de Educación Superior Universitaria*. <https://bit.ly/3zNYh5N>
- Soler-Rodríguez, R., Figueroa-Corrales, E., & Artímez-Jon, C. (2021). Virtualización del proceso de superación profesional a través de la plataforma LMS Moodle. *Atenas*, 4 (56), 98-113.
- UNESCO. (2007). Informe de seguimiento de la EPT en el mundo. Bases sólidas: atención y educación de la primera infancia. UNESCO.
- Wong-Fajardo, M., Saavedra-Sánchez, H., Mendoza-Rodas, M., & Hernández-Vásquez, R. (2021). Design and Implementation of an Integrated Academic Management Model with LMS: A Peruvian Private University Study Case. *CEUR Workshop Proceedings*, 3037, 94-104. <http://ceur-ws.org/Vol-3037/paper10.pdf>
- Zabolotniaia, M., Cheng, Z., Dorozhkin, E., & Lyzhin, A. (2020). Use of the LMS Moodle for an Effective Implementation of an Innovative Policy in Higher Educational Institutions. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET)*, 15(13), 172-189. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i13.14945>

Laboratorio Virtual de Electromagnetismo como estrategia didáctica utilizando el enfoque de aprendizaje situado en ingeniería

Virtual Electromagnetism Laboratory as a didactic strategy using situated learning approach in engineering

虚拟电磁实验室在工程学中的教学策略: 使用情境学习方法

Виртуальная лаборатория электромагнетизма как дидактическая стратегия, использующая подход ситуационного обучения в инженерном деле

Nereyda Castro-Gutiérrez

Universidad Veracruzana

nercastro@uv.mx

<https://orcid.org/000-0002-3941-795X>

Jesús Alberto Flores-Cruz

Instituto Politécnico Nacional

jafloresc@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0001-7816-4134>

Fermín Acosta Magallanes

Instituto Politécnico Nacional

facostam@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1471-5376>

Fechas · Dates

Recibido: 2022-07-19

Aceptado: 2022-09-22

Publicado: 2023-01-01

Cómo citar este trabajo · How to Cite this Paper

Castro-Gutiérrez, N., Flores-Cruz, J. A., Acosta Magallanes, F. (2023). Laboratorio Virtual de Electromagnetismo como estrategia didáctica utilizando el enfoque de aprendizaje situado en ingeniería. *Publicaciones*, 53(2), 255–273. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26827>

Resumen

Los laboratorios virtuales (LV) han tenido un especial interés en los últimos años en que la educación inmersiva resulta atractiva para los estudiantes y complementa los procesos de enseñanza y aprendizaje en las instituciones de diversos niveles educativos. Aunque existen varios tipos de laboratorios virtuales utilizados en diversos niveles educativos, existen importantes retos para el diseño de estos como estrategia didáctica ad-hoc. Una de las principales dificultades en la aplicación de tecnología educativa es contar con entornos educativos virtuales especialmente dedicados a las áreas de ingeniería, que no sólo presenten prácticas interactivas donde se manipulen las animaciones, sino que fomenten el análisis metacognitivo de los estudiantes; para así construir un aprendizaje autónomo y reflexivo a través de enfoques educativos que acompañen la innovación educativa a través de las nuevas tecnologías. Este artículo presenta el diseño e implementación de un Laboratorio Virtual de Electromagnetismo (LVE) como estrategia didáctica bajo el enfoque de aprendizaje situado, aplicado a estudiantes universitarios de ingeniería de manera remota a través de versiones portátiles de la herramienta didáctica diseñada con Unity® en una universidad pública de México. En esta investigación se describe el contexto del caso de estudio, la metodología para identificar los criterios bajo el enfoque del modelo educativo de aprendizaje situado sugerido para el desarrollo del entorno virtual, las características del diseño a través del software de animación y la intervención educativa implementada en el nivel de educación superior. Finalmente, se realiza un análisis de los resultados obtenidos después de la aplicación del laboratorio mediante el estudio de la percepción de la comunidad universitaria a través de encuestas de salida.

Palabras clave: laboratorio virtual, electromagnetismo, ingeniería, educación inmersiva, aprendizaje situado, tecnología educacional, Realidad virtual.

Abstract

Virtual laboratories (VL) have had a special interest in recent years in which immersive education is attractive to students and complements the teaching and learning processes in institutions of diverse educational levels. Although there are several types of virtual laboratories used at various educational levels, there are important challenges for their design as an ad-hoc didactic strategy. One of the main difficulties in the application of educational technology is having virtual educational environments especially dedicated to the areas of engineering, which not only present interactive practical sessions where animations are manipulated, but also encourage the metacognitive analysis of the students; in order to build an autonomous and reflective learning through educational approaches that accompany educational innovation through new technologies. This article presents the design and implementation of a Virtual Laboratory of Electromagnetism (VLE) as a didactic strategy under the situated learning approach, remotely applied to university engineering students through portable versions of the didactic tool designed with Unity® in a public university of Mexico. This research describes the context of the case study, the methodology to identify the criteria under the approach of the situated learning educational model suggested for the development of the virtual environment, the characteristics of the design through animation software, and the educational intervention implemented at the university education level. Finally, an analysis of the results obtained after the application of the laboratory is carried out by studying the perception of the university community through exit surveys.

Keywords: Virtual Laboratory, electromagnetism, engineering, immersive education, situated learning, educational technology, virtual reality.

Аннотация

Виртуальные лаборатории вызывают особый интерес в последние годы, поскольку иммерсивное образование привлекательно для студентов и дополняет процессы преподавания и обучения в учебных заведениях на различных уровнях образования. Хотя существует несколько типов виртуальных лабораторий, используемых на различных уровнях образования, существуют значительные трудности при их разработке в качестве специальной дидактической стратегии. Одной из основных трудностей в применении образовательных технологий является создание виртуальной образовательной среды, специально предназначенной для инженерных областей, которая не только представляет интерактивные практики, где манипулируют анимацией, но и поощряет метакогнитивный анализ студентов; для того, чтобы построить автономное и рефлексивное обучение с помощью образовательных подходов, которые сопровождают образовательные инновации с помощью новых технологий. В данной статье представлена разработка и внедрение виртуальной лаборатории электромагнетизма в качестве дидактической стратегии в рамках метода обучения на месте, применяемого к студентам инженерных специальностей университетов дистанционно с помощью портативных версий дидактического инструмента, разработанного с помощью Unity® в государственном университете Мексики. В данном исследовании описывается контекст ситуационного исследования, методология определения критериев в рамках образовательной модели обучения на месте, предложенной для разработки виртуальной среды, характеристики дизайна с помощью анимационного программного обеспечения и образовательное вмешательство, реализованное на уровне высшего образования. Наконец, проводится анализ результатов, полученных после применения лаборатории, путем изучения восприятия университетского сообщества с помощью опросов на выходе.

Ключевые слова: Виртуальная лаборатория; электромагнетизм; инженерия; иммерсивное образование; ситуационное обучение; образовательные технологии; виртуальная реальность.

摘要

近年来,虚拟实验室特别引人注目,因其沉浸式教育对学生具有吸引力,并补充了不同教育水平机构的教​​学和​​学习过程。尽管在不同的教育水平上可以使用不同类型的虚拟实验室,但在将它们设计为临时教学策略方面仍存在重大挑战。教育技术应用的主要困难之一是拥有专门针对工程领域的虚拟教育环境,不仅提供动画操作的交互实践,还鼓励学生进行元认知分析;通过新技术伴随教育创新的教育方法来建立自主和反思性学习。本文介绍了虚拟电磁实验室的设计和​​实施,作为情境学习方法下的一种教学策略,通过墨西哥公立大学使用 Unity® 设计的教学工具的便携式版本远程应用于大学工程专业的学生。本研究描述了案例研究的背景、在情境学习教育模型方法下确定标准的方法,为在高等教育层面的虚拟环境的发展提出了建议,通过动画软件设计的特征以及实施的教育干预。最后,通过研究末问卷研究大学社区对其感知,对实验室申请后获得的结果进行分析。

关键词: 虚拟实验室, 电磁学, 工程, 沉浸式教育, 情境学习, 教育技术, 虚拟现实。

Introducción

Este artículo describe la investigación realizada sobre el diseño e implementación de un Laboratorio Virtual de Electromagnetismo (LVE) aplicado a la enseñanza de conceptos fundamentales de electromagnetismo en el nivel de educación superior. Se utilizó una metodología propia para analizar los aspectos previos importantes y necesarios para implementar una propuesta de estrategia didáctica utilizando un laboratorio virtual que apoye en el proceso de enseñanza del electromagnetismo. En una etapa inicial se analizaron las características y antecedentes de los laboratorios virtuales para enseñanza de la Física y sus aplicaciones en electromagnetismo, así como las tendencias globales de la educación inmersiva aplicadas en niveles de educación superior. Posteriormente, se analizaron los aspectos tecnológicos y de diseño esperados por la comunidad universitaria estudiada en esta investigación al momento de utilizar un laboratorio virtual, los cuales serían útiles para la enseñanza de temas de electromagnetismo y sus aplicaciones en áreas de la ingeniería. Con base en dicho análisis, se propone una estrategia de intervención educativa basada en el enfoque de aprendizaje situado debido a las características específicas que se encontraron en encuestas de diagnóstico previo para el caso de estudio. Para el proceso de diseño del ambiente virtual educativo que incluye el Laboratorio Virtual de Electromagnetismo, se proponen diversos elementos acordes al enfoque de aprendizaje situado que más adelante se describen. Se valoró el uso de plataformas interactivas y software accesible que propiciaran el desarrollo del laboratorio virtual portátil debido al momento de contingencia sanitaria que se vivió al momento de la investigación. El LVE desarrollado, se implementó a un grupo de la comunidad estudiantil de la Facultad de Ingeniería campus Ixtaczoquitlán, de la Universidad Veracruzana en México para su evaluación mediante encuestas de satisfacción realizadas a los usuarios. Se analizaron aspectos como la motivación y el desempeño de los estudiantes de ingeniería que utilizaron el LVE mediante cuestionarios de salida y evaluación de la comprensión de conceptos de electromagnetismo. Una vez identificados los parámetros de desempeño de los estudiantes encuestados, así como las áreas de oportunidad del LVE, se propone una serie de elementos a considerar para investigaciones futuras con la finalidad de establecer antecedentes en el diseño de laboratorios virtuales especialmente diseñados para la enseñanza del electromagnetismo y sus aplicaciones en áreas de la ingeniería. La estrategia utilizada para la realización de esta investigación se resume en el diagrama de la Figura 1.

Figura 1

Estrategia realizada para el diseño e implementación del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo (LVE).



Se presenta esta investigación organizada en las secciones que a continuación se describen. En la sección 1 se describen los antecedentes de los laboratorios virtuales, así como las principales dificultades que se presentan en la enseñanza del electromagnetismo en relación con su aplicación en el área de la ingeniería. La sección 2 presenta las características del contexto del caso de estudio en el que se desarrolló un diagnóstico general. Posterior al diagnóstico del caso de estudio, en la sección 3 se describe la propuesta para un entorno virtual de aprendizaje bajo el enfoque de aprendizaje situado, para establecer las pautas de diseño del LVE. En la sección 4 se describen los principales aspectos utilizados en el diseño y desarrollo del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo, así como los elementos que lo conforman. En la sección 5 se describe con detalle la intervención educativa aplicada, así como su evaluación en el caso de estudio. La sección 6 presenta los resultados obtenidos previos a su análisis en la sección 7. Finalmente, las conclusiones se presentan en la sección 8 y las recomendaciones para trabajo futuro en la sección 9.

Laboratorios virtuales

Los laboratorios virtuales se utilizan como estrategias educativas asequibles, ya que están diseñados para que el estudiante pueda interactuar fácilmente con una gran variedad de herramientas integradas, permitiéndole disponer del tiempo suficiente para realizar las prácticas o simulaciones incluidas y, al mismo tiempo, repetir los ejercicios tantas veces como sea necesario para reafirmar los conceptos estudiados (Potkonjak, 2016). Actualmente existen varias dificultades como el nivel de inmersión (Dengel & Mägdefrau, 2020), la representación de los contenidos (Liu et al., 2015) y la diversidad de áreas de aplicación (Lynch & Ghergulescu, 2017), para que estas herramientas sean eficientes en la construcción de conceptos abstractos que requieren un análisis complejo y una adecuada orientación por parte de los profesores.

Dificultades de aprendizaje del electromagnetismo

El electromagnetismo es una disciplina de la Física que presenta dificultades especiales para su aprendizaje (Agudelo et al., 2019) porque requiere la comprensión de fenómenos abstractos, que son difíciles de percibir en un aula o en un laboratorio. Conceptos como fuerza eléctrica, campo eléctrico y campo electromagnético requieren de diagramas y simulaciones conceptuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje, generalmente representados por diagramas bidimensionales, a través de dibujos en la pizarra o mostrados en los libros de texto. Existen diversas alternativas gráficas para la enseñanza de estos conceptos (Batuyong & Antonio, 2018). Sin embargo, las herramientas en las que se presentan simulaciones gráficas interactivas permiten mostrar de manera más eficiente (Pontes, 2017) la interacción de las cargas eléctricas y el efecto de los campos electromagnéticos, que además son interesantes para los alumnos y sumamente útiles para los profesores. Sin embargo, la mayoría de las aplicaciones interactivas existentes no tienen opciones como la orientación guiada in situ, para que los estudiantes puedan identificar la utilidad de las herramientas (Yunzal et al., 2020; Maheshwari & Maheshwari, 2020). Las aplicaciones o animaciones virtuales existentes presentan únicamente un entorno interactivo que la mayoría de las veces no incluye el análisis previo y posterior a la práctica. La guía dentro de la herramienta es útil para que los estudiantes adquieran un aprendizaje significativo liderando un proceso de metacognición que fomente la observación, el análisis y la generación de sus propias conclusiones. En esta investigación se aplica el enfoque de aprendizaje situado como

propuesta didáctica utilizando Laboratorios Virtuales en el proceso instruccional de enseñanza de conceptos básicos de electromagnetismo enfocado a estudiantes de licenciatura en ingeniería de la Universidad Veracruzana (UV) en México.

Caso de Estudio

Esta investigación se desarrolló en la Facultad de Ingeniería, campus Ixtaczoquitlán (FICl) de la Universidad Veracruzana en la región Orizaba-Córdoba. Esta facultad ofrece cuatro programas educativos: Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica Eléctrica. La facultad FICl, cuenta con varios laboratorios para atender las necesidades educativas de sus programas, los cuales comparten experiencias educativas comunes. Uno de los laboratorios del área de formación básica es el Laboratorio de Física, que es fundamental para los cuatro programas educativos de la FICl. A pesar de que existen áreas apropiadas para la experimentación de los conceptos básicos del electromagnetismo, hay varios problemas que se identifican durante las prácticas de laboratorio. Para efectos de esta investigación se consideró una población estudiantil de más de 90 estudiantes de ingeniería a los cuáles se les aplicaron diversos instrumentos de recolección de información vía medios digitales a través de encuestas.

Encuesta de Diagnóstico Preliminar (EPD)

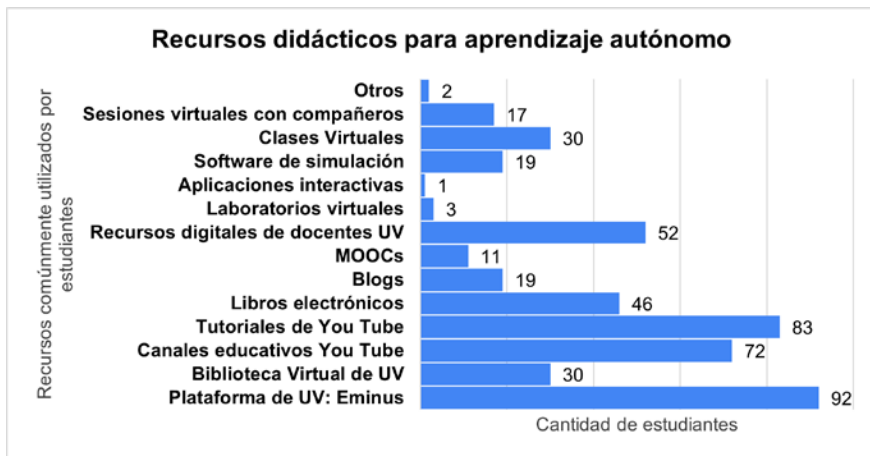
Para identificar la percepción de los estudiantes de la FICl sobre las prácticas en los laboratorios presenciales, y posteriormente tener elementos suficientes para compararlos con los laboratorios virtuales, se realizó una Encuesta de Diagnóstico Preliminar (EPD).

La encuesta EPD se realizó por medios digitales a través de Formularios de Internet distribuidos a través de las cuentas institucionales de una población estudiantil de la FICl de 104 alumnos, durante el periodo escolar febrero-julio 2020. La encuesta analizó diversos indicadores para determinar los antecedentes y características necesarias para el diseño de un Laboratorio Virtual basado en el enfoque de aprendizaje situado, que atendiera las principales dificultades de la comunidad estudiantil, debido a la contingencia de la pandemia del COVID-19, en concordancia con lo reportado por (Steele & Schramm, 2021).

En la encuesta diagnóstica de la EPD se realizaron diversos tipos de preguntas considerando preguntas abiertas, escalas de Likert y respuestas dicotómicas para identificar indicadores cuantitativos y cualitativos, entre los que se encuentran: tiempo de conexión a internet, medios de conexión a internet utilizados (PC, teléfono móvil, tableta), tiempo de estudio semanal, medios digitales comúnmente utilizados por los estudiantes para el aprendizaje autónomo, preferencia de la modalidad de enseñanza, conocimiento previo sobre el uso de laboratorios virtuales, características que prefieren los estudiantes en una sesión de enseñanza virtual, limitaciones de la práctica de laboratorio en la modalidad presencial, disponibilidad de tiempo para la práctica de laboratorio, acceso a equipo especializado de laboratorio y sugerencias de estrategias de enseñanza involucradas en la práctica de laboratorio.

Figura 2

Encuesta previa de diagnóstico aplicada en la FICl en Mayo 2020.



Se observa en la Figura 2 que en la Facultad de Ingeniería campus Ixtaczoquitlán (FICl), el 88.46% de los estudiantes encuestados utiliza Eminus: plataforma institucional utilizada para tener acceso a los contenidos de las experiencias educativas. En cuanto a las plataformas abiertas disponibles en Internet, el 79.81% utiliza You Tube para aprender, pero sólo el 69.23% lo hace a través de canales educativos. Mientras que la mayoría de los estudiantes utilizan medios digitales abiertos para el proceso de aprendizaje independiente, el 50% de los estudiantes también utilizan contenidos digitales producidos por sus propios profesores. Por lo tanto, es de esperar que los estudiantes también necesiten la orientación de los profesores en su proceso de aprendizaje.

Carencia de Laboratorios virtuales para Ingeniería

La EPD realizada revela una clara evidencia de que esta tecnología es aún desconocida por los estudiantes de la FICl, ya que sólo el 2.88% mencionó el uso de laboratorios virtuales para el aprendizaje autónomo. El 34% de los estudiantes mencionó conocer lo que son los laboratorios virtuales, pero también indicaron que no han tenido oportunidad de utilizar ninguno de ellos. Entre los estudiantes encuestados, el 65% mencionó no saber qué es un laboratorio virtual.

Entorno virtual de aprendizaje mediante LVE

La Encuesta de Diagnóstico Previo (EDP) fue fundamental para obtener la perspectiva de los estudiantes respecto a su experiencia en los laboratorios en modalidad presencial. Previo al diseño del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo (LVE), se estudiaron las características del aprendizaje situado que se aplican a la enseñanza de la ingeniería. A continuación, se describen las características del aprendizaje situado que se consideraron más importantes para el desarrollo del LVE.

De acuerdo con el enfoque de aprendizaje situado, se prefieren actividades didácticas centradas en el estudiante (Gómez-Gómez & Hernández, 2015) y centradas en el pro-

ceso metacognitivo que se debe fomentar en el estudiante mediante una adecuada tutoría en el proceso educativo (Hevia-Arime & Fueyo-Gutiérrez, 2018).

La encuesta EDP realizada fue muy importante ya que permitió el desarrollo de nuevas estrategias didácticas que implicaron los siguientes aspectos:

Actividades centradas en el alumno. El aprendizaje situado valora las estrategias didácticas que permiten a los estudiantes desarrollar una actividad de forma autónoma y colaborativa. Las prácticas de laboratorio suelen desarrollarse en equipos de trabajo donde no todos los miembros del equipo pueden tener la misma posibilidad de utilizar el equipo, interactuar con él o incluso pueden experimentar procesos de aprendizaje diferentes. Se requieren herramientas didácticas dedicadas en las que el alumno pueda utilizarlas de forma autónoma y tenga la disponibilidad de repetir los experimentos de forma individual tantas veces como sea necesario, sin depender de una ubicación física en el laboratorio o de un horario de sesiones prácticas. Además, las herramientas didácticas deben incluir suficientes explicaciones para que el alumno pueda desarrollar las actividades de aprendizaje de forma independiente y asistida a distancia.

Nuevos entornos de aprendizaje con laboratorios virtuales específicos. Los laboratorios virtuales son una alternativa en circunstancias con infraestructura educativa limitada o en el caso de esta investigación, la contingencia del COVID-19 que ocurrió en 2020. Si bien ya existe una tendencia de estas herramientas tecnológicas dedicadas en forma comercializable (Labster, 2021), aún existen limitaciones institucionales para adquirir estas herramientas virtuales por cuestiones de licenciamiento o financieras y/o por el hecho de que no se ofrecen laboratorios virtuales dedicados para la mayoría de las áreas de ingeniería. Esta propuesta se presenta como un cambio de paradigma en las instituciones de educación superior para promover esfuerzos multidisciplinarios en la creación de nuevos ambientes educativos (Guzmán-Luna et al., 2014; Baranov, 2016), aunque ya existen a nivel mundial, aún no se implementan en su totalidad debido a un limitado conocimiento de su potencial (Infante-Jiménez, 2014).

Uso de las Tecnologías Aplicadas al Conocimiento (TAC) de manera eficiente. El uso de las TAC sería más eficiente si se diseñaran mediante un soporte instruccional diseñado didácticamente (Gunawan et al., 2017). En este sentido, es fundamental que los docentes, las instituciones y las entidades académicas colegiadas trabajen conjuntamente para desarrollar estrategias didácticas en las que el diseño instruccional tenga un enfoque de aprendizaje situado (Aldana-Segura & Arévalo-Valdés, 2018).

Aprendizaje autónomo mediante el análisis. Uno de los objetivos centrales del aprendizaje situado es que los estudiantes puedan analizar su proceso de aprendizaje a través de la metacognición. En consecuencia, se sugiere incluir evaluaciones finales al final de cada práctica. Tras la prueba final de cada práctica, se sugiere también la realización de lecturas complementarias sobre temas relacionados experimentados en cada práctica para animar a los estudiantes a investigar con mayor profundidad las aplicaciones de los conceptos estudiados mediante el LVE. De acuerdo con este enfoque, el aprendizaje en entornos educativos virtuales debe fomentar y apoyar la capacidad de los estudiantes para establecer relaciones e interpretar los resultados del aprendizaje obtenido, con sus aplicaciones en escenarios profesionales (Peña, 2016).

Diseño y desarrollo del LVE

A partir del enfoque de aprendizaje situado descrito anteriormente, se propuso el diseño del LVE para fomentar el análisis previo de los conceptos de electromagnetismo identificando las áreas de la ingeniería en las que tiene una aplicación directa. El diseño de la LVE emula un entorno virtual interactivo en el que los estudiantes pueden navegar utilizando un avatar. El entorno virtual representa el campus universitario de la FCI y muestra en la antesala una galería de precursores científicos del electromagnetismo, así como aplicaciones de ingeniería para posteriormente entrar al área de prácticas interactivas en donde se resolverán ejercicios prácticos de electromagnetismo.

Diseño del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo

Se diseñó un entorno virtual de aprendizaje con enfoque de aprendizaje situado, que permite a los estudiantes analizar conceptos como fuerza eléctrica, ley de Coulomb, ley de Ohm, fuerza electromotriz y aplicaciones relacionadas, a través de prácticas interactivas acompañadas de un cuestionario de reflexión final, así como el reconocimiento de las aplicaciones tecnológicas de cada uno de estos conceptos de electromagnetismo.

El Laboratorio Virtual de Electromagnetismo (LVE) fue diseñado para introducir cuestionamientos que conduzcan a un análisis de los conceptos adquiridos previo a la experimentación práctica, para que los estudiantes estén mejor preparados para entender la relación entre los conceptos teóricos y los efectos relacionados con los experimentos que practicarán en el LVE. Se planificaron y diseñaron prácticas interactivas que permiten a los alumnos variar las cantidades de las variables eléctricas, así como las cargas eléctricas para analizar el efecto que estas variaciones tienen sobre las leyes fundamentales del electromagnetismo. Tras la realización de cada una de las prácticas, se muestra un cuestionario con preguntas de análisis sobre los conceptos experimentados y se asigna una puntuación, con la finalidad de que los alumnos determinen si es necesario volver a realizar el experimento para reafirmar los conceptos teóricos.

Otro aspecto fundamental para la implementación del LVE en el contexto descrito en el caso de estudio, fue que la herramienta virtual se desarrollara en una plataforma accesible y portátil para los estudiantes, que no estuviera limitada a su uso dentro de las instalaciones institucionales. Con el objetivo de atender las necesidades de los estudiantes acerca del tiempo de práctica disponible para la realización de ejercicios y prácticas interactivas en una modalidad híbrida de aprendizaje, se desarrolló el LVE mediante la plataforma de diseño de animación para ambientes virtuales que se describe a continuación.

Desarrollo del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo

El Laboratorio Virtual de Electromagnetismo fue desarrollado con el software Unity®, un software de animación. Unity® es un motor de juego multiplataforma creado por Unity Technologies®. El motor de juegos se refiere a un software con una serie de rutinas de programación que permiten la creación, desarrollo e implementación de entornos interactivos como un videojuego. Unity® se ha utilizado para el diseño de entornos virtuales interactivos en los que es posible incluir avatares interactivos para navegar por el entorno de forma sencilla y práctica. Unity® ofrece la posibilidad de exportar algunos elementos previamente diseñados para que la adaptación al entor-

no dedicado sea accesible para su modificación personalizada. Se eligió el software Unity® porque es ampliamente utilizado por varias comunidades de diseño para crear entornos interactivos tanto con fines lúdicos como educativos. El uso de avatares proporciona juegos serios para los estudiantes que experimentan un entorno educativo interactivo que los animará a practicar en el laboratorio de forma dinámica.

La plataforma de desarrollo Unity® tiene soporte para la compilación con diferentes tipos de plataformas y ofrece la posibilidad de crear archivos portátiles para instalar el LVE en un ordenador de sobremesa o en un dispositivo móvil. Se utilizó la versión de prueba para que todos los estudiantes pudieran descargar e instalar el LVE en sus ordenadores. La escena inicial (Figura 3) muestra un avatar que puede navegar por el campus virtual de la FICi hacia las diferentes secciones utilizando los controles del teclado.

Figura 3

Escena inicial del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo.



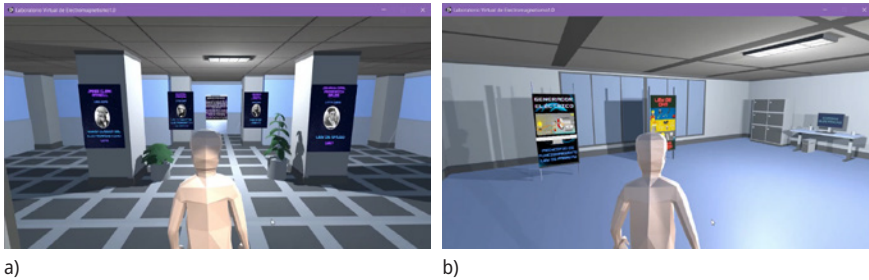
A continuación, se describen los elementos que conforman el Entorno Virtual del LVE.

Elementos del LVE

Se consideró muy importante mostrar un módulo denominado Galería de científicos precursores del electromagnetismo (Figura 4.a) para fomentar el interés de los estudiantes por los avances científicos que se han producido a lo largo de la historia de la física (Perea & Buteler, 2016). De este modo, el alumno puede ser más consciente de las aportaciones que diversos científicos han proporcionado para las aplicaciones del electromagnetismo en la Ingeniería y fomenta el análisis del método científico que se llevó a cabo en cada descubrimiento.

Figura 4

Secciones del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo. a) Galería de científicos. b) Carteles relacionados a las aplicaciones del electromagnetismo en la Ingeniería.



Posteriormente, se presentan una serie de carteles (Figura 4.b), en los que se muestran algunas de las aplicaciones del electromagnetismo en la ingeniería. Se alude de nuevo al aprendizaje situado, ya que las actividades diseñadas en el LVE no se presentan por separado, sino que se asocian a las actividades de ingeniería para facilitar un aprendizaje más significativo. La galería de científicos y la sala de aplicaciones del electromagnetismo son la antesala al laboratorio virtual donde se encuentran los experimentos simulados mediante prácticas interactivas.

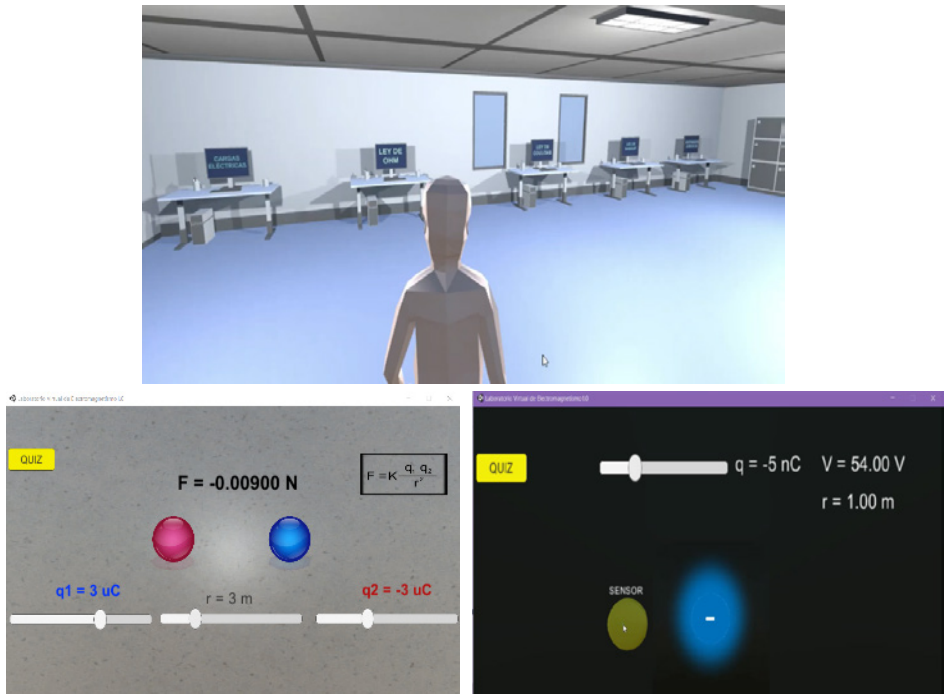
Prácticas interactivas

El ambiente virtual de aprendizaje permite al usuario navegar a través de un avatar para acceder al LVE que presenta cinco prácticas diferentes con ejercicios interactivos sobre temas fundamentales de electromagnetismo como: fuerza eléctrica, ley de Ohm, ley de Coulomb, ley de Faraday, aplicaciones de la fuerza electromotriz. Para ello, el usuario accederá a ventanas interactivas con una metodología didáctica que implica seis etapas (Figura 5): 1- Bienvenida, 2- Propósito de la práctica y temas relacionados, 3- Indicaciones de la práctica y preguntas de discusión, 4- Práctica interactiva, 5- Cuestionarios de análisis posterior, 6- Evaluación y sugerencia de temas complementarios.

En el LVE se presentaron preguntas desencadenantes antes de la experimentación práctica para fomentar la observación analítica de los efectos de los elementos conceptuales que interactúan y que el alumno experimentará en las prácticas del LVE. En las prácticas interactivas el alumno puede modificar magnitudes y cargas eléctricas para analizar el efecto que estas variaciones tienen sobre las leyes fundamentales del electromagnetismo. Después de realizar cada una de las prácticas, se presenta un cuestionario en el que se hacen preguntas de análisis sobre los conceptos experimentados y se asigna una puntuación, para que el alumno sepa si es necesario volver a realizar el experimento para reafirmar los conceptos teóricos.

Figura 5

Ejemplo del entorno virtual de una práctica del LVE.



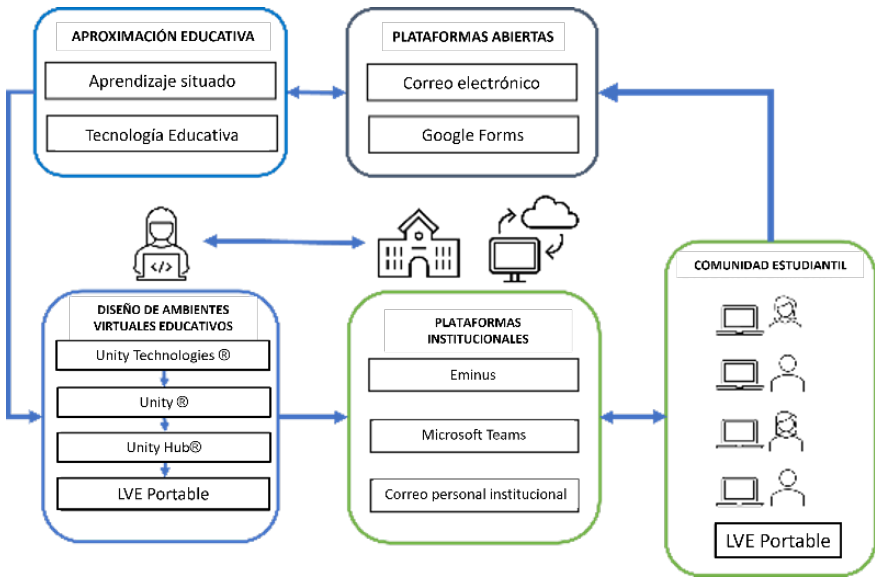
Implementación y evaluación del LVE

La estrategia de intervención educativa consistió en el uso del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo (LVE) por parte de una población de estudiantes de diferentes programas de ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, en la región Orizaba-Córdoba, durante el periodo de contingencia por pandemia de SARS-Cov2 en el periodo académico agosto-diciembre de 2020.

La población estudiantil se eligió considerando a aquellos alumnos que cursaban asignaturas relacionadas con el electromagnetismo y sus aplicaciones. Por lo tanto, la LVE se compartió con un grupo de 95 estudiantes, que incluía 80 estudiantes del género masculino (82.4%) y 15 estudiantes del género femenino (15.8%). La aplicación del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo se estableció tras un periodo previo en el que se analizaron los conceptos básicos del electromagnetismo. Por lo tanto, el LVE se utilizó como una estrategia didáctica complementaria para consolidar los conceptos previamente estudiados. Dada la necesidad de una estrategia didáctica que pudiera ser utilizada de manera abierta, sin restricciones y a distancia por contingencias de salud, se utilizaron las plataformas de comunicación institucionales. Se utilizó el correo institucional, las plataformas Eminus y Microsoft Teams para dar las pautas de instalación y aplicación de la herramienta didáctica. Cada alumno utilizó la versión gratuita y portátil de la LVE y la instaló en un ordenador personal. La Figura 6 ilustra el esquema de los elementos tecnológicos utilizados en la intervención educativa.

Figura 6

Arquitectura de los elementos tecnológicos involucrados en la implementación del LVE.



Análisis de resultados obtenidos

Se desarrolló un análisis cuantitativo y cualitativo para medir la efectividad de la propuesta didáctica implementada a través del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo, para evaluar varios factores, como el desempeño en el logro de los conceptos fundamentales del electromagnetismo, la percepción de los estudiantes sobre las nuevas estrategias didácticas que involucran los laboratorios virtuales y la motivación para utilizar herramientas similares al LVE en el futuro (Radianti, 2020). Se encuestó a una muestra de 95 estudiantes de ingeniería que utilizaron la LVE por medios institucionales de comunicación por razones de contingencia. A continuación, se describen los resultados obtenidos para cada uno de los ítems a evaluar.

Rendimiento del aprendizaje. En la encuesta realizada se monitoreó el desempeño de los estudiantes a través de cuestionarios al final de cada simulación para monitorear si se reforzó el aprendizaje de los conceptos de electromagnetismo. En la encuesta realizada, se evaluó el rendimiento de los estudiantes a través de cuestionarios al final de cada simulación para controlar si se reforzaba el aprendizaje de los conceptos de electromagnetismo. Se analizaron varios factores: nivel de complejidad de los cuestionarios, intentos de respuesta, concepto de electromagnetismo implicado, modo de simulación relacionado con la pregunta del cuestionario, influencia de las direcciones de la simulación y percepción del entorno virtual. El rendimiento de los estudiantes en cada experimento simulado se analizó en función de los aspectos mencionados. La Tabla 1 resume el rendimiento de los alumnos en cada práctica, describiendo el porcentaje de alumnos que respondieron correctamente a todas las preguntas relacionadas con los conceptos teóricos del electromagnetismo.

Tabla 1

Resultados de desempeño de los estudiantes que utilizaron el LVE.

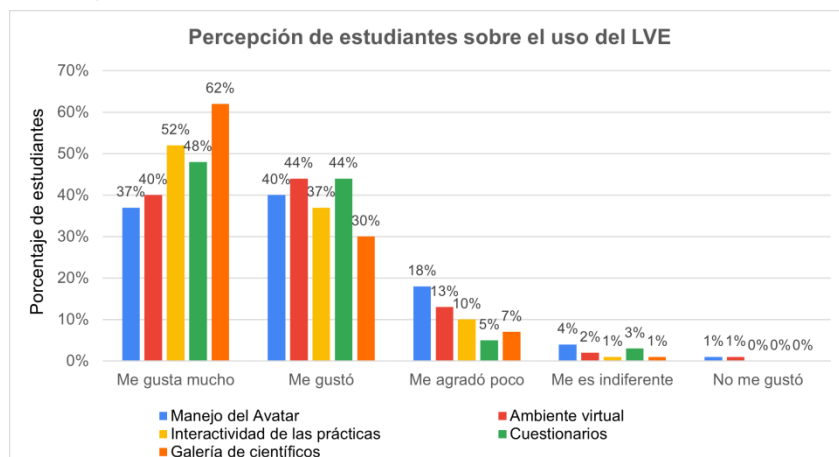
Práctica del LVE	Porcentaje de estudiantes que contestó correctamente
1. Fuerza eléctrica	81.1%
2. Ley de Ohm	52.6%
3. Ley de Coulomb	85.0%
4. Ley de Faraday	83.2%
5. Aplicaciones de la Fem	97.0%

Se observa que las prácticas que presentaron un mayor número de elementos interactivos, como en la práctica 5, proporcionan mejores resultados de rendimiento. Por otro lado, se encontraron varias dificultades en la evaluación del rendimiento de la práctica 2; como una mayor incertidumbre en la representación gráfica del experimento, lo que se tradujo en una mayor dificultad de los estudiantes para identificar las aplicaciones de la Ley de Ohm.

Percepción de los estudiantes del entorno virtual. En esta investigación fue muy importante identificar la opinión de los alumnos respecto a la experiencia con el LVE, por lo que se realizaron varias preguntas con escala Likert, referidas al uso del avatar, la modalidad interactiva en las prácticas, el diseño del entorno virtual, las discusiones posteriores a la práctica, así como la información sobre los precursores científicos del electromagnetismo. Los resultados indican que la LVE tuvo una aceptación generalizada en cada uno de sus apartados (Figura 7).

Figura 7

Percepción de los alumnos encuestados sobre el uso de los elementos del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo.



La mayoría de los estudiantes consideraron satisfactoria la experiencia con la LVE. Sin embargo, también hicieron sugerencias para mejorar el funcionamiento del avatar,

como la optimización de los controles del teclado para el movimiento en la navegación del campus virtual.

Discusión

A través de la encuesta aplicada a los alumnos que utilizaron el Laboratorio Virtual de Electromagnetismo, se identificaron varios factores que aportan información sumamente útil para la mejora y ajuste del LVE en el futuro. A continuación, se enumeran los más destacados.

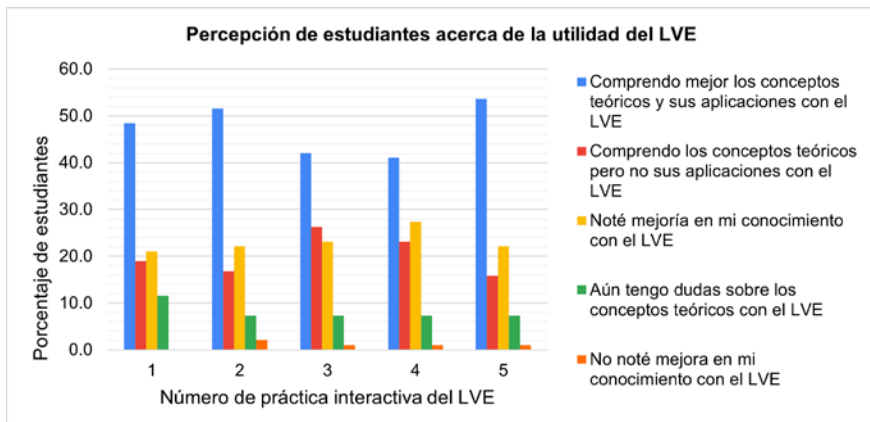
Uso del entorno virtual. Según la opinión de los alumnos encuestados al final de la aplicación del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo, se encontró que el uso del avatar es uno de los elementos que más agradó a los alumnos. La navegación por el entorno virtual resulta más interactiva gracias al uso del avatar. Sin embargo, se encontraron varias áreas de mejora sugeridas por los estudiantes. Una de ellas es mejorar los controles que manipulan el avatar para que sus movimientos sean más fluidos en el entorno virtual. Otro aspecto que mencionaron los estudiantes es la posibilidad de personalizar las características del avatar. Aunque la apariencia del avatar no afecta a la interacción de las prácticas de electromagnetismo, es una característica que atrae a los estudiantes para hacer de la inmersión educativa una experiencia más personalizada y visualmente atractiva.

Galería de los científicos precursores del electromagnetismo. Los estudiantes encuestados expresaron que la información de los científicos era interesante y relevante para contextualizar sus contribuciones al electromagnetismo, y que les gustaría tener escenas de interacción con estos científicos dentro del mismo entorno.

Interacción con las prácticas de electromagnetismo. La encuesta muestra un escenario favorable en cuanto a la utilidad de las cinco prácticas experimentadas para comprender los conceptos básicos del electromagnetismo y sus aplicaciones. La Figura 8, compara la percepción general de los estudiantes que utilizaron el Laboratorio Virtual de Electromagnetismo considerándolo como un recurso educativo para la construcción del conocimiento y la aplicación del electromagnetismo.

Figura 8

Percepción de los estudiantes acerca de la utilidad del LVE.



Además, los estudiantes sugirieron más prácticas con conceptos de electromagnetismo similares para una mejor comprensión de las aplicaciones de los conceptos de electromagnetismo. Para futuras versiones del LVE, se sugiere aumentar el número de prácticas y la cantidad de ejercicios interactivos.

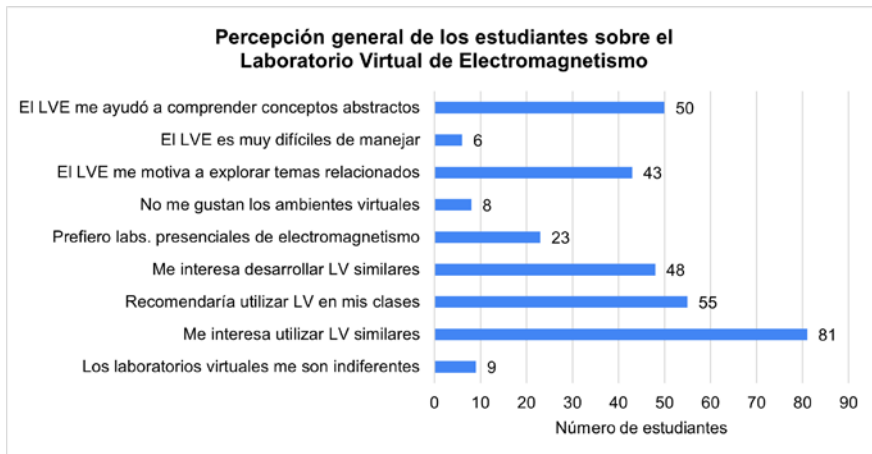
Evaluación del aprendizaje obtenido. Durante esta investigación se observó que la evaluación posterior al uso de herramientas tecnológicas educativas es sumamente importante para determinar la utilidad y pertinencia de estas como estrategias didácticas. Los estudiantes expresaron que los cuestionarios podrían incluir un mayor número de preguntas o también incluir retos interactivos después de haber comprendido cada práctica para reafirmar los conocimientos adquiridos.

Desarrollo de entornos educativos virtuales. El propósito de esta investigación es resaltar que el trabajo multidisciplinario es necesario para desarrollar herramientas educativas innovadoras que aborden los nuevos retos en los contextos de la educación superior. También ha sido crucial para el desarrollo de este tipo de laboratorios virtuales considerar las demandas de las nuevas generaciones de estudiantes en cuanto a sus intereses, habilidades tecnológicas, la infraestructura con la que se cuenta para promover el aprendizaje autónomo y que puedan ser útiles como complemento a las clases y laboratorios presenciales. La encuesta también revela un fuerte interés entre los estudiantes de ingeniería encuestados por participar en el desarrollo de software de estas herramientas tecnológicas. La interacción entre el uso de las herramientas tecnológicas de animación disponibles en la actualidad debe ir acompañada de una planificación de la enseñanza para alcanzar los objetivos de aprendizaje.

Motivación de los estudiantes para utilizar los laboratorios virtuales. Por último, se preguntó a los estudiantes cómo percibían el uso de los laboratorios virtuales como herramienta didáctica, así como si estarían interesados en utilizarlos en el futuro para aprender con este tipo de estrategias de aprendizaje. Los resultados son prometedores (Figura 9) en el caso de estudio, donde incluso algunos de los estudiantes de ingeniería informaron que estarían interesados en desarrollar proyectos que utilicen este tipo de entornos virtuales educativos en futuros proyectos de investigación.

Figura 9

Perspectiva general de los estudiantes sobre su experiencia en el uso del LVE.



Conclusiones

Con esta investigación se concluye que es posible diseñar e implementar laboratorios virtuales especialmente dedicados a áreas de la Física aplicada en la enseñanza de la ingeniería utilizando software de animación, que sean atractivos para los estudiantes considerándolos como una herramienta educativa interactiva útil. Es importante que los entornos educativos virtuales no sólo sean visualmente atractivos para los estudiantes, sino que sean un espacio donde se facilite la construcción del conocimiento al relacionar el contexto histórico, los conceptos teóricos y las aplicaciones del electromagnetismo a través de la experimentación bajo una estrategia didáctica especialmente diseñada.

El diseño de entornos virtuales dedicados al área de la ingeniería implica varias cuestiones para aplicarlos como una herramienta común en cada institución. Existen algunos aspectos que son temas de investigación interesantes como el nivel de inmersión del entorno virtual, la participación de los estudiantes en un entorno interactivo, las estrategias educativas para simular adecuadamente los entornos profesionales de la ingeniería, cómo podrían los profesores diseñar laboratorios virtuales para que los estudiantes resuelvan problemas inherentes al área de la ingeniería de manera eficiente. Por lo tanto, se debe considerar el proceso adecuado de diseño instruccional de estrategias didácticas a través de tecnologías educativas inmersivas que involucren el trabajo multidisciplinario en tecnología educativa.

Trabajo futuro

Las investigaciones futuras se centrarán en mejorar la navegación del avatar, así como la interactividad en los ejercicios de práctica para aumentar la comprensión de conceptos abstractos como los campos electromagnéticos. Otro aspecto sugerido es incorporar una galería interactiva con información sobre los científicos precursores del electromagnetismo para animar a los estudiantes a indagar más sobre el método científico utilizado para desarrollar tecnología aplicada basada en la teoría electromagnética. La versión de prueba de Unity restringe el número de escenas interactivas que se pueden incluir en el laboratorio, por lo que se evaluará la posibilidad de aumentar las funciones que se pueden configurar con este software e incluso buscar alternativas en diversas plataformas para crear entornos virtuales educativos similares.

Referencias

- Agudelo, J., Méndez, G., & Melo, A. (2019). Dificultades en la relación enseñanza-aprendizaje del electromagnetismo en cursos introductorios de nivel universitario: Caso Universidad Católica de Colombia. *Encuentro de Ciencias Básicas*. <https://hdl.handle.net/10983/25223>
- Aldana-Segura, W., & Arévalo-Valdés, J. (2018). *Laboratorio de Innovación Pedagógica de Educación Virtual una estrategia para el desarrollo de experiencias significativas de aprendizaje en la adquisición de competencias en ambientes virtuales*. UNAM. <https://repositorial.cuaieed.unam.mx:8443/xmlui/handle/20.500.12579/5092>
- Baranov, A. V. (2016). Virtual students' laboratories in the physics practicum of the Technical University. *13th International Scientific-Technical Conference on Actual Pro-*

blems of Electronics Instrument Engineering (APEIE) IEEE (pp. 326-328). IEEE. <https://doi.org/10.1109/APEIE.2016.7802287>

- Batuyong, C. T., & Antonio, V. V. (2018). Exploring the effect of PhET interactive simulation-based activities on students' performance and learning experiences in electromagnetism. *Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research*, 6(2), 121-131.
- Dengel, A., & Mägdefrau, J. (2020). Immersive Learning Predicted: Presence, Prior Knowledge, and School Performance Influence Learning Outcomes in Immersive Educational Virtual Environments. *6th International Conference of the Immersive Learning Research Network (ILRN)* (pp. 163-170). IEEE.
- Gómez-Gómez, J. E., & Hernandez, V. L. (2015). Arquitectura interactiva como soporte al aprendizaje situado en la enseñanza de la ingeniería. *Revista Educación En Ingeniería*, 10(20). <https://doi.org/10.26507/rei.v10n20.575>
- Gunawan, G., Harjono, A., Sahidu, H., & Herayanti, L. (2017). Virtual laboratory to improve students' problem-solving skills on electricity concept. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(2), 257-264. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i2.9481>
- Guzmán-Luna, J. A., Torres, I. D., & Bonilla, M. L. (2014). Un caso práctico de aplicación de una metodología para laboratorios virtuales. *Scientia et Technica*, 19(1), 67-76.
- Hevia-Arime, I., & Fueyo-Gutiérrez, A. (2018). Aprendizaje situado en el diseño de entornos virtuales de aprendizaje: una experiencia de aprendizaje entre pares en una comunidad de práctica. *Aula Abierta*, 47(3), 347-354. <https://doi.org/https://doi.org/10.17811/rifie.47.3.2018.347-354>
- Infante-Jiménez, C. (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad en las asignaturas teórico prácticas. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 19(62), 917-937.
- Labster. (25 de Agosto de 2021). *Labster*. <https://www.labster.com/research/>
- Liu, D., Valdiviezo-Díaz, P., Riofrio, G., Sun, Y. M., & Barba, R. (2015). Integration of virtual labs into science e-learning. *Procedia Computer Science*, 75, 95-102.
- Lynch, T., & Ghergulescu, I. (2017). Review of virtual labs as the emerging technologies for teaching STEM subjects. *INTED2017 Proc. 11th Int Technol. Educ. Dev. Conference*, (pp. 6-8). <https://doi.org/10.21125/inted.2017.1422>
- Maheshwari, I., & Maheshwari, P. (2020). Effectiveness of immersive VR in STEM Education (pp. 7-12). *Seventh International Conference of Information Technology Trends (ITT)*. <https://doi.org/10.1109/ITT51279.2020.9320779>
- Peña, J. Z. (2016). Contexto en la enseñanza de las ciencias: análisis al contexto en la enseñanza de la física. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las ciencias*, 11(2), 193-211.
- Perea, M. A., & Buteler, L. M. (2016). El uso de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física: una aplicación para el electromagnetismo. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las ciencias*, 11(1), 12-25.
- Pontes, A. (2017). El uso de simulaciones interactivas para comprender el modelo de corriente eléctrica. *X Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias*, (pp. 4371-4377). Sevilla.
- Potkonjak, V. G. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309-327.

- Radianti, J. M. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education, 147*, 103778.
- Steele, A. L., & Schramm, C. (2021). Situated learning perspective for online approaches to laboratory and project work. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*.

Virtual Electromagnetism Laboratory as a didactic strategy using situated learning approach in engineering

Laboratorio Virtual de Electromagnetismo como estrategia didáctica utilizando el enfoque de aprendizaje situado en ingeniería

虚拟电磁实验室在工程学中的教学策略: 使用情境学习方法

Виртуальная лаборатория электромагнетизма как дидактическая стратегия, использующая подход ситуационного обучения в инженерном деле

Nereyda Castro-Gutiérrez

Veracruzana Univesity
nercastro@uv.mx
<https://orcid.org/000-0002-3941-795X>

Jesús Alberto Flores-Cruz

National Polytechnic Institute
jafloresc@ipn.mx
<https://orcid.org/0000-0001-7816-4134>

Fermín Acosta Magallanes

National Polytechnic Institute
facostam@ipn.mx
<https://orcid.org/0000-0003-1471-5376>

Dates · Fechas

Recibido: 2022-07-19
Aceptado: 2022-09-22
Publicado: 2023-01-01

How to Cite this Paper · Cómo citar este trabajo

Castro-Gutiérrez, N., Flores-Cruz, J. A., Acosta Magallanes, F. (2023). Virtual Electromagnetism Laboratory as a didactic strategy using situated learning approach in engineering. *Publicaciones*, 53(2), 275–292. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26827>

Abstract

Virtual laboratories (VL) have had a special interest in recent years in which immersive education is attractive to students and complements the teaching and learning processes in institutions of diverse educational levels. Although there are several types of virtual laboratories used at various educational levels, there are important challenges for their design as an ad-hoc didactic strategy. One of the main difficulties in the application of educational technology is having virtual educational environments especially dedicated to the areas of engineering, which not only present interactive practical sessions where animations are manipulated, but also encourage the metacognitive analysis of the students; in order to build an autonomous and reflective learning through educational approaches that accompany educational innovation through new technologies. This article presents the design and implementation of a Virtual Laboratory of Electromagnetism (VLE) as a didactic strategy under the situated learning approach, remotely applied to university engineering students through portable versions of the didactic tool designed with Unity® in a public university of Mexico. This research describes the context of the case study, the methodology to identify the criteria under the approach of the situated learning educational model suggested for the development of the virtual environment, the characteristics of the design through animation software, and the educational intervention implemented at the university education level. Finally, an analysis of the results obtained after the application of the laboratory is carried out by studying the perception of the university community through exit surveys.

Keywords: Virtual Laboratory, electromagnetism, engineering, immersive education, situated learning, educational technology, virtual reality.

Resumen

Los laboratorios virtuales (LV) han tenido un especial interés en los últimos años en que la educación inmersiva resulta atractiva para los estudiantes y complementa los procesos de enseñanza y aprendizaje en las instituciones de diversos niveles educativos. Aunque existen varios tipos de laboratorios virtuales utilizados en diversos niveles educativos, existen importantes retos para el diseño de estos como estrategia didáctica ad-hoc. Una de las principales dificultades en la aplicación de tecnología educativa es contar con entornos educativos virtuales especialmente dedicados a las áreas de ingeniería, que no sólo presenten prácticas interactivas donde se manipulen las animaciones, sino que fomenten el análisis metacognitivo de los estudiantes; para así construir un aprendizaje autónomo y reflexivo a través de enfoques educativos que acompañen la innovación educativa a través de las nuevas tecnologías. Este artículo presenta el diseño e implementación de un Laboratorio Virtual de Electromagnetismo (LVE) como estrategia didáctica bajo el enfoque de aprendizaje situado, aplicado a estudiantes universitarios de ingeniería de manera remota a través de versiones portátiles de la herramienta didáctica diseñada con Unity® en una universidad pública de México. En esta investigación se describe el contexto del caso de estudio, la metodología para identificar los criterios bajo el enfoque del modelo educativo de aprendizaje situado sugerido para el desarrollo del entorno virtual, las características del diseño a través del software de animación y la intervención educativa implementada en el nivel de educación superior. Finalmente, se realiza un análisis de los resultados obtenidos después de la aplicación del laboratorio mediante el estudio de la percepción de la comunidad universitaria a través de encuestas de salida.

Palabras clave: laboratorio virtual, electromagnetismo, ingeniería, educación inmersiva, aprendizaje situado, tecnología educacional, Realidad virtual.

Аннотация

Виртуальные лаборатории вызывают особый интерес в последние годы, поскольку иммерсивное образование привлекательно для студентов и дополняет процессы преподавания и обучения в учебных заведениях на различных уровнях образования. Хотя существует несколько типов виртуальных лабораторий, используемых на различных уровнях образования, существуют значительные трудности при их разработке в качестве специальной дидактической стратегии. Одной из основных трудностей в применении образовательных технологий является создание виртуальной образовательной среды, специально предназначенной для инженерных областей, которая не только представляет интерактивные практики, где манипулируют анимацией, но и поощряет метакогнитивный анализ студентов; для того, чтобы построить автономное и рефлексивное обучение с помощью образовательных подходов, которые сопровождают образовательные инновации с помощью новых технологий. В данной статье представлена разработка и внедрение виртуальной лаборатории электромагнетизма в качестве дидактической стратегии в рамках метода обучения на месте, применяемого к студентам инженерных специальностей университетов дистанционно с помощью портативных версий дидактического инструмента, разработанного с помощью Unity® в государственном университете Мексики. В данном исследовании описывается контекст ситуационного исследования, методология определения критериев в рамках образовательной модели обучения на месте, предложенной для разработки виртуальной среды, характеристики дизайна с помощью анимационного программного обеспечения и образовательное вмешательство, реализованное на уровне высшего образования. Наконец, проводится анализ результатов, полученных после применения лаборатории, путем изучения восприятия университетского сообщества с помощью опросов на выходе.

Ключевые слова: Виртуальная лаборатория; электромагнетизм; инженерия; иммерсивное образование; ситуационное обучение; образовательные технологии; виртуальная реальность.

摘要

近年来,虚拟实验室特别引人注目,因其沉浸式教育对学生具有吸引力,并补充了不同教育水平机构的教

学和学习过程。尽管在不同的教育水平上可以使用不同类型的虚拟实验室,但在将它们设计为临时教学策略方面仍存在重大挑战。教育技术应用的主要困难之一是拥有专门针对工程领域的虚拟教育环境,不仅提供动画操作的交互实践,还鼓励学生进行元认知分析;通过新技术伴随教育创新的教育方法来建立自主和反思性学习。本文介绍了虚拟电磁实验室的设计和

实施,作为情境学习方法下的一种教学策略,通过墨西哥公立大学使用 Unity® 设计的教学工具的便携式版本远程应用于大学工程专业的学生。本研究描述了案例研究的背景、在情境学习教育模型方法下确定标准的方法,为在高等教育层面的虚拟环境的发展提出了建议,通过动画软件设计的特征以及实施的教育干预。最后,通过研究末问卷研究大学社区对其感知,对实验室申请后获得的结果进行分析。

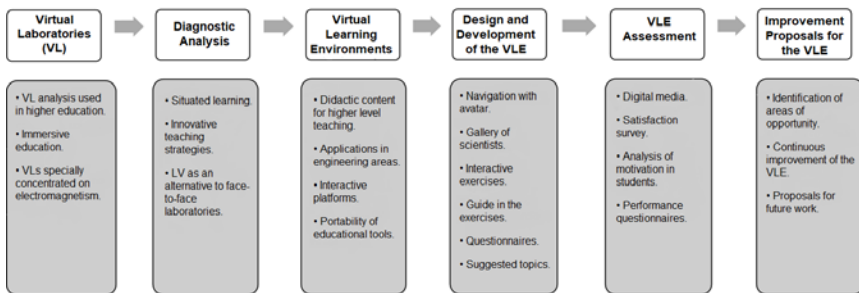
关键词: 虚拟实验室; 电磁学; 工程; 沉浸式教育; 情境学习; 教育技术; 虚拟现实。

Introduction

This article describes the research carried out on the design and implementation of a Virtual Laboratory of Electromagnetism (VLE) applied to the teaching of fundamental concepts of electromagnetism at the higher education level. An own methodology was used to analyze the important and necessary previous aspects to implement a proposal for a didactic strategy using a virtual laboratory that supports the teaching process of electromagnetism. In an initial stage, the characteristics and background of virtual laboratories for teaching Physics and their applications in electromagnetism were analyzed, as well as the global trends of immersive education applied at higher education levels. Subsequently, the technological and design aspects expected by the university community studied in this research when using a virtual laboratory were analyzed, which would be useful for teaching electromagnetism topics and their applications in engineering areas. Based on this analysis, an educational intervention strategy based on the situated learning approach is proposed due to the specific characteristics found in the previous diagnostic surveys for the case study. For the process of designing the virtual educational environment that includes the Virtual Laboratory of Electromagnetism, various elements are proposed in accordance with the situated learning approach that are described later. The use of interactive platforms and accessible software that fostered the development of the portable virtual laboratory was weighed up due to the moment of health contingency that was experienced at the time of the investigation. The VLE developed was introduced to a group of the student community of the Faculty of Engineering campus Ixtaczoquitlán, of the Universidad Veracruzana in Mexico for its assessment through satisfaction surveys carried out on users. Aspects such as the motivation and performance of the engineering students who used the VLE were analyzed through exit questionnaires and evaluation of the understanding of electromagnetism concepts. Once the performance parameters of the students surveyed were identified, as well as the areas of opportunity of the VLE, a series of elements are proposed to be considered for future research in order to establish precedents in the design of virtual laboratories specially conceived for the teaching of electromagnetism and its applications in engineering areas. The strategy used to carry out this research is summarized in the diagram of Figure 1.

Figure 1

Strategy carried out for the design and implementation of the Virtual Laboratory of Electromagnetism (VLE).



This research is presented and organized in the sections that are described below. Section 1 describes the background of virtual laboratories, as well as the main difficulties that arise in the teaching of electromagnetism in relation to its application in the area of engineering. Section 2 presents the characteristics of the context of the case study in which a general diagnosis was developed. After the diagnosis of the case study, section 3 describes the proposal for a virtual learning environment under the situated learning approach, to establish the design guidelines of the VLE. Section 4 describes the main aspects used in the design and development of the Virtual Laboratory of Electromagnetism, as well as the elements that comprise it. Section 5 describes in detail the applied educational intervention, as well as its assessment in the case study. Section 6 presents the results obtained prior to their analysis in section 7. Finally, the conclusions are presented in section 8 and the recommendations for future work in section 9.

Virtual Laboratories

Virtual laboratories are used as attainable educational strategies, as they are designed so that the student can easily interact with a wide variety of integrated tools, allowing enough time to carry out the included practical sessions or simulations and, at the same time, to repeat the exercises as many times as necessary to reaffirm the concepts studied (Potkonjak, 2016). Currently, there are several difficulties, such as the level of immersion (Dengel & Mägdefrau, 2020), the representation of content (Liu et al., 2015), and the diversity of application areas (Lynch & Ghergulescu, 2017), for these tools to be efficient in the construction of abstract concepts that require complex analysis and adequate guidance on behalf of the professors.

Difficulties when Learning Electromagnetism

Electromagnetism is a discipline of Physics that presents special difficulties for its learning (Agudelo et al., 2019) because it requires the understanding of abstract phenomena, which are difficult to perceive in a classroom or in a laboratory. Concepts such as electric force, electric field, and electromagnetic field require conceptual diagrams and simulations in the teaching-learning process, generally represented by two-dimensional diagrams, through drawings on the blackboard or shown in textbooks. There are various graphic alternatives for teaching these concepts (Batuyong & Antonio, 2018). However, the tools in which interactive graphic simulations are presented allow to show the interaction of electric charges and the effect of electromagnetic fields more efficiently (Pontes, 2017), which are also interesting for the students and extremely useful for the teachers. However, most of the existing interactive applications do not have options such as on-site guided orientation, so that the students can identify the usefulness of the tools (Yunzal et al., 2020; Maheshwari & Maheshwari, 2020). Existing virtual applications or animations only present an interactive environment that most of the time does not include pre- and post-practice analysis. The guide within the tool is useful for the students to acquire a meaningful learning by leading a metacognition process that encourages observation, analysis, and the generation of their own conclusions. In this research, the situated learning approach is applied as a didactic proposal using Virtual Laboratories in the instructional process of teaching basic concepts of electromagnetism focused on undergraduate engineering students at the Universidad Veracruzana (UV) in Mexico.

Case Study

This research was developed at the Faculty of Engineering, Ixtaczoquitlán campus (FICI) of the Universidad Veracruzana in the Orizaba-Córdoba region. This faculty offers four educational programs: Mechatronics Engineering, Civil Engineering, Industrial Engineering, and Electrical Mechanical Engineering. The FICI faculty has several laboratories to meet the educational needs of its programs, which share common educational experiences. One of the laboratories in the basic training area is the Physics Laboratory, which is essential for the four educational programs of the FICI. Although there are appropriate areas for the experimentation of the basic concepts of electromagnetism, there are several problems that are identified during the laboratory practical sessions. For the purposes of this research, a student population of more than 90 engineering students was considered, to whom various information collection instruments were applied via digital media through surveys.

Preliminary Diagnostic Survey (PDS)

In order to identify the perception of the FICI students about the practical sessions in presence-based laboratories, and subsequently have enough elements to compare those with virtual laboratories, a Preliminary Diagnostic Survey (PDS) was carried out.

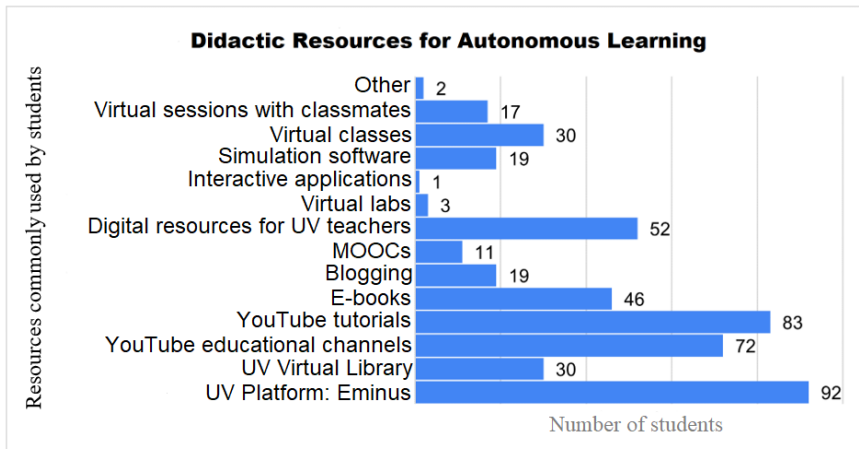
The PDS was carried out by digital means through Internet Forms distributed among the institutional accounts of a FICI student population of 104 students, during the school period of February-July 2020. The survey analyzed various indicators to determine the background and characteristics needed for the design of a Virtual Laboratory based on the situated learning approach which would address the main difficulties of the student community, due to the contingency of the COVID-19 pandemic, in accordance with that reported by (Steele & Schramm, 2021).

In the PDS, various types of questions were asked, considering open questions, Likert scales, and dichotomous responses to identify quantitative and qualitative indicators, such as: Internet connection time, Internet connection means used (PC, mobile phone, tablet), weekly study time, digital media commonly used by the students for autonomous learning, preference of teaching modality, prior knowledge of the use of virtual laboratories, characteristics that the students prefer in a virtual teaching session, limitations of laboratory practical sessions in the presence-based modality, time availability for the laboratory practical sessions, access to specialized laboratory equipment, and suggestions for teaching strategies involved in the laboratory practical sessions.

Figure 2 shows that at the Faculty of Engineering campus Ixtaczoquitlán (FICI), 88.46% of the students surveyed use Eminus: the institutional platform used to access the contents of educational experiences. Regarding the open platforms available on the Internet, 79.81% use YouTube to learn, but only 69.23% do so through educational channels. While most students use open digital media for their autonomous learning process, 50% of the students also use digital content produced by their own professors. Therefore, it is to be expected that the students also need guidance from their professors in their learning process.

Figure 2

Previous diagnostic survey applied at the FICl in May 2020.



Lack of Virtual Laboratories for Engineering

The PDS carried out reveals clear evidence that this technology is still unknown by the FICl students, since only 2.88% mentioned the use of virtual laboratories for autonomous learning. 34% of the students mentioned knowing what virtual laboratories are, but they also indicated that they have not had the opportunity to use any of them. Among the students surveyed, 65% mentioned not knowing what a virtual laboratory is.

Virtual Learning Environment through VLE

The Preliminary Diagnosis Survey (PDS) was essential to learn about the perspective of the students regarding their experience in the laboratories in presence-based mode. Prior to the design of the Virtual Laboratory of Electromagnetism (VLE), the characteristics of situated learning that apply to engineering education were studied. The characteristics of situated learning that were considered most important for the development of the VLE are described below.

According to the situated learning approach, didactic activities focused on the student are preferred (Gómez-Gómez & Hernández, 2015) and those focused on the metacognitive process that should be encouraged in the student through adequate tutoring in the educational process (Hevia-Arime & Fueyo-Gutiérrez, 2018).

The PDS carried out was very important since it allowed the development of new didactic strategies that involved the following aspects:

Activities focused on the student. Situated learning values teaching strategies that allow students to develop an activity autonomously and collaboratively. Laboratory practical sessions are usually developed in work teams where not all team members may have

the same opportunity to use the equipment, interact with it, or may even experience different learning processes. Focused teaching tools are required which the student can use autonomously and with the availability to repeat the experiments individually as many times as necessary, without depending on a physical location in the laboratory or a schedule of practical sessions. In addition, the didactic tools must include sufficient explanation so that the student can develop the learning activities independently and assisted at a distance.

New learning environments within specific virtual laboratories. Virtual laboratories are an alternative in circumstances with limited educational infrastructure or, in the case of this research, the COVID-19 contingency that occurred in 2020. Although there is already a trend of these focused technological tools in a marketable format (Labster, 2021), there are still institutional limitations to acquire these virtual tools due to licensing or financial issues, and/or the fact that focused virtual laboratories are not offered for most engineering areas. This proposal is presented as a paradigm shift in higher education institutions to promote multidisciplinary efforts in the creation of new educational environments (Guzmán-Luna et al., 2014; Baranov, 2016), although they already exist worldwide, they are still not fully implemented due to limited knowledge of their potential (Infante-Jiménez, 2014).

Efficient Use of Technologies Applied to Knowledge (TAK). The use of TAKs would be more efficient if they were designed through a didactically designed instructional support (Gunawan et al., 2017). In this sense, it is essential that teachers, institutions, and collegiate academic entities work together to develop teaching strategies in which instructional design has a situated learning approach (Aldana-Segura & Arévalo-Valdés, 2018).

Autonomous Learning through Analysis. One of the central objectives of situated learning is that the students can analyze their learning process through metacognition. Consequently, it is suggested to include final evaluations at the end of each practical session. After the final test of each practical session, it is also suggested to carry out complementary readings on related topics experimented in each practical session to encourage the students to investigate the applications of the concepts studied through the VLE in greater depth. According to this approach, learning in virtual educational environments should encourage and support the ability of the students to establish relationships and interpret the results of the learning attained, with their applications in professional settings (Peña, 2016).

Design and Development of the VLE

Based on the situated learning approach described above, the design of the VLE was proposed to promote the prior analysis of the electromagnetism concepts, identifying the areas of engineering in which it has a direct application. The design of the VLE emulates an interactive virtual environment in which the students can navigate using an avatar. The virtual environment represents the FICi University campus and at the entrance hall it shows a gallery of forefather scientists of electromagnetism, as well as engineering applications, to later enter the area of interactive practical sessions where practical exercises in electromagnetism will be solved.

Design of the Virtual Laboratory of Electromagnetism

A virtual learning environment with a situated learning approach was designed, which allows the students to analyze concepts such as electric force, Coulomb's law, Ohm's law, electromotive force and related applications, through interactive practical sessions accompanied by a final reflective questionnaire, as well as the recognition of the technological applications of each of these concepts of electromagnetism.

The Virtual Laboratory of Electromagnetism (VLE) was designed to introduce questions that lead to an analysis of the concepts acquired prior to practical experimentation, so that the students are better prepared to understand the relationship between the theoretical concepts and the effects related to the experiments that they will practice in the VLE. Interactive practical sessions were planned and designed to allow students to vary the quantities of electrical variables, as well as electrical charges to analyze the effect that these variations have on the fundamental laws of electromagnetism. After completing each of the practical sessions, a questionnaire is presented with analysis questions about the concepts experimented and a score is assigned, so that the students determine whether it is necessary to carry out the experiment again to reaffirm the theoretical concepts.

Another fundamental aspect for the implementation of the VLE in the context described in the case study was that the virtual tool was developed in an accessible and portable platform for the students, which was not limited to its use within institutional facilities. In order to meet the needs of the students regarding the available practice time to carry out exercises and interactive practical sessions in a hybrid learning modality, the VLE was developed through the animation design platform for virtual environments described below.

Development of the Virtual Laboratory of Electromagnetism

The Virtual Laboratory of Electromagnetism was developed with Unity® software, an animation software. Unity® is a cross-platform game engine created by Unity Technologies®. The game engine refers to a software with a series of programming routines that allow the creation, development, and implementation of interactive environments such as a video game. Unity® has been used for the design of interactive virtual environments in which it is possible to include interactive avatars to navigate through the environment in a simple and practical way. Unity® offers the possibility of exporting some previously designed elements so that the adaptation to the dedicated environment is accessible for personalized modification. Unity® software was chosen because it is widely used by various design communities to create interactive environments for both playful and educational purposes. The use of avatars provides serious games for students experiencing an interactive educational environment that will encourage them to practice in the laboratory in a dynamic way.

The Unity® development platform has support for compilation with different types of platforms and offers the possibility of creating portable files to install the VLE on a desktop or mobile device. The trial version was used so that all the students could download and install the VLE in their computers. The initial scene (Figure 3) shows an avatar that can navigate through the FICl virtual campus into the different sections using the keyboard controls.

Figure 3

Initial scene of the Virtual Laboratory of Electromagnetism.



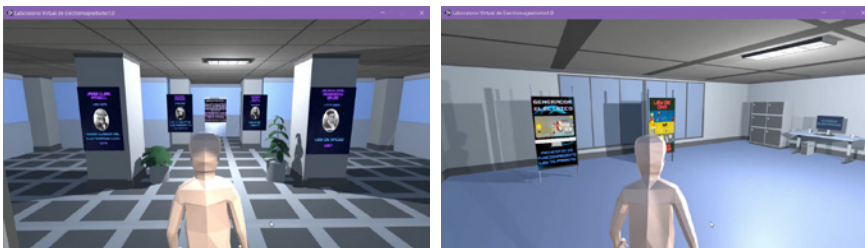
The elements that make up the Virtual Environment of the VLE are described below.

VLE Elements

It was considered very important to show a module called Gallery of Forefather Scientists of Electromagnetism (Figure 4.a) to encourage the students' interest in the scientific advances that have occurred throughout the history of Physics (Perea & Buteler, 2016). In this way, the student can become more aware of the contributions that various scientists have provided for the applications of electromagnetism in Engineering and encourages the analysis of the scientific method that was carried out in each discovery.

Figure 4

Sections of the Virtual Laboratory of Electromagnetism. a) Gallery of scientists. b) Posters related to the applications of electromagnetism in engineering.



a)

b)

Subsequently, a series of posters are presented (Figure 4.b), showing some of the applications of electromagnetism in engineering. Situated learning is referred to again, since the activities designed in the VLE are not presented separately but are associated with engineering activities to facilitate more significant learning. The scientists' gallery

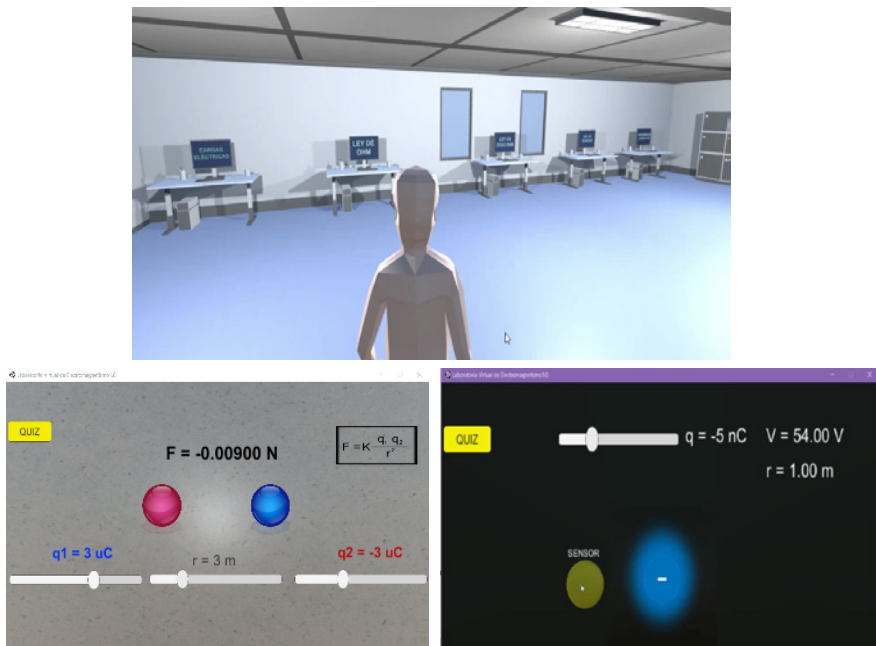
and the electromagnetism applications hall are the prelude to the virtual laboratory where the simulated experiments are found through interactive practical sessions.

Interactive Practical Sessions

The virtual learning environment allows the user to navigate through an avatar to access the VLE that presents five different practical sessions with interactive exercises on fundamental topics of electromagnetism such as: electric force, Ohm's law, Coulomb's law, Faraday's law, and applications of electromotive force. To carry this out, the user will access interactive windows with a didactic methodology that involves six stages (Figure 5): 1-Welcome, 2-Purpose of the practical session and related topics, 3-Instructions for the practical session and discussion questions, 4-Interactive practical session, 5-Subsequent analysis questionnaires, 6-Evaluation, and suggestion of complementary topics.

Figure 5

Example of the virtual environment of a VLE practical session.



At the VLE, trigger questions were presented before the practical experimentation to encourage analytical observation of the effects of the interacting conceptual elements that the student will experience in the practices of the LVE. In the interactive practical sessions, the student can modify magnitudes and electrical charges to analyze the effect that these variations have on the fundamental laws of electromagnetism. After completing each of the practical sessions, a questionnaire is presented in which analysis questions are asked about the concepts experimented and a score is assigned, so that the student knows whether it is necessary to perform the experiment again to reaffirm the theoretical concepts.

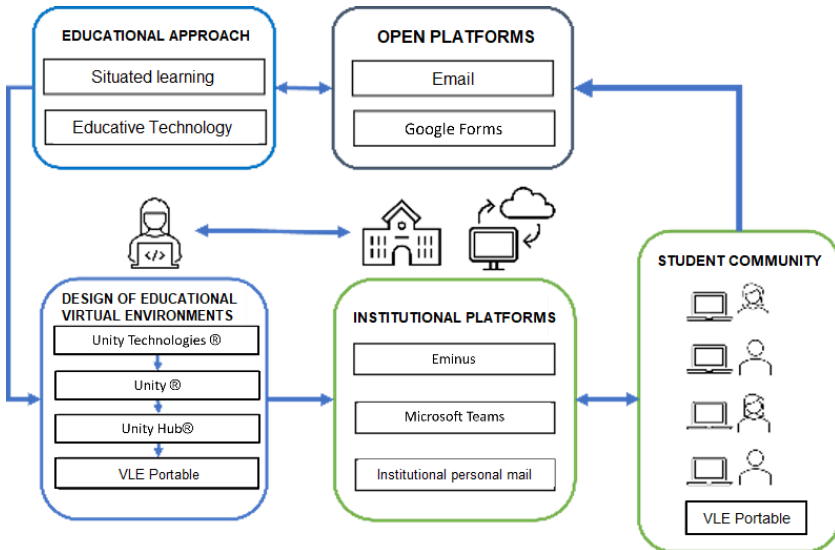
VLE Implementation and Evaluation

The educational intervention strategy consisted of the use of the Virtual Laboratory of Electromagnetism (VLE) by a population of students from different engineering programs of the Faculty of Engineering of the Universidad Veracruzana, in the Orizaba-Córdoba region, during the SARS-Cov2 pandemic contingency period in the August-December 2020 academic period.

The student population was chosen considering those students who were attending subjects related to electromagnetism and its applications. Therefore, the VLE was shared with a group of 95 students, which included 80 male students (82.4%) and 15 female students (15.8%). The application of the Virtual Laboratory of Electromagnetism was established after a previous period in which the basic concepts of electromagnetism were analyzed. Therefore, the VLE was used as a complementary didactic strategy to consolidate the concepts previously studied. Given the need for a didactic strategy that could be used openly, without restrictions, and remotely due to health contingencies, institutional communication platforms were used. The institutional mail and the Eminus and Microsoft Teams platforms were used to provide the guidelines for the installation and application of the didactic tool. Each student used the free and portable version of the VLE and installed it in a personal computer. Figure 6 illustrates the scheme of the technological elements used in the educational intervention.

Figure 6

Architecture of the technological elements involved in the implementation of the VLE.



Analysis of the Obtained Results

A quantitative and qualitative analysis was developed to measure the effectiveness of the didactic proposal implemented through the Virtual Laboratory of Electromagnetism, to evaluate several factors, such as the performance in the achievement of the

fundamental concepts of electromagnetism, the perception of the students about the new teaching strategies involving virtual laboratories, and the motivation to use tools similar to the VLE in the future (Radianti, 2020). A sample of ninety-five engineering students who used the VLE by institutional means of communication for contingency reasons was surveyed. The results obtained for each of the items to be evaluated are described below.

Learning performance. In the survey that was carried out, the performance of the students was monitored through questionnaires at the end of each simulation to monitor whether the learning of the concepts of electromagnetism was reinforced. Several factors were analyzed: level of complexity of the questionnaires, response attempts, concept of electromagnetism involved, simulation mode related to the question of the questionnaire, influence of the directions of the simulation, and perception of the virtual environment. The performance of the students in each simulated experiment was analyzed based on the aspects mentioned. Table 1 summarizes the performance of the students in each practical session, describing the percentage of students who answered correctly to all the questions related to the theoretical concepts of electromagnetism.

Table 1

Performance results of the students who used the VLE.

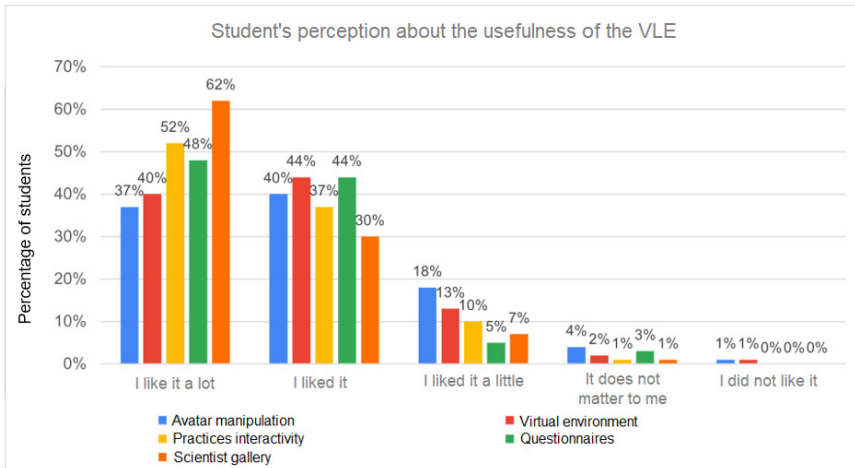
VLE Practical Session	Percentage of students who answered correctly
1. Electrical force	81.1%
2. Ohm's Law	52.6%
3. Coulomb's Law	85.0%
4. Faraday's Law	83.2%
5. Fem's Applications	97.0%

It can be observed that the practical sessions that presented a greater number of interactive elements, as in practical session 5, provide better performance results. On the other hand, several difficulties were found in evaluating the performance of practical session 2, such as a greater uncertainty in the graphical representation of the experiment, which translated into a greater difficulty for the students to identify the applications of Ohm's Law.

Students' perception of the virtual environment. In this research it was very important to identify the opinion of the students regarding the experience with the VLE, for which several questions were asked with a Likert scale, referring to the use of the avatar, the interactive modality in the practical sessions, the design of the virtual environment, post-practice discussions, as well as information on the Forefather Scientists of electromagnetism. The results indicate that the VLE had a general acceptance in each of its sections (Figure 7).

Figure 7

Perception of the students surveyed about the use of the elements of the Virtual Laboratory of Electromagnetism.



Most of the students considered the experience with the VLE satisfactory. However, they also made suggestions to improve the manipulation of the avatar, such as optimizing the keyboard controls for movement in the virtual campus navigation.

Discussion

Based on the survey given to the students who used the Virtual Laboratory of Electromagnetism, several factors were identified that provide extremely useful information for the improvement and adjustment of the VLE in the future. The most outstanding ones are listed below.

Use of the virtual environment. According to the opinion of the students surveyed at the end of the use of the Virtual Laboratory of Electromagnetism, it was found that the use of the avatar is one of the elements that the students liked the most. Navigation through the virtual environment is more interactive thanks to the use of the avatar. However, several areas for improvement suggested by the students were found. One of them is to improve the controls that manipulate the avatar so that its movements are more fluid within the virtual environment. Another aspect that the students mentioned is the possibility of customizing the characteristics of the avatar. Although the appearance of the avatar does not affect the interaction of the electromagnetism practical sessions, it is a feature that enables students to make the educational immersion a more personalized and visually appealing experience.

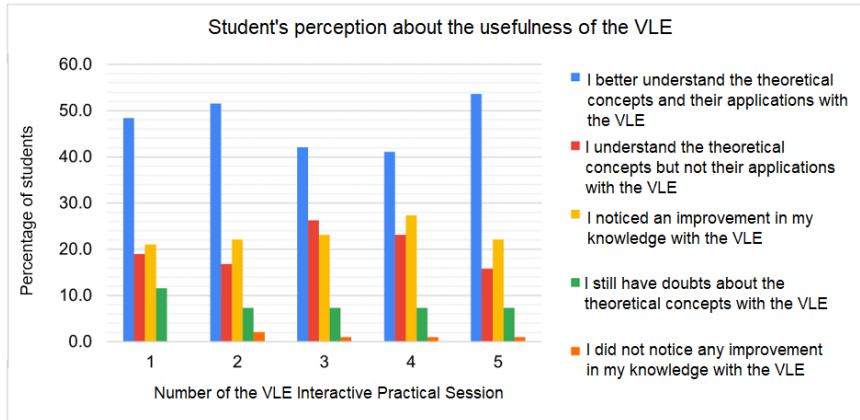
Gallery of the Forefather Scientists of Electromagnetism. The surveyed students expressed that the information from the scientists was interesting and relevant to contextualize their contributions to electromagnetism, and that they would like to have scenes of interaction with these scientists within the same environment.

Interaction with the electromagnetism practical sessions. The survey shows a favorable scenario regarding the usefulness of the five experimental practices to understand the basic concepts of electromagnetism and its applications. Figure 8 compares the gen-

eral perception of the students who used the Virtual Laboratory of Electromagnetism, considering it as an educational resource for the construction of knowledge and the application of electromagnetism.

Figure 8

Students' perception about the usefulness of the VLE.



In addition, the students suggested more practical sessions with similar electromagnetism concepts for a better understanding of the applications of the electromagnetism concepts. For future versions of the VLE, it is suggested to increase the number of practical sessions and interactive exercises.

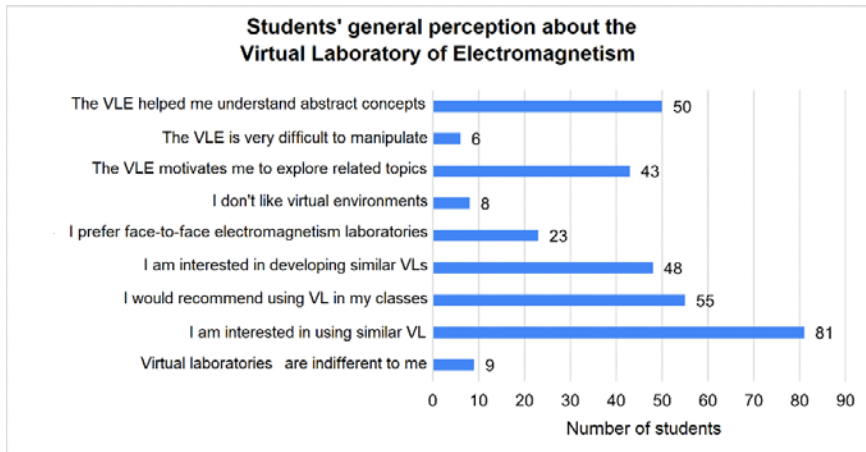
Evaluation of the learning obtained. During this investigation it was observed that the evaluation after the use of educational technological tools is extremely important to determine their usefulness and relevance as didactic strategies. The students expressed that the questionnaires could include a greater number of questions or also include interactive challenges after having understood each practical session to reaffirm the knowledge acquired.

Development of virtual educational environments. The purpose of this research is to highlight that multidisciplinary work is necessary to develop innovative educational tools that address new challenges in higher education contexts. It has also been crucial for the development of this type of virtual laboratories to consider the demands of the new generations of students in terms of their interests, technological skills, the infrastructure available to promote autonomous learning, and that they can be useful as a complement to presence-based classes and laboratories. The survey also reveals a strong interest among the engineering students surveyed to participate in the software development of these technological tools. The interaction between the use of currently available animation technological tools must be accompanied by a teaching planning to achieve the learning objectives.

Student Motivation to Use Virtual Laboratories. Finally, the students were asked how they perceived the use of virtual laboratories as a teaching tool, as well as if they would be interested in using them in the future to learn with this type of learning strategies. The results are promising (Figure 9) in the case study, where even some of the engineering students reported that they would be interested in developing projects that use this type of virtual educational environment in future research projects.

Figure 9

Students' general perception about their experience in the use of the VLE.



Conclusions

This research concludes that it is possible to design and implement virtual laboratories especially focused on areas of applied Physics in engineering education using animation software, which are attractive to the students, considering them as a useful interactive educational tool. It is important that virtual educational environments are not only visually attractive for the students, but that they are a space where the construction of knowledge is facilitated by relating the historical context, the theoretical concepts, and the applications of electromagnetism through experimentation under a specially designed teaching strategy.

The design of virtual environments focused on the area of engineering involves several scenarios to apply them as a common tool in each institution. There are some aspects that are interesting research topics such as the level of immersion of the virtual environment, the participation of the students in an interactive environment, the educational strategies to simulate suitable professional engineering environments and how teachers could design virtual laboratories so that the students solve problems inherent to the area of engineering efficiently. Therefore, the proper process of instructional design of didactic strategies through immersive educational technologies that involve multidisciplinary work in educational technology should be considered.

Future works

Future research will focus on improving avatar navigation as well as interactivity in practical exercises to increase the understanding of abstract concepts such as electromagnetic fields. Another aspect suggested is to incorporate an interactive gallery with information about the Forefather Scientists of electromagnetism to encourage the students to investigate more about the scientific method used to develop applied technology based on the electromagnetic theory. The trial version of Unity restricts the number of interactive scenes that can be included in the laboratory, so the possibility

of increasing the functions that can be configured with this software will be considered and even search for alternatives on various platforms to create similar virtual educational environments.

References

- Agudelo, J., Méndez, G., & Melo, A. (2019). Difficulties in the teaching-learning relationship of electromagnetism in introductory university-level courses: Case of the Catholic University of Colombia. *Meeting of Basic Sciences* (pp. 31-41). <https://hdl.handle.net/10983/25223>
- Aldana-Segura, W., & Arévalo-Valdés, J. (2018). *Laboratory of Pedagogical Innovation of Virtual Education a strategy for the development of significant learning experiences in the acquisition of competencies in virtual environments*. UNAM. <https://repositorial.cuaieed.unam.mx:8443/xmlui/handle/20.500.12579/5092>
- Baranov, A. V. (2016). Virtual students' laboratories in the physics practicum of the Technical University. *13th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE) IEEE* (pp. 326-328). IEEE. <https://doi.org/10.1109/APEIE.2016.7802287>
- Batuyong, C. T., & Antonio, V. V. (2018). Exploring the effect of PhET interactive simulation-based activities on students' performance and learning experiences in electromagnetism. *Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research*, 6(2), 121-131.
- Dengel, A., & Mägdefrau, J. (2020). Immersive Learning Predicted: Presence, Prior Knowledge, and School Performance Influence Learning Outcomes in Immersive Educational Virtual Environments. *6th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN)* (pp. 163-170). IEEE.
- Gómez-Gómez, J. E., & Hernandez, V. L. (2015). Interactive architecture as a support for situated learning in engineering education. *Engineering Education Journal*, 10(20). <https://doi.org/10.26507/rei.v10n20.575>
- Gunawan, G., Harjono, A., Sahidu, H., & Herayanti, L. (2017). Virtual laboratory to improve students' problem-solving skills on electricity concept. *Journal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(2), 257-264. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i2.9481>
- Guzmán-Luna, J. A., Torres, I. D., & Bonilla, M. L. (2014). A practical case of application of a methodology for virtual laboratories. *Scientia et Technica*, 19(1), 67-76.
- Hevia-Arime, I., & Fueyo-Gutiérrez, A. (2018). Situated learning in the design of virtual learning environments: a peer learning experience in a community of practice. *Open Classroom*, 47(3), 347-354. <https://doi.org/https://doi.org/10.17811/rifie.47.3.2018.347-354>
- Infante-Jiménez, C. (2014). Pedagogical proposal for the use of virtual laboratories as an activity in theoretical-practical subjects. *Mexican Journal of Educational Research*, 19(62), 917-937.
- Labster. (August 25, 2021). *Labster*. <https://www.labster.com/research/>
- Liu, D., Valdiviezo-Díaz, P., Riofrio, G., Sun, Y. M., & Barba, R. (2015). Integration of virtual labs into science e-learning. *Procedia Computer Science*, 75, 95-102.
- Lynch, T., & Ghergulescu, I. (2017). Review of virtual labs as the emerging technologies for teaching STEM subjects. *INTED2017 Proc. 11th Int Technol. Educ. Dev. Conference*, (pp. 6-8). <https://doi.org/10.21125/inted.2017.1422>

- Maheshwari, I., & Maheshwari, P. (2020). Effectiveness of immersive VR in STEM Education. (pp. 7-12). *Seventh International Conference of Information Technology Trends (ITT)*. <https://doi.org/10.1109/ITT51279.2020.9320779>
- Peña, J. Z. (2016). Context in the teaching of science: analysis of the context in the teaching of physics. *Gondola, Science Teaching and Learning*, 11(2), 193-211.
- Perea, M. A., & Buteler, L. M. (2016). The use of the history of sciences in the teaching of physics: an application for electromagnetism. *Gondola, Science Teaching and Learning*, 11(1), 12-25.
- Pontes, A. (2017). Using interactive simulations to understand the electric current model. *X International Congress on Research in Science Education*, (pp. 4371-4377). Sevilla.
- Potkonjak, V. G. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309-327.
- Radianti, J. M. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778.
- Steele, A. L., & Schramm, C. (2021). Situated learning perspective for online approaches to laboratory and project work. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*.

Epistemología en la formación del profesorado de ciencias: Herramientas conceptuales del positivismo lógico y del Círculo de Viena

Epistemology in science teacher training: Conceptual tools of logical positivism and the Vienna Circle

科学教师培训中的认识论:逻辑实证主义和维也纳学派的概念工具

Эпистемология в подготовке учителей естественных наук: концептуальные инструменты логического позитивизма и Венского кружка

Marco Aurélio Clemente Gonçalves
Universidad Nacional de Tres de Febrero (Argentina)
marco.clementegoncalves@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5630-2209>

Agustín Adúriz-Bravo
Universidad de Buenos Aires
aadurizbravo@cefiec.fcen.uba.ar
<https://orcid.org/0000-0002-8200-777X>

Fechas · Dates

Recibido: 2022-10-16
Aceptado: 2022-11-30
Publicado: 2023-01-01

Cómo citar este trabajo · How to Cite this Paper

Clemente Gonçalves, M. A., & Adúriz-Bravo A. (2023). Epistemología en la formación del profesorado de ciencias: Herramientas conceptuales del positivismo lógico y del Círculo de Viena. *Publicaciones*, 53(2), 293–308. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26828>

Resumen

El presente trabajo busca indagar en el movimiento denominado Círculo de Viena, especialmente en lo que se refiere a sus tesis fundamentales de carácter positivista lógico, con el fin de identificar contribuciones conceptuales al debate filosófico y epistemológico dentro de la formación del profesorado de ciencias naturales. Hace parte de un estudio más amplio sobre el estado actual de los fundamentos epistemológicos propuestos para la formación docente en dos programas académicos de una Universidad pública del nordeste brasileño. La metodología elegida es la de investigación bibliográfica: se analizan fuentes primarias y secundarias vinculadas al positivismo lógico y se busca reconocer posibles trazas de sus ideas en la formulación del currículo de formación de profesores en la mencionada institución. Los resultados muestran que, a pesar de la notable influencia que el positivismo lógico tuvo en el moldeado de la epistemología (o filosofía de la ciencia) anglosajona del siglo XX, en el ámbito de las carreras de formación docente en el interior del estado de Bahía existen solo débiles referencias al modo analítico de entender la ciencia propugnado por esta escuela.

Palabras claves: positivismo lógico, formación del profesorado de ciencias, contribuciones principales, fundamentación epistemológica del currículo, perspectiva analítica.

Abstract

This article seeks to review the movement known as Vienna Circle, and especially its fundamental theses of logical-positivistic character, with the aim of identifying conceptual contributions to the philosophical and epistemological debate within science teacher education. It constitutes a part of a larger study on the current state of the foundations provided by the philosophy of science in two programmes of teacher preparation in a public University in the north-east of Brazil. The chosen methodology is bibliographic research: primary and secondary sources around logical positivism are analysed with the aim of recognising possible traces of its ideas in the formulation of a curriculum of teacher training in the aforementioned institution. Results show that, in spite of the marked influence that logical positivism had on constructing Anglo-Saxon philosophy of science in the 20th century, in the careers of teacher education in the interior of the state of Bahia, there are only very feeble references to the analytic mode of understanding science that this school proposed.

Keywords: logical positivism, science teacher education, main contributions, epistemological foundations of curriculum, analytic perspective.

Аннотация

В данной работе предпринята попытка исследовать движение, известное как Венский кружок, особенно в отношении его фундаментальных тезисов логического позитивизма, чтобы определить концептуальный вклад в философские и эпистемологические дебаты в рамках естественнонаучного педагогического образования. Это часть более широкого исследования, посвященного текущему состоянию эпистемологических основ, предлагаемых для подготовки учителей в рамках двух академических программ государственного университета на северо-востоке Бразилии. В качестве методологии выбрано библиографическое исследование: анализируются первичные и вторичные источники, связанные с логическим позитивизмом, и ставится задача выявить возможные следы его идей в формулировке учебной программы подготовки учителей в вышеупомянутом учебном заведении. Результаты показывают, что, несмотря на заметное влияние, которое логический позитивизм оказал на формирование англосак-

сонской эпистемологии (или философии науки) в двадцатом веке, на курсах подготовки учителей во внутренних районах штата Баһía имеются лишь слабые упоминания об аналитическом способе понимания науки, пропагандируемом этой школой.

Ключевые слова: логический позитивизм, научное педагогическое образование, основной вклад, эпистемологический фундамент учебной программы, аналитическая перспектива.

摘要

本研究旨在调查被称为维也纳学派的运动,特别是关于其逻辑实证主义性质的基本论点,以便确定对自然科学教师培训中的哲学和认识论辩论的概念贡献。一部分研究对巴西东北部一所公立大学的两个学术项目的教师培训提出的认识论基础现状进行了扩展研究。所选择的方法是书目研究:分析与逻辑实证主义相关的主要和次要资源,并试图在上述机构的教师培训课程的制定中识别他们的想法的可能痕迹。结果表明,尽管逻辑实证主义对塑造 20 世纪的盎格鲁-撒克逊认识论(或科学哲学)产生了显著影响,但在巴伊亚州内陆的教师培训职业领域,只微弱参考了该学派提倡的理解科学的分析方法。

关键词: 逻辑实证主义, 科学教师培训, 主要贡献, 课程认识论基础, 分析视角。

Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo general recabar, de la epistemología (o filosofía de la ciencia) del segundo cuarto del siglo XX, elementos conceptuales para incluir en el actual debate internacional que se da en torno a la fundamentación epistemológica necesaria para los programas de formación del profesorado de ciencias naturales (experimentales). Más específicamente, se revisan las ideas fundamentales del movimiento intelectual denominado Círculo de Viena, ideas de cuño *positivista lógico*, para reconocer posibles ecos e impactos en la formación inicial y continuada de docentes que se lleva adelante en una Universidad pública del nordeste brasileño.

El trabajo plantea dos objetivos específicos. El primero consiste en comprender la naturaleza, constitución, contexto y legado de la citada corriente epistemológica. Para ello se recurre a la investigación bibliográfica, acometida a partir de fuentes primarias y secundarias (artículos, capítulos y libros). Se busca reconocer en el corpus aspectos (productivos o contraproductivos) del legado del positivismo lógico que se reflejen en la formación de profesores de ciencias ofertada en el interior del estado de Bahía. La investigación propuesta, por tanto, supone una revisión de las ideas positivistas lógicas más centrales realizada *a través del examen de documentos de fuerte carácter educativo*.

El segundo objetivo específico consiste en reconocer la epistemología presente en dos carreras dirigidas a la formación docente en la Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), a saber: la carrera de grado Licenciatura en Ciencias de la Naturaleza (en la ciudad de Senhor do Bonfim) y la carrera de posgrado Maestría en Enseñanza de la Física (en la ciudad de Juazeiro). Sobre un corpus de documentación oficial seleccionada se lleva adelante un análisis documental clásico *a la luz de las claves teóricas* aportadas por la primera revisión bibliográfica. Así, se quiere (re)conocer contenidos metacientíficos presentes y ausentes en los proyectos pedagógicos, mallas curriculares, programaciones, etc.

Para establecer relaciones sustantivas entre epistemología y formación docente se parte de la tesis de que la función principal de esa disciplina en la enseñanza de las ciencias tiene que ver con habilitar la reflexión *metateórica* crítica con fines educativos, es decir, proporcionar al estudiantado elementos conceptuales afinados para pensar *sobre* la ciencia (Adúriz-Bravo, 2004, 2005b, 2006, 2007a). A la luz de esta tesis, resulta imperativo que profesores y profesoras de ciencias conozcan conceptos epistemológicos que se han formulado para entender la *validez y justificación* del conocimiento científico (siendo que ello constituía precisamente el propósito fundacional explícito de la “teoría de la ciencia” del Círculo de Viena desde su fundación en los tempranos años 1920s: Klimovsky, 1994).

Método

Punto de partida

A fin de encarar la investigación que aquí se reseña, se parte del reconocimiento de que no son pocas las publicaciones que destacan el valor del conocimiento *metacientífico* como elemento teórico central para la fundamentación de la formación docente (Giere, 1992, 1999; Matthews, 1994, 2012; Adúriz-Bravo, 2001, 2002, 2004, 2006, 2007a, 2007b; Hodson, 2009; Allchin, 2011). En este trabajo, el foco está puesto en la dimensión epistemológica propiamente dicha; no se realizan análisis a partir de la historia o la sociología de la ciencia, por ejemplo.

También se asume que el positivismo lógico, en tanto que escuela fundacional de la epistemología profesional (Moulines, 2006), continúa siendo importante, a pesar de haberse superado ya la mayoría de sus tesis, a modo de “sistema de coordenadas teóricas” para entender la conceptualización del conocimiento científico que subyace a los programas de formación del profesorado de ciencias.

Por tanto, se considera un problema de investigación válido el recorrer, desde la didáctica de las ciencias, este movimiento que sacudió las estructuras de reflexión sobre la ciencia en su momento histórico y que sigue inspirando preguntas metateóricas cien años después. El Círculo de Viena aportó una conceptualización *analítica* muy rigurosa que resulta insoslayable para pensar la ciencia que se enseña a los docentes en la actualidad.

Decisiones metodológicas

El camino metodológico establecido para el trabajo tiene las siguientes características: (1) con respecto al tipo de objetivos a los que se apunta, el estudio se identifica como *exploratorio*, ya que, según Gil (2007), busca generar conocimiento inicial en relación a un fenómeno que está siendo definido e identificado; (2) en cuanto al abordaje, se advierte un predicado *cualitativo*, ya que, como señalan Pizzani y colaboradores (2012), la revisión bibliográfica sobre las principales metateorías que orientan la enseñanza de las ciencias y el levantamiento bibliográfico en torno a ellas pueden llevarse a cabo más sofisticadamente con esta mirada; (3) en cuanto a los procedimientos adoptados en la recolección de datos, se optó por la investigación bibliográfica clásica, que, según Gil (2002), “se desarrolla a partir de material ya elaborado, compuesto principalmente por libros y artículos científicos”; (4) desde el punto de vista técnico, se “documenta” la revisión recopilando y sistematizando datos importantes del corpus

bibliográfico seleccionado; y (5) instrumentalmente hablando, el análisis de contenido se hace identificando unidades de sentido y explorando su aparición consistente y las relaciones que van emergiendo entre ellas.

Según Godoy (1995), en la investigación documental y bibliográfica hay tres aspectos que deben merecer especial atención: la *selección* de los documentos, el *acceso* a los mismos y su *análisis* exhaustivo. Para constituir el corpus de este trabajo se usan dos criterios de selección bien distintos. En la fase del estudio del Círculo de Viena, se recurre a algunos textos académicos elegidos intencionalmente por su presencia sostenida en espacios de formación epistemológica, textos que son de fácil acceso. Así, se optó por trabajar con materiales (neo)positivistas clásicos de difusión y presentación en sociedad del movimiento, manuales universitarios de introducción a la epistemología de la primera mitad del siglo XX y artículos científicos recientes que aplican un enfoque histórico y didáctico sobre la corriente analítica.

Por su parte, en la fase del análisis de la documentación oficial, se compilan intencionadamente “reglamentos” de las carreras, programas de las asignaturas y listados de referencias bibliográficas recomendadas, entendiéndose que es allí donde más pueden aparecer referencias explícitas a la epistemología a la hora de expresar la concepción de ciencia a la que se adhiere para la formación docente. El acceso a esta documentación oficial no genera dificultades, ya que se trata de información pública que cumple con la legislación brasileña sobre educación superior.

Y, por último, para el análisis de documentos textuales como los compilados aquí, que son de muy variados tipos, es necesario recurrir a “un procedimiento que utiliza métodos y técnicas para la aprehensión, comprensión y análisis” (Sá-Silva et al., 2009) del corpus completo con cierta profundidad, prestando atención a las recurrencias y singularidades y a la *estructura* que toma el contenido relevado.

Dado que las dos fuentes de textos aquí analizados son diversas, y proponen por tanto dos “mundos de significados” a investigar, se busca poner en marcha un enfoque cualitativo fino, entendiendo que la mera cuantificación de ocurrencias en los datos es incapaz de captar la dimensión de acción humana intencionada que supone la elección de una epistemología para la formación docente.

Así, las interpretaciones propuestas en este trabajo pretenden seguir de cerca las normas canónicas del análisis de contenido, que, por su gran flexibilidad, es “aplicable a los diferentes discursos y a todas las formas de comunicación, cualquiera que sea la naturaleza de su soporte” (Godoy, 1995). Aquí se “itera” el análisis hasta obtener resultados significativos cuya validez es triangulada con colegas.

Resultados y discusión

Resultados del análisis teórico del Círculo de Viena

En este primer apartado se exponen los principales resultados de la revisión bibliográfica crítica sobre el positivismo lógico del círculo de Viena, organizados bajo una estructura expositivo-narrativa.

Entendido de manera general, el positivismo fue un movimiento de pensamiento presente en Europa desde 1840, con representantes como Auguste Comte (1798-1857) y Claude Bernard (1813-1878) en Francia y John Stuart Mill (1806-1873) y Herbert

Spencer (1820-1903) en Inglaterra. Así, el positivismo entroncó con dos convenciones culturales distintas: la francesa, predominantemente racionalista (desde Descartes) y la inglesa, fuertemente empirista (desde Bacon). Tuvo enorme influencia en la vida cultural de otros países, como Alemania, donde tomó la forma de un cientificismo *materialista* (Verneaux, 1967; Echeverría, 1995; Castañón, 2008; Artigas, 2009; Gadea et al., 2019).

Ya en el siglo XX, las ideas positivistas ganan cuerpo en la Europa continental en tres ámbitos intelectuales principalmente: el Círculo de Viena (participantes de la llamada Sociedad Ernest Mach que buscaron agruparse en torno al filósofo austríaco Moritz Schlick), la Sociedad de Filosofía Empírica de Berlín y, por último, pensadores de otros países europeos que se vieron influenciados o interactuaron con los miembros de los primeros dos grupos.

El historiador y filósofo austríaco Friedrich Stadler (2010), en su libro *El círculo de Viena: empirismo lógico, ciencia, cultura y política*, retrata con detalle el período entre 1848 y 1918 para contextualizar mejor la situación que se viviría en Viena a principios de los años 1920s, cuando el Círculo se autoconstituye. Ese largo período estuvo marcado por revoluciones, guerras, desarrollo industrial y económico, alternancias de gobiernos liberales y, por último, una larga recesión que anunciaba una fuerte crisis económica. Es en ese contexto que se configuran los partidos políticos que se disputarán el poder en vida del positivismo lógico: el partido socialdemócrata, el partido social cristiano y los nacionalistas alemanes.

A principios del siglo XX la epistemología era aún vista como una ocupación esporádica de algunos científicos y filósofos. Esta situación cambia con la constitución del Círculo de Viena (Echeverría, 1995; Artigas, 2009), que impulsa su desarrollo como disciplina autónoma y profesionalizada, con un lugar reconocible en la Universidad (Lorenzano, 2011).

Para los participantes más activos del Círculo, la epistemología debía estar fuertemente arraigada a la lógica y la matemática; se relegaban así los aspectos históricos y psicológicos que tenían que ver con la evolución del conocimiento, las circunstancias sociales que lo rodean y los contextos en los que surgen las ideas científicas. En definitiva, estos epistemólogos se plantearon la tarea de reconstruir una auténtica "lógica de la ciencia" (Cupani, 2009).

Los principales articuladores de esta concepción de ciencia fueron, además del mencionado Schlick, Carnap, Neurath, Hahn, Ayer, Feigl y Hempel, en Viena, y Reichenbach, Grelling, Dubislav, Lewin, von Mises y Oppenheim, en Berlín. Sin embargo, como se dijo, el positivismo lógico no se limitó a estas latitudes; llegó incluso a los Estados Unidos de América. De hecho, a partir de la segunda mitad de la década de 1930, Estados Unidos comienza a convertirse en el centro de producción positivista lógica, dado el éxodo de muchos de los fundadores a causa de los acontecimientos políticos en Europa central.

Al interior del Círculo de Viena existían, por supuesto, disidencias interesantes. Según Kraft (1986),

había una orientación radical, representada sobre todo por Neurath, que actuó por eso muchas veces como estímulo y a veces indujo a error, orientación a la que se adhirieron frecuentemente Hahn y también Carnap, y una más moderada a la que pertenecía Schlick. [...] Tampoco era unánime la posición frente a las tesis de Wittgenstein ni lo era en la teoría de la probabilidad.

Pablo Lorenzano (2011) considera que el positivismo lógico da inicio al “período clásico” de la epistemología disciplinada, mientras que Ulises Moulines (2006, 2011) cataloga su surgimiento como una “fase de eclosión”. En este primer momento, la epistemología buscó concentrarse en problemas de *justificación* del conocimiento científico, y de allí el valor que se le encuentra en este artículo para pensar junto con los docentes la naturaleza de la ciencia a enseñar.

El primer punto que el positivismo lógico deseaba combatir era la acrecentada “distancia” entre las distintas ciencias empíricas y una filosofía concebida como aislada y con pocas funciones de análisis y crítica (calificada por Carnap de metafísica). Los empirio-positivistas estaban ansiosos por rescatar una concepción de filosofía que demostrara ser científica, adhiriendo fuertemente a enfoques analíticos, sintacticistas y logicistas, siguiendo, por ejemplo, a Bertrand Russell (1956). Así, buscaban dar respuesta a la pregunta sobre el *método científico*, y escogieron para ello la vía “verificacionista”. He aquí, por tanto, unas ideas clave que aporta el movimiento para revisar la fundamentación epistemológica de la formación de profesores.

En 1929 se publica un manifiesto titulado “La concepción científica del mundo”, con autoría de tres de los más importantes miembros del Círculo de Viena, Carnap, Hahn y Neurath (1986). Tal manifiesto, que funcionaba a modo de “acta fundacional” del Círculo, hace públicos su formación, su funcionamiento y su proyecto. En él se dan detalles sobre el programa filosófico acometido, incluyéndose apartados tales como: los antecedentes históricos, el agrupamiento en torno a la figura de Schlick, la conceptualización científica del mundo empírico y sus áreas problemáticas, y unas retrospectiva y perspectiva finales de la tarea epistemológica.

Como bien se explica en el Manifiesto, Moritz Schlick, nombrado profesor de filosofía de las ciencias inductivas en Viena, se constituye en el centro del Círculo:

A través de los años se concentró alrededor de Schlick un círculo que asociaba los diferentes esfuerzos tendientes a la concepción científica del mundo. Como resultado de esta concentración se produjo una propuesta mutua y productiva. [...] Ninguno de los [miembros del Círculo] es un llamado filósofo “puro”, sino que todos han trabajado en un área particular de la ciencia. A decir verdad, provienen de diferentes áreas de la ciencia y originalmente de diferentes actitudes filosóficas. Sin embargo, al correr de los años salió a la luz una uniformidad en aumento como resultado de la actitud específicamente científica. (Carnap et al., 1986; traducido del portugués por los autores)

Siguiendo a Grajales y Negri (2017), este documento fundacional se centra en establecer como meta para el positivismo lógico el lograr una explicación unificada y consolidada sobre la ciencia, cuyo camino sería una epistemología rigurosa (antimetafísica) bajo la égida de la noción de *verificabilidad*. El Círculo asumió, como principales instrumentos teóricos, “la lógica simbólica de los *Principios de la Matemática* de Russell y los aportes de Whitehead y del atomismo lógico del *Tratado Lógico-Filosófico* de Wittgenstein” (Grajales y Negri, 2017). En palabras de Javier Echeverría (1995), “sus miembros trataron de producir una auténtica revolución filosófica, apelando para ello al proyecto de Comte de una ciencia unificada y a las epistemologías empiristas de Mach y de Wittgenstein”.

El Manifiesto presenta, al mismo tiempo, otras preocupaciones del Círculo, tales como la necesidad de reorganización de la economía y de cambio de las condiciones sociales, la búsqueda de unificación en la humanidad y la renovación de la escuela y la educación. Sus autores señalan que el Círculo de Viena no se basa tanto en la origi-

nalidad de unas tesis propias, sino más bien en “su actitud fundamental, puntos de vista y dirección de investigación” (Carnap, 1981). El documento brinda un panorama general de los fundamentos epistemológicos de distintas disciplinas (aritmética, física, geometría, biología, psicología, ciencias sociales) con una intención de unidad sistemática.

El propósito original del Círculo de Viena de formar un grupo de pensadores heterogéneo, pero comprometido con la causa de dar cumplimiento a tareas epistemológicas de análisis formalista de la ciencia parece haber logrado éxito en la primera década y media de su funcionamiento. Esto es posible en tan poco tiempo porque había antecedentes directos fuertes, como un “protocírculo” (en la primera década del siglo XX) formado por Hahn, von Mises y Neurath (Echeverría, 1995; Castañón, 2008; Artigas, 2009). Sobre ellos, Stadler (2010) señala que, “haciendo caso omiso del intensivo análisis del lenguaje tras el ‘giro lingüístico’ (...) y de la aplicación sistemática de la lógica, puede decirse que los elementos básicos esenciales del empirismo lógico se encuentran ya prefigurados en ese grupo de discusión”. A su vez, el protocírculo se apoyaba en logros anteriores, de fines del siglo XIX: aportaciones sustantivas del físico alemán Ernst Mach, quien, en palabras de los autores del Manifiesto, “estaba particularmente ansioso por limpiar la ciencia empírica de todo pensamiento metafísico, especialmente en el campo de la física”. Ya en 1883 Mach anunciaba en su obra *Desarrollo histórico-crítico de la mecánica* que, “donde no es posible ni la confirmación ni la refutación, no está en juego la ciencia” (Mach, 1960). Tal afirmación había sido aceptada como condición sine qua non para una buena reflexión metateórica sobre la ciencia (Moulines, 2011).

Con todas estas bases, el artículo de Schlick de 1926, “Experiencia, cognición, metafísica”, “condena” la metafísica por intentar expresar falsamente como cognición lógicamente estructurada lo que es meramente el contenido cualitativo inexpressable de la experiencia (Schlick, 1979): para el Círculo no resulta posible indicar procedimientos para verificar proposiciones metafísicas, ya que no pueden reducirse al experimento (Kraft, 1986).

De la misma manera, el primer párrafo de antecedentes históricos del Manifiesto elige, como una de sus tesis principales, distanciarse del pensamiento metafísico, al que denominan peyorativamente como manera “especulativa” de pensar.

Cuando, a fines de 1929, Wittgenstein propone, en conversaciones con Schlick y Waismann, un verificacionismo estricto como base para identificar las partes legítimas del discurso, los positivistas lógicos identifican allí una herramienta muy atractiva para dejar de lado las partes no científicas de su análisis filosófico sobre la ciencia (Schlick, 1981). El principio de verificación se apoya en la idea de que un enunciado solo tiene significado si puede ser, al menos en principio, verificado empíricamente. Este método de análisis pasará a ser seña distintiva del “nuevo empirismo y positivismo”, con enormes consecuencias en la enseñanza de las ciencias.

Los positivistas lógicos propusieron una metáfora bélica para caracterizar este período de surgimiento: ellos se veían a sí mismos como “guerreros” que luchaban desde sus propias concepciones. Las tendencias metafísicas y teológicas que aún persistían para ellos no eran más que luchas sociales y económicas que correspondían al pasado, recurriendo a “actitudes” superadas. Los “luchadores” positivistas, girando hacia la modernidad, se distanciaban de esas actitudes y se ocupaban de la ciencia experimental de manera estricta, lo que parecía dejar poco espacio a las representaciones metafísicas.

La epistemología en la formación del profesorado de ciencias naturales

En este apartado se presentan consideraciones y resultados acerca del análisis de documentación pública oficial de la UNIVASF vinculada a la formación inicial y continuada de docentes para la educación básica y media.

La educación científica para la ciudadanía ha sido un tema de debate durante ya dos siglos; el mismísimo Comte planeó introducir un fuerte componente de educación científica en la formación de los individuos, discutiendo las posibilidades de una comprensión de los dominios de la ciencia desde un enfoque histórico o desde una perspectiva de la esencia de cada uno de ellos.

En el caso del Brasil, la reforma educativa llevada adelante en 1890, en pleno auge del positivismo clásico, tuvo una influencia sustancial de estas ideas y, de acuerdo con ello, puso enorme énfasis en la importancia de la educación científica.

La didáctica específica de las ciencias naturales como área de conocimiento consolidada ha concentrado buena parte de sus esfuerzos en dos líneas de trabajo específicas: la configuración de los currículos y la formación del profesorado (Adúriz-Bravo, 1999; Nardi, 2005). Es este segundo énfasis el que se aborda en este artículo, en relación con las aportaciones que pueden hacer las metaciencias a la investigación e innovación didácticas.

La institucionalización de la formación de profesores de ciencias en Brasil se remonta a 1943, con la creación de la carrera de Historia Natural en la Universidad de San Pablo (USP). En los ochenta años que siguieron a ese hito se ha logrado mucho y los avances son claros. Los fuertes cambios socioculturales (y, en menor medida, la creciente incorporación de tecnologías) han modificado las formas de vivir y de afrontar la cotidianidad; las certezas de antaño se derrumban. Es por ello que la educación científica necesita de una epistemología más sofisticada, alejada de las representaciones de sentido común sobre la ciencia y los científicos.

Pensar en una educación científica de calidad para el ejercicio de ciudadanía (cf. Bybee, 1997) precisa entonces de analizar explícitamente la llamada *naturaleza de la ciencia* (conocida internacionalmente como NOS; por sus siglas en inglés: Acevedo-Díaz, 2000). Enseñar ciencias en el nuevo milenio implica posicionarse en una forma particular de entender la ciencia como práctica social compleja en tiempos de negacionismo y superchería.

Todo ello tiene claras implicancias para la formación docente. Para Fontoura y colaboradores (2020, p. 119; traducido del portugués por los autores):

Pensar la formación docente en nuestro país articulada con la alfabetización científica ha sido un desafío para los investigadores, principalmente por los embates sufridos en el campo científico por el contexto de negacionismo y cuestionamiento de la ciencia y sus productos. Tomando nuestras producciones académicas como una forma de confrontamiento, destacamos que la construcción del conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias necesita abarcar al docente y su experiencia, articulando las dimensiones individual y colectiva como una forma de instrumentar las cuestiones impuestas por la sociedad, así como aquellas que surgen dentro de las escuelas.

La pregunta es, entonces, en torno a los fundamentos epistemológicos que subyacen a la formación docente inicial y continuada ofrecida por una Universidad pública, la Universidad Federal do Vale do São Francisco, en el interior del estado de Bahía, en el nordeste de Brasil. Analizando los planes de estudio de las dos carreras seleccionadas

para el presente trabajo, no es posible advertir una preocupación explícita por organizar la educación científica en torno a la naturaleza de la ciencia. Las prescripciones emanadas actualmente al respecto desde la didáctica de las ciencias no son reconocibles en la documentación bajo estudio.

El diagnóstico anterior, de carácter fuertemente crítico, asume que el conocimiento metacientífico debería ser preponderante de cara a la *profesionalización* de las prácticas de los profesores de ciencias naturales. De acuerdo con muchos autores (Duschl, 1985, 1997; Adúriz-Bravo, 1999, 2001, 2007a; Acevedo-Díaz, 2000), el componente *metateórico* del currículo de formación debería provenir de saberes propios de la epistemología y la historia de la ciencia seleccionados por su *funcionalidad* para la transformación de las prácticas docentes.

Estos autores llaman la atención sobre valores intrínsecos de los contenidos metacientíficos: la epistemología, por ejemplo, nos recuerda el carácter inferencial y provisional de la ciencia, y la historia de la ciencia, a su vez, confronta las interpretaciones de tipo *whig* (simplificadas y triunfalistas) del avance de la ciencia, que son aún predominantes en los libros de texto.

Los currículos de ciencias para la educación básica y media en Brasil prescriben abordar, más allá de lo que se sabe de ciencia, la cuestión de *cómo llegó la ciencia a tal conocimiento*. Enseñar qué es el conocimiento científico implica posicionarse claramente desde una perspectiva metacientífica clara (Almeida y Farias, 2011), y ese posicionamiento debe atravesar la preparación de quienes llevarán adelante tal tarea -profesores y profesoras. Al analizar los documentos oficiales de las dos carreras seleccionadas (Licenciatura y Maestría), se advierte que la preocupación por incorporar contenido metacientífico actualizado y de buena calidad no es central en ellos. Tanto en la carrera de grado de enseñanza de las ciencias naturales como en el posgrado de enseñanza de la física, las mallas curriculares relegan la epistemología a un papel superficial, de mero acompañamiento.

Las tablas 1 y 2 enuncian las asignaturas (aquí divididas en optativas y obligatorias) contenidas en la carrera de formación docente continua que se analiza en este trabajo.

Una primera mirada basta para notar que la propuesta de cualificación docente discutida aquí no contempla ninguna asignatura de introducción a la epistemología. A su vez, el análisis de los programas y bibliografías de cada una de las asignaturas listadas en las tablas muestra que hay muy pocos contenidos relacionados con la reflexión metateórica.

En cuanto a la propuesta de formación inicial (carrera de grado) estudiada en este trabajo, se organiza a partir de unos ejes temáticos convergentes, tal como se establece en la Figura 1.

A través del análisis documental se infiere que la epistemología de alguna manera impregna toda la carrera de manera implícita e indirecta; en algunos ejes, los enfoques epistemológicos pueden identificarse con algún esfuerzo, en otros, aparecen completamente desdibujados.

En el eje identificado como Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente aparecen las asignaturas de Filosofía de la Ciencia e Historia de la Ciencia; en sus programas se advierte una clara intención de acercarse al Círculo de Viena y sus aportes. La primera de esas asignaturas incluye entre sus contenidos “el concepto de filosofía de la ciencia, el

problema de la fundamentación de las ciencias, la ciencia en su nacimiento: el Círculo de Viena y el criterio de demarcación científica, las implicaciones epistemológicas del círculo de Viena: realismo científico y antirrealismo” (UNIVASF, 2017).

Tabla 1

Asignaturas obligatorias de la Maestría de la UNIVASF.

Asignaturas	Horas	
	Teóricas	Prácticas
Termodinámica y mecánica estadística	60	-
Electromagnetismo	60	-
Mecánica cuántica	60	-
Física contemporánea	60	-
Marcos en el desarrollo de la física	30	-
Fundamentos teóricos en la enseñanza y el aprendizaje	60	-
Seguimiento de la implementación del producto educativo	30	-

Nota. Tomado de MNPEF

Tabla 2

Asignaturas optativas.

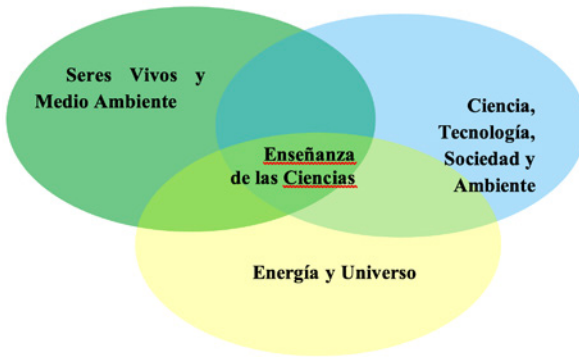
Asignaturas	Horas		
	Teóricas	Prácticas	
Bloque A	Actividades computacionales para la secundaria	60	-
	Actividades experimentales para secundaria y primaria	60	-
Bloque B	Procesos y secuencias de enseñanza y aprendizaje de la física en la secundaria	60	-
	La física en la escuela primaria en una perspectiva multidisciplinar	60	-

Tomado de: MNPEF

En el eje denominado Educación Científica aparece la posibilidad de debates estructurados sobre la temática epistemológica, que aparece nombrada explícitamente en el programa de la asignatura Psicología de la Educación y del Desarrollo (UNIVASF, 2017). Dada la orientación de la asignatura, cabría esperar que se discutiera sobre el positivismo lógico; sin embargo, la bibliografía sugerida no muestra intención en este sentido, y se sitúa fuertemente en el campo de las teorías del aprendizaje.

Figura 1

Ejes temáticos estructurantes de la Licenciatura de la UNIVASF.



Nota. Núcleo Docente Estructurante, Facultad de Ciencias Naturales, Campus Senhor do Bonfim.

En el mismo eje, la asignatura Didáctica de las Ciencias incluye temas como el de los “supuestos epistemológicos del conocimiento en las ciencias naturales; la naturaleza de la ciencia” (UNIVASF, 2017). Las indicaciones bibliográficas son vagas, pero se puede pensar que allí se encuentra el espacio privilegiado dentro de toda la malla curricular para discutir aportes y legado de la perspectiva positivista lógica a la educación en ciencias.

En los planes de estudio completos de las dos carreras analizadas, los anteriores *son los únicos espacios curriculares* donde se trasuntan referencias a un estudio justificativo del conocimiento científico desde una perspectiva analítica deudora del Círculo de Viena.

Conclusiones

El presente trabajo procuró, a través de la investigación bibliográfica, responder a la pregunta en torno a cuáles son posibles influencias epistemológicas directas e indirectas del movimiento positivista lógico en la formación docente en dos carreras de la UNIVASF en Brasil. Los resultados obtenidos a partir del de contenido análisis de la documentación oficial de esas carreras muestran poca intención de abordar la epistemología desde las principales escuelas del siglo XX o de definir bases analíticas o metodológicas para la inspección metacientífica de las teorías científicas a enseñar.

En el caso de la carrera de posgrado, queda muy poco claro dónde la malla curricular sugiere establecer, entre los profesores cursantes, pensamiento de nivel “meta-” sobre la ciencia. En el caso de la carrera de grado, se prescribe abordar el movimiento positivista lógico en cuatro asignaturas, pero, tal y como se desprende de las listas bibliográficas respectivas, este abordaje es superficial: no se rescatan las tesis fundamentales del empiro-inductivismo ni se las contrasta con reconstrucciones deductivistas o ampliativas más recientes.

Este diagnóstico negativo que surgió a partir de los análisis realizados para contestar a la pregunta formulada más arriba permite, a partir de aquí, configurar la necesidad urgente de comunicar *ideas epistemológicas clave* (Adúriz-Bravo, 2002, 2006, 2007a) a

docentes que cursan su formación inicial o continua en la UNIVASF, a sus respectivos formadores y a decisores y técnicos de esa Universidad.

Es bien sabido que, en las lecciones teóricas, la resolución de problemas y sobre todo en los trabajos prácticos de la formación universitaria en ciencias, la tradición positivista sigue fuertemente presente hasta nuestros días (cf. Souza, 2020). Esto constituye otra muy buena razón por la cual el profesorado de ciencias debería conocer los logros teóricos del Círculo de Viena en su contexto, valorar críticamente cuándo tales logros se importaron a la educación en ciencias y entender las principales causas por las cuales ello impacta en las representaciones del estudiantado. En el caso particular de las carreras aquí analizadas, las asignaturas de física, química y biología en ellas contenidas operan siguiendo carriles trazados en gran medida por el positivismo lógico. La ausencia de una reflexión metateórica *historizada* sobre las prácticas científicas ofrecidas en esas carreras puede desvirtuar el papel del profesor en el aula, habida cuenta que él debería poder hacer ver a sus estudiantes que la investigación científica es una actividad compleja cuya reconstrucción teórica ha ocupado a epistemólogos profesionales por un siglo.

Por otra parte, hoy en día existen nuevos propósitos y valores que emergen a la hora de apuntar a una educación científica de calidad para todos y a una formación docente coherente con esas nuevas metas. Al mismo tiempo, existen nuevas perspectivas teóricas para ayudar en la tarea. A la hora de trazar un camino que busque esa educación científica para la ciudadanía sería necesario comprender a fondo por qué son importantes las herramientas metacientíficas. No se trata de proponer nuevos “métodos” de enseñanza de las ciencias, sino de cambiar a fondo las imágenes de ciencia instaladas socialmente, que se cuelean todo el tiempo en las aulas.

Desde la década de 1990 se viene pretendiendo destacar la relevancia de *saber sobre la ciencia*: comprender adecuadamente cómo se desarrolla la actividad científica, cuál es la validez de sus productos, quiénes son las personas que la llevan adelante, qué influencias recibe y ejerce sobre el medio sociocultural, etc. A ello se suma otro “ingrediente” más reciente: se entiende que la ciencia escolar ha de habilitar al estudiantado *para la acción eficaz* o, si se lo prefiere, para la transformación del mundo. En este nuevo escenario es primordial conocer algunos contenidos de epistemología (complementados con otros de historia y sociología de la ciencia). El reconocimiento de este mandato curricular lleva a la necesidad de poner al día y cualificar a todos los involucrados en el proceso de educación científica, tales como los formadores del profesorado, diseñadores de currículos, decisores políticos o escritores de libros de texto.

Como se adelantó, el estudio reseñado en este trabajo forma parte de una investigación doctoral más amplia. Ello supone algunas limitaciones: se han presentado resultados *parciales*, de manera necesariamente breve. Las discusiones aquí contenidas se complementan con otras indagaciones que ya están en marcha, que buscan aportes conceptuales de escuelas posteriores al positivismo lógico, tales como el racionalismo crítico y la nueva filosofía de la ciencia, apuntando a reconocer sus respectivos impactos en la formación docente.

Otra línea en la que se podrían fortalecer y profundizar los hallazgos presentados aquí consiste en entrevistar a los formadores de docentes de la UNIVASF en procura de caracterizar su propia comprensión de los fundamentos epistemológicos de la preparación del profesorado y sus visiones acerca de cómo implementar la inclusión de la mirada epistemológica analítica.

Referencias

- Acevedo-Díaz, J.A. (2000). Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de educación secundaria en formación inicial. *Bordón*, 52(1), 5-16.
- Adúriz-Bravo, A. (1999). *Elementos de teoría y de campo para un análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias*. Tesis de Maestría. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Adúriz-Bravo, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Adúriz-Bravo, A. (2002). Un modelo para introducir la naturaleza de la ciencia en la formación de los profesores de ciencias. *Pensamiento Educativo*, 30, 315-330.
- Adúriz-Bravo, A. (2004). Apuntes sobre la formación epistemológica de los profesores de ciencias naturales. *Pedagogía y Saberes*, 21, 9-19.
- Adúriz-Bravo, A. (2005a). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Fondo de Cultura Económica.
- Adúriz-Bravo, A. (2005b). ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias?: Una cuestión actual de la investigación didáctica. *Tecné, Episteme y Didaxis*, número extra, 23-33.
- Adúriz-Bravo, A. (2006). La epistemología en la formación de profesores de ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, XVIII(45), 25-36.
- Adúriz-Bravo, A. (2007a). La naturaleza de la ciencia en la formación de profesores de ciencias naturales. En R. Gallego Badillo, R. Pérez Miranda, & L. N. Torres de Gallego (Eds.).
- Adúriz-Bravo, A. (2007b). La naturaleza de la ciencia en la educación científica para todos y todas. *Educación en Ciencias e Ingeniería*, 5(1), 28-36.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518-542.
- Almeida, A.V. de, & Farias, C.R. (2011). A natureza da ciência na formação de professores: Reflexões a partir de um curso de Licenciatura em ciências biológicas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(3), 473-488.
- Artigas, M. (2009). *Filosofía de la ciencia*. Ediciones Universidad de Navarra.
- Bybee, R. (1997). Towards an understanding of scientific literacy. En W. Gräber, & C. Bolte (Eds.), *Scientific Literacy*. IPN.
- Carnap, R. (1981). La superación de la metafísica mediante el análisis lógico del lenguaje. En A.J. Ayer (Ed.), *El positivismo lógico* (pp. 66-87). Fondo de Cultura Económica. (Original en inglés de 1959.)
- Carnap, R., Hahn, H., & Neurath, O. (1986). A concepção científica do mundo: O Círculo de Viena. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 10, 5-20. (Original en alemán de 1929.)
- Castañón, G. (2007). *Introdução à epistemologia*. Editora Pedagógica e Universitária Ltda.
- Cupani, A. (2016). Historia de la ciencia y filosofía de la ciencia: Una difícil relación. *Manuscrito: Revista Internacional de Filosofía*, 25(2), 81-103.
- Duschl, R.A. (1985). Science education and philosophy of science: twenty-five years of mutually exclusive development. *School Science and Mathematics*, 85(7), 541-555.

- Duschl, R.A. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias: Importancia de las teorías y su desarrollo*. Narcea.
- Echeverría, J. (1995). *Filosofía de la ciencia*. Akal.
- Fontoura, H.A., Pereira, E.G.C., & Figueira, S. T. (2020). Formação de professores de Ciências no Brasil e alfabetização científica: Desafios e perspectivas. *Uni-Pluriversidad*, 20(1), 103-126. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.20.1.07>
- Gadea, W.F., Jiménez, R.C.C., & Chaves-Montero, A. (2019). *Epistemología y fundamentos de la investigación científica*. Language Learning Editores.
- Giere, R.N. (1992). *Understanding scientific reasoning*. Holt, Rinehart, Winston.
- Giere, R.N. (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 63-70.
- Gil, A.C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4a edición. Atlas.
- Gil, A.C. (2007). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6a edición. Atlas.
- Godoy, A.S. (1995). Pesquisa qualitativa: Tipos fundamentais. *Revista de Administração de Empresas*, 26(2).
- Grajales, A.A., & Negri, N.J. (2017). *Manual de introducción al pensamiento científico*. Libros de la UNLP.
- Hodson, D. (2009). *Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and values*. Sense Publishers.
- Klimovsky, G. (1994). *Las desventuras del conocimiento científico: Una introducción a la epistemología*. AZ Editores.
- Kraft, V. (1986) *El Círculo de Viena*. Madrid: Taurus Ediciones. (Original alemán de 1950.)
- Lorenzano, P. (2011). *La teorización filosófica sobre la ciencia en el siglo XX (y lo que va del XXI)*. *discus.filos [online]*, 12(19), 131-154.
- Mach, E. (1960). *The science of mechanics*. Open Court. (Original en alemán de 1920.)
- Moulines, C.U. (2006). *La philosophie des sciences: L'invention d'une discipline (fin XIXème - début XXIème siècle)*. Ed. Rue d'Ulm/Presses de l'École Normale Supérieure.
- Moulines, C.U. (2011). *El desarrollo moderno de la filosofía de la ciencia (1890-2000)*. Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM. (Original alemán de 2008).
- Matthews, M.R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. Routledge.
- Matthews, M.R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). En: M.S. Khine (Ed.). *Advances in nature of science research: Concepts and methodologies* (pp. 3-26). Springer.
- Nardi, R. (2005). *A área de ensino de Ciências no Brasil: fatores que determinaram sua constituição e suas características segundo pesquisadores brasileiros*. Tese de Livre Docência. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- Pizzani, L. et al. (2012). A arte da pesquisa bibliográfica na busca do conhecimento. *RDBC: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, 10(2), 53-66.
- Russell, B. (1956). *Obras escogidas: Tomo I*. Aguilar.
- Sá-Silva, J.R., Almeida, C.D., & Guindani, J.F. (2009). Pesquisa documental: Pistas teóricas e metodológicas. *Revista Brasileira de História e Ciências Sociais*, 1(1).
- Schlick, M. (1979). Experience, cognition, metaphysics. En H. L. Mulder, & B.F.B. van de Velde-Schlick (Eds.), *Moritz Schlick: Philosophical papers*. D. Reidel. (Original en alemán de 1926.)

- Schlick, M. (1981). El viraje de la filosofía. En: A.J. Ayer (Ed.). *El positivismo lógico*. Fondo de Cultura Económica. (Original en inglés de 1959.)
- Souza, D.C. de (2020). O positivismo de Auguste Comte e a educação científica no cenário brasileiro. *Revista REAMEC*, 8(1), 29-42.
- Stadler, F. (2010). *El Círculo de Viena: Empirismo lógico, ciencia, cultura y política*. Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa y Fondo de Cultura Económica. (Original en alemán de 1997.)
- Universidade Federal do Vale do São Francisco [UNIVASF]. (2017). *Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza, Campus Senhor do Bonfim-BA*. <https://portais.univasf.edu.br/ccinat-sbf/ciencias-da-natureza/documentos/PPCCINAT2018.1.pdf>
- Verneaux, R. (1985). *Epistemología general o crítica del conocimiento*. 7a edición. Editora Herder.

Epistemology in science teacher training: Conceptual tools of logical positivism and the Vienna Circle

Epistemología en la formación del profesorado de ciencias: Herramientas
conceptuales del positivismo lógico y del Círculo de Viena

科学教师培训中的认识论:逻辑实证主义和维也纳学派的概念
工具

Эпистемология в подготовке учителей естественных наук: концептуальные
инструменты логического позитивизма и Венского кружка

Marco Aurélio Clemente Gonçalves

National University of Tres de Febrero (Argentina)
marco.clementgoncalves@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5630-2209>

Agustín Adúriz-Bravo

University of Buenos Aires
aadurizbravo@cefiec.fcen.uba.ar
<https://orcid.org/0000-0002-8200-777X>

Dates · Fechas

Recibido: 2022-10-16
Aceptado: 2022-11-30
Publicado: 2023-01-01

How to Cite this Paper · Cómo citar este trabajo

Clemente Gonçalves, M. A., & Adúriz-Bravo A. (2023). Epistemology in science teacher training: Conceptual tools of logical positivism and the Vienna Circle. *Publicaciones*, 53(2), 309–323. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26828>

Abstract

This article seeks to review the movement known as Vienna Circle, and especially its fundamental theses of logical-positivistic character, with the aim of identifying conceptual contributions to the philosophical and epistemological debate within science teacher education. It constitutes a part of a larger study on the current state of the foundations provided by the philosophy of science in two programmes of teacher preparation in a public University in the north-east of Brazil. The chosen methodology is bibliographic research: primary and secondary sources around logical positivism are analysed with the aim of recognising possible traces of its ideas in the formulation of a curriculum of teacher training in the aforementioned institution. Results show that, in spite of the marked influence that logical positivism had on constructing Anglo-Saxon philosophy of science in the 20th century, in the careers of teacher education in the interior of the state of Bahia, there are only very feeble references to the analytic mode of understanding science that this school proposed.

Keywords: logical positivism, science teacher education, main contributions, epistemological foundations of curriculum, analytic perspective.

Resumen

El presente trabajo busca indagar en el movimiento denominado Círculo de Viena, especialmente en lo que se refiere a sus tesis fundamentales de carácter positivista lógico, con el fin de identificar contribuciones conceptuales al debate filosófico y epistemológico dentro de la formación del profesorado de ciencias naturales. Hace parte de un estudio más amplio sobre el estado actual de los fundamentos epistemológicos propuestos para la formación docente en dos programas académicos de una Universidad pública del nordeste brasileño. La metodología elegida es la de investigación bibliográfica: se analizan fuentes primarias y secundarias vinculadas al positivismo lógico y se busca reconocer posibles trazas de sus ideas en la formulación del currículo de formación de profesores en la mencionada institución. Los resultados muestran que, a pesar de la notable influencia que el positivismo lógico tuvo en el moldeado de la epistemología (o filosofía de la ciencia) anglosajona del siglo XX, en el ámbito de las carreras de formación docente en el interior del estado de Bahía existen solo débiles referencias al modo analítico de entender la ciencia propugnado por esta escuela.

Palabras claves: positivismo lógico, formación del profesorado de ciencias, contribuciones principales, fundamentación epistemológica del currículo, perspectiva analítica.

Аннотация

В данной работе предпринята попытка исследовать движение, известное как Венский кружок, особенно в отношении его фундаментальных тезисов логического позитивизма, чтобы определить концептуальный вклад в философские и эпистемологические дебаты в рамках естественнонаучного педагогического образования. Это часть более широкого исследования, посвященного текущему состоянию эпистемологических основ, предлагаемых для подготовки учителей в рамках двух академических программ государственного университета на северо-востоке Бразилии. В качестве методологии выбрано библиографическое исследование: анализируются первичные и вторичные источники, связанные с логическим позитивизмом, и ставится задача выявить возможные следы его идей в формулировке учебной программы подготовки учителей в вышеупомянутом учебном заведении. Результаты показывают, что, несмотря на заметное влияние, которое логический позитивизм оказал на формирование англосак-

сонской эпистемологии (или философии науки) в двадцатом веке, на курсах подготовки учителей во внутренних районах штата Баһía имеются лишь слабые упоминания об аналитическом способе понимания науки, пропагандируемом этой школой.

Ключевые слова: логический позитивизм, научное педагогическое образование, основной вклад, эпистемологический фундамент учебной программы, аналитическая перспектива.

摘要

本研究旨在调查被称为维也纳学派的运动,特别是关于其逻辑实证主义性质的基本论点,以便确定对自然科学教师培训中的哲学和认识论辩论的概念贡献。一部分研究对巴西东北部一所公立大学的两个学术项目的教师培训提出的认识论基础现状进行了扩展研究。所选择的方法是书目研究:分析与逻辑实证主义相关的主要和次要资源,并试图在上述机构的教师培训课程的制定中识别他们的想法的可能痕迹。结果表明,尽管逻辑实证主义对塑造 20 世纪的盎格鲁-撒克逊认识论(或科学哲学)产生了显著影响,但在巴伊亚州内陆的教师培训职业领域,只微弱参考了该学派提倡的理解科学的分析方法。

关键词:逻辑实证主义,科学教师培训,主要贡献,课程认识论基础,分析视角。

Introduction

The general aim of this piece of research is to gather conceptual elements from the philosophy of science of the second quarter of the 20th century in order to incorporate them into the current international debate that is taking place around the necessary epistemological foundation for training programs of science teachers. More specifically, this article deals with some of the fundamental ideas of the intellectual movement called "Vienna Circle," ideas of a logical positivistic nature. These ideas are reviewed to recognize possible echoes and impacts on teachers' pre- and in-service education in a public university in the Brazilian northeast.

The present work has two specific aims. The first consists in understanding the nature, constitution, context, and legacy of the aforementioned philosophical school. For this, bibliographical research is undertaken from primary and secondary sources (articles, chapters, and books). The research tries to recognize (productive and counterproductive) core aspects of the legacy of logical positivism that reflect in the training of science teachers offered in the interior of the state of Bahia. The proposed research, therefore, involves a review of the most central logical positivistic ideas carried out *by examining documents of clearcut educational nature*.

The second specific aim is to recognize the philosophy of science present in two careers aimed at teacher training at the Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), namely: the Bachelor's degree in Natural Sciences (in the city of Senhor do Bonfim) and the postgraduate course Master in Physics Teaching (in the city of Juazeiro). Classic documentary analysis is carried out on a corpus of the selected official documentation in light of the theoretical keys provided by the first bibliographical review. Thus, we want to recognize the meta-scientific content *present and absent* in pedagogical projects, curricula, programmes, instructional materials, etc.

To establish substantive relationships between the philosophy of science and science teacher education, we start from the thesis that the primary function of that discipline

in science teaching has to do with enabling critical *metatheoretical* reflection for educational purposes, that is, providing students with progressive conceptual elements to think *about* science (Adúriz-Bravo, 2004, 2005b, 2006, 2007a). In light of this thesis, science teachers must be acquainted with philosophical concepts that have been formulated that will help them understand the validity and justification of scientific knowledge (since this constituted precisely the explicit foundational purpose of the “theory of science” of the Vienna Circle from its very foundation in the early 1920s: Klimovsky, 1994).

Methods

Starting point

Many publications have highlighted the value of meta-scientific knowledge as a central theoretical element to provide foundations for science teacher education (Giere, 1992, 1999; Matthews, 1994, 2012; Adúriz-Bravo, 2001, 2002, 2004, 2006, 2007a, 2007b; Hodson, 2009; Allchin, 2011). The primary focus in this article is on the epistemological dimension; it excludes analyses from the history or sociology of science.

It is also assumed that logical positivism, as a foundational school of professional philosophy of science (Moulines, 2006), continues to be crucial, despite the fact that many of its theses have already been overcome, as a “system of theoretical coordinates” to understand the conceptualization of scientific knowledge underlying science teacher education programs.

Therefore, from didactics of science, it is considered important to review this movement that shook the structures of reflection on science in its historical moment and that continues to inspire metatheoretical questions a hundred years later. The Vienna Circle provided a very rigorous analytical conceptualization that is unavoidable to think about the science that is taught to teachers today.

Methodological decisions

The methodological design of the work presented here has the following features: (1) it is an *exploratory* study, since, according to Gil (2007), it aims at producing initial knowledge on a defined and identified phenomenon; (2) it has a *qualitative* approach, since, as Pizzani et al. (2012) point out, the bibliographical survey and review of the main meta-theories that guide the teaching of science can be carried out more sophisticatedly from this perspective; (3) data are collected through classic bibliographical research, which, according to Gil (2002), is developed from already prepared material, composed mainly of scientific books and articles; (4) from the technical point of view, the present review is “documented” through compiling and systematizing important data from the selected bibliographical corpus; and (5) content analysis is instrumentally done by identifying units of meaning, exploring their consistent appearance and the relationships that emerge between them.

Godoy (1995) claims that, in documentary and bibliographical research, there are three aspects that should deserve special attention: the *selection* of documents, the *access* to them, and their exhaustive *analysis*. This work’s corpus was constituted using well defined selection criteria. The phase of study of the Vienna Circle used a number

academic texts that were intentionally chosen for their sustained presence in spaces of philosophical education, and that are easily accessible. Thus, it was decided to work with standard (neo)positivistic materials that presented and disseminated this movement in society, university textbooks from the second half of the 20th century introducing the philosophy of science, and recent scientific articles that apply a historical and didactical approach to current analysis.

On the other hand, in the phase of analysis of official documentation, “regulations” for the courses, programs for the different subjects, and lists of recommended bibliographical references are intentionally compiled, understanding that it is there where more explicit references to the philosophy of science can appear expressing a conception of science for science teacher education. Access to these official documents does not generate difficulties, as they are public pieces of information complying with Brazilian higher education legislation.

Furthermore, finally, it is necessary to adopt a solid procedure that uses a variety of methods and techniques for apprehension, comprehension, and analysis (Sá-Silva et al., 2009) of the very varied textual documents in the compiled corpus, paying attention to recurrences and singularities and to the structure that the surveyed content takes.

The two sources (historical and educational) of the texts analyzed here are diverse and propose two “worlds of meanings” to investigate. Considering this, we seek to implement a fine-grained qualitative approach, understanding that the mere quantification of data occurrences cannot capture the dimension of intentional human activity that involves the choice of a philosophy of science to teach to science teachers.

Thus, the interpretations proposed in this work intend to closely follow the canonical norms of content analysis, which, due to its great flexibility, is applicable to different discourses and to all forms of communication, whatever the nature of its support (Godoy, 1995). Here, analyses are “iterated” until significant results are obtained; their validity is triangulated with colleagues.

Results and discussion

Results of the theoretical analysis of the Vienna Circle

This first section displays the main results of the critical bibliographical review on logical positivism of the Vienna circle, organized under an expository-narrative structure.

In a general form, positivism was a movement of thought present in Europe since 1840, with representatives such as Auguste Comte (1798-1857) and Claude Bernard (1813-1878) in France, and John Stuart Mill (1806-1873) and Herbert Spencer (1820-1903) in England. Positivism connected with two different cultural conventions: the French, which was predominantly rationalist (since Descartes), and the English, which was firmly empiricist (since Bacon). The movement had an enormous influence on the cultural life of other countries, such as Germany, where it took the form of *materialist* scientism (Verneaux, 1967; Echeverría, 1995; Castañón, 2008; Artigas, 2009; Gadea et al., 2019).

In the 20th century, positivistic ideas expanded in continental Europe in three main intellectual spheres: the Vienna Circle (participants of the so-called Ernest Mach Society,

who grouped around the Austrian philosopher Moritz Schlick), the Society of Empirical Philosophy from Berlin and, finally, thinkers from other European countries, who were influenced or interacted with members of the first two groups.

The Austrian historian and philosopher Friedrich Stadler (2010), in his book *The Vienna Circle: Logical Empiricism, Science, Culture and Politics*, portrays in detail the period between 1848 and 1918 to better contextualize the Vienna experience at the beginning of the 1920s, when the Circle constituted itself. That long period was marked by revolutions, wars, industrial and economic development, alternations of liberal governments, and, finally, a prolonged recession that heralded a grave economic crisis. This context shapes the political parties competing for power in the life of logical positivism: the Social Democratic Party, the Christian Social Party, and the German Nationalists.

At the beginning of the 20th century, philosophy of science was still deemed a sporadic occupation of some scientists and philosophers. However, this situation changes with the constitution of the Vienna Circle (Echeverría, 1995; Artigas, 2009), promoting its development as an autonomous and professional discipline, with a recognizable place in universities (Lorenzano, 2011).

For the most active participants in the Circle, philosophy of science had to be firmly rooted in logic and mathematics; they relegated the study of historical and psychological aspects related to knowledge evolution, the social circumstances surrounding knowledge production, and the contexts in which scientific ideas arise. In short, these philosophers set themselves the task of reconstructing an authentic “logic of science” (Cupani, 2009).

Besides the aforementioned Schlick, Carnap, Neurath, Hahn, Ayer, Feigl and Hempel in Vienna and Reichenbach in Berlin, the foremost articulators of this conception of science were Grelling, Dubislav, Lewin, von Mises and Oppenheim. However, as stated before, logical positivism was not limited to these latitudes; it reached the United States of America. In fact, from the second half of the 1930s on, the United States progressively became the center of logical positivistic production, given the exodus of many founders due to central Europe’s political events.

Inside the Vienna Circle existed interesting dissents. According to Kraft (1986),

there was a radical orientation, represented above all by Neurath, which therefore often acted as a stimulus and sometimes misled. Hahn and also Carnap frequently adhered to this orientation. A more moderated orientation was also present, to which Schlick belonged. [...] Nor was the position unanimous regarding Wittgenstein’s theses, nor was it unanimous in probability theory.

Pablo Lorenzano (2011) considers that logical positivism begins the “classical period” of disciplined philosophy of science, while Ulises Moulines (2006, 2011) characterizes its emergence as a “hatching phase.” In this first moment, philosophy of science focused on the *justification* of scientific knowledge, and hence the value of logical positivism for this article, as an input to think together with teachers about the nature of the science to be taught.

The first point logical positivism wanted to combat was the increased “distance” between the different empirical sciences and a philosophy conceived as isolated and with few analytical and critical functions (qualified by Carnap as metaphysics). The empiro-positivists were eager to rescue a conception of philosophy that would prove to

be scientific, firmly adhering to analytic, syntactic, and logicist approaches, following, for example, Bertrand Russell (1956). Thus, they sought to answer the question about the scientific method, and for this they chose the “verificationist” path. Therefore, logical positivism provides some key ideas in this respect that are useful to critically review the epistemological foundations of teacher education.

A manifesto entitled “The scientific conception of the world” was published in 1929, and authored by three of the most important members of the Vienna Circle: Carnap, Hahn, and Neurath (1986). This Manifesto functioned as a “founding act” of the Circle, publicizing its formation, operation, and project. Furthermore, it detailed the philosophical program undertaken, including sections such as historical backgrounds, grouping around Schlick, scientific conceptualization of the empirical world and its problematic areas, and finally, a retrospective and perspective of the epistemological task.

As it is well explained in the Manifesto, Moritz Schlick, appointed professor of philosophy of inductive sciences in Vienna, becomes the center of the Circle:

Around Schlick, there gathered in the course of time a circle whose members united various endeavours in the direction of a scientific conception of the world. This concentration produced a fruitful mutual inspiration. Not one of the members [of the Vienna Circle] is a so-called ‘pure’ philosopher; all of them have done work in a special field of science. Moreover they come from different branches of science and originally from different philosophic attitudes. But over the years a growing uniformity appeared; this too was a result of the specifically scientific attitude: “What can be said at all, can be said clearly” (Wittgenstein); if there are differences of opinion, it is in the end possible to agree, and therefore agreement is demanded. It became increasingly clearer that a position not only free from metaphysics, but opposed to metaphysics was the common goal of all. (Carnap et al., 1986/1929; p. 304 of the English translation in: <https://canvas.uci.edu/courses/16536/files/5887303/download?verifier=uzP7uzaI9XBi5kUhGpLX-zoOCGxLctf5sDmjkbjz1&wrap=1>)

Following Grajales and Negri (2017), this founding document focuses on establishing as a goal for logical positivism to achieve a unified and consolidated explanation of science, whose path would be a rigorous epistemology (anti-metaphysics) under the aegis of the notion of *verifiability*. The Circle took over as its main theoretical instruments the symbolic logic of Russell’s *Principles of Mathematics*, the contributions of Whitehead and logical atomism in Wittgenstein’s *Tractatus Logico-Philosophicus* (Grajales y Negri, 2017). According to Javier Echeverría (1995), members of the Circle tried to produce an authentic philosophical revolution, appealing to Comte’s project of a unified science and the empiricist epistemologies of Mach and Wittgenstein.

At the same time, the Manifesto presents other concerns of the Circle, such as the need to reorganize the economy and change social conditions, the search for unification in humanity and the urgency of renewing education. Its authors point out that the Vienna Circle is not based so much on the originality of its theses but rather on its fundamental attitude, points of view and directions of research (Carnap, 1981). The document provides an overview of the epistemological foundations of different disciplines (arithmetic, physics, geometry, biology, psychology, and social sciences) with the intention of achieving systematic unity between them.

The original purpose of the Vienna Circle -to form a heterogeneous group of thinkers committed to fulfilling the epistemological task of formally analyzing science- seems

to have been successful in the first decade and a half of its operation. This was possible in such a short time because there were strong direct antecedents, such as a “proto-circle” (in the first decade of the 20th century) formed by Hahn, von Mises and Neurath (Echeverría, 1995; Castañón, 2008; Artigas, 2009). About them, Stadler (2010) points out that, with the exception of the intensive analysis of language after the “linguistic turn” and the systematic application of logic, it can be said that the essential basic elements of logical empiricism are already found prefigured in that discussion group. In turn, the proto-circle built on earlier achievements, from the end of the 19th century: substantive contributions by the German physicist Ernst Mach, who, in the words of the authors of the Manifesto, was particularly anxious to cleanse empirical science of all metaphysical thought, especially in the field of physics. Still in 1883 Mach announced in his book *The Science of Mechanics: A Critical and Historical Account of Its Development* that, where neither confirmation nor refutation is possible, science is not involved (Mach, 1960). Such statement had been accepted as a *sine qua non* condition for a good meta-theoretical reflection on science (Moulines, 2011).

On all these grounds, Schlick’s 1926 article, “Experience, Cognition, Metaphysics,” “condemns” metaphysics for attempting to falsely express as logically structured cognition what is merely the inexpressible qualitative content of experience (Schlick, 1979): for the Circle, it is not possible to indicate procedures to verify metaphysical propositions, since they cannot be reduced to experiment (Kraft, 1986).

In the same way, in its first paragraphs of historical background, the Manifesto chooses, as one of its main theses, to distance itself from metaphysical thought, which is pejoratively called a “speculative” way of thinking.

When, at the end of 1929, Wittgenstein proposes, in conversations with Schlick and Waismann, strict verificationism as a basis for identifying the legitimate parts of discourse, the logical positivists identify there a very attractive tool for leaving aside the unscientific parts of their philosophical analysis (Schlick, 1981). The verification principle is based on the idea that a statement only has meaning if it can be, at least in principle, verified empirically. This analytical method will become a hallmark of the “new empiricism and positivism,” with enormous consequences for science education.

Logical positivists proposed a bellic metaphor to characterize this period of emergence: they saw themselves as “warriors” who fought from their own conceptions. The metaphysical and theological trends that still persisted were nothing to them more than social and economic struggles that corresponded to the past, resorting to outdated “attitudes”. The positivist “fighters,” oriented towards modernity, distanced themselves from these attitudes and dealt strictly with experimental science, which seemed to leave little room for metaphysical representations.

The philosophy of science in science teacher education

This second section presents considerations and results around the analysis of official public documentation of UNIVASF related to pre- and in-service education of teachers for primary and secondary education.

Science education for citizenship has been a topic of debate for two centuries now; Comte himself planned to introduce a strong component of scientific education in the formation of individuals, discussing the possibilities of understanding the domains of science from a historical approach or from the perspective of the essence of each one of them.

In Brazil, the educational reform carried out in 1890, at the height of classical positivism, was substantially influenced by these ideas and, accordingly, placed enormous emphasis on the relevance of science education.

Didactics of science as a consolidated area of knowledge has concentrated a large part of its efforts on two specific lines of work: the configuration of curricula and teacher education (Adúriz-Bravo, 1999; Nardi, 2005). It is this second emphasis that is addressed in this article, which uses the contributions that meta-sciences can make to educational research and innovation.

The institutionalization of science teacher education in Brazil dates back to 1943, with the creation of the Natural History course at the University of São Paulo (USP). Much has changed during the eighty years that followed this milestone, and the advances are at plain sight. The strong socio-cultural changes (and, to a lesser extent, the growing incorporation of technologies) have modified the ways of living and coping with everyday life, crumbling the certainties of yesteryears. That is why science education needs a more sophisticated philosophy of science, away from common sense images of science and of scientists.

Thinking of a quality science education for the exercise of citizenship (cf. Bybee, 1997) requires explicitly analyzing the so-called *nature of science* (internationally known as NOS: Acevedo-Díaz, 2000). Teaching science in the new millennium implies positioning oneself in a particular way of understanding science as a complex social practice in times of pseudo-science and denialism.

All this has clear implications for teacher education. For Fontoura and collaborators (2020, p. 119; translated from Portuguese by the authors):

Thinking in Brazil about teacher education articulated with scientific literacy has been a challenge for researchers, mainly due to the attacks suffered by science in the context of denial and questioning of scientific practices and their products. Considering Brazilian academic production as a form of confrontation, we emphasize that the construction of knowledge about science teaching needs to encompass teachers and their experience, articulating the individual and collective dimensions to implement the issues imposed by society, besides those arising within schools.

The question for empirical research in this study is then about the epistemological foundations that underlie the pre- and in-service science teacher education offered by a public university, the Universidade Federal do Vale do São Francisco, in the interior of the state of Bahia, in the northeast of Brazil. The curricula of the two careers selected for this work did not highlight any explicit concern for organizing science education around the nature of science. Prescriptions currently issued in this regard from didactics of science are not recognizable in the documentation under study.

The previous diagnosis, of a strongly critical nature, assumes that metascientific knowledge should be preponderant in order to *professionalize* the practices of science teachers. Many authors (Duschl, 1985, 1997; Adúriz-Bravo, 1999, 2001, 2007a; Acevedo-Díaz, 2000) claim that the meta-theoretical component in teacher training should come from knowledge of the philosophy and history of science that is selected for its functionality to transform teaching practices.

These authors draw attention to the intrinsic values of meta-scientific content: philosophy of science, for example, reminds us of the inferential and provisional nature of scientific knowledge, and history of science, in turn, confronts *whiggish* (simplified and

triumphalist) interpretations of the advancement of science, which are still prevalent in textbooks.

Science curricula for primary and secondary education in Brazil prescribe addressing the question of *how science arrived at its knowledge*. Teaching what scientific knowledge is implies clearly positioning oneself from a clear meta-scientific perspective (Almeida and Farias, 2011), and this positioning should be explicitly presented during the preparation of those who will teach science. Analysis of the official documents from the two selected careers (Bachelor and Master) highlighted that the concern to incorporate updated, good quality meta-scientific content is not central to them. Both in the degree of prospective science teachers education and in the postgraduate course for physics teaching, curricula relegate the philosophy to a superficial role, of mere accompaniment.

Tables 1 and 2 list the subjects (here divided into elective and compulsory) contained in the in-service teacher education degree analyzed in this study.

Table 1

Compulsory subjects included in the UNIVASF Master's degree.

Subjects	Hours	
	Theoretical	Practical
Thermodynamics and Statistical Mechanics	60	-
Electromagnetism	60	-
Quantum Mechanics	60	-
Contemporary Physics	60	-
The Development of Physics	30	-
Theoretical Foundations of Teaching and Learning	60	-
Assessment of Implementation of Educational Products	30	-

Observation: From MNPEF

Table 2

Elective subjects included in the UNIVASF Master's degree.

Subjects	Hours		
	Theoretical	Practical	
Block A	Computer Activities for Secondary School	60	-
	Experimental Activities for Primary and Secondary School	60	-
Block B	Processes and Sequences of Physics Teaching and Learning in Secondary School	60	-
	A Multi-disciplinary Perspective on Physics in Primary School	60	-

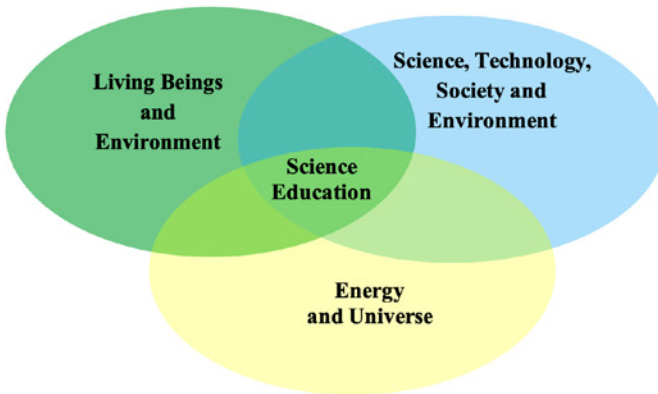
Source: MNPEF

A first look is enough to notice that the proposal for teaching qualification that is discussed here does not contemplate any introductory subject of philosophy of science. In turn, the analysis of the programs and recommended literature of each of the subjects listed in Tables 1 and 2 shows the paucity of content related to meta-theoretical reflection.

In turn, the proposal for pre-service science teacher education (undergraduate degree) studied in this article is organized based on converging thematic axes, as established in Figure 1.

Figure 1

Structuring thematic axes of the UNIVASF Degree.



Observation: Structuring Nucleus of Teaching, Faculty of Natural Sciences, Campus Senhor do Bonfim of UNIVASF.

Through documentary analysis, it is inferred that the philosophy of science somehow impregnates the entire career in a very implicit and indirect way. In some axes, epistemological approaches can be identified with some effort; in others, they are blurred and unrecognizable.

The axis identified as Science, Technology, Society and Environment includes the subjects "Philosophy of Science" and "History of Science"; in their programs, there is a clear intention of approaching logical positivism and its contributions. The first of these subjects list among its content: concept of philosophy of science; the problem of the foundations of science; science at its birth: the Vienna Circle; criteria of scientific demarcation; epistemological implications of the Vienna Circle; scientific realism and anti-realism (UNIVASF, 2017).

In the axis called Science Education, the use of structured debates on philosophical/epistemological issues is explicitly recommended within the program of the subject Psychology of Education and Development (UNIVASF, 2017). Given the orientation of this subject, one would expect that logical positivism would be discussed; however, the suggested literature -strongly situated in the field of learning theories- shows no intention in this sense.

Along the same axis, the subject Didactics of Science includes topics such as the epistemological assumptions on the nature of scientific knowledge in science, and it explicitly mentions the nature of science (UNIVASF, 2017). Bibliographical indications are vague, but it can be considered that this is the privileged space within the entire curriculum to discuss the contributions and legacy of the logical positivistic perspective for science education.

In the complete curricula of the two analyzed careers, the subjects enumerated above are the only curricular spaces where references are made to a study of scientific knowledge from the point of view of its justification and with an analytical perspective that can be related to logical positivism.

Conclusions

The present work sought, through bibliographical research, to answer a question around possible direct and indirect epistemological influences of logical positivism on teacher education in two UNIVASF courses. Results obtained from content analysis of the official documentation of these careers show that there is a very feeble tendency to approach the study of the philosophy of science from its main schools in the 20th century. The curricula of these two careers do not provide teachers with analytical or methodological tools for meta-scientific inspection of the scientific theories to be taught.

In the case of the postgraduate career, it is very unclear where the curriculum suggests establishing among teachers “meta-level” thinking about science. In the case of the undergraduate course, it is prescribed to address elements of the logical positivistic movement in four distinct subjects; but, as it can be inferred from their respective bibliographical lists, the approach is markedly superficial. The fundamental theses of empirio-inductivism are not rescued, nor are they contrasted with more recent deductivist or ampliative reconstructions.

This negative diagnosis that emerges from the analyses that have been carried out to answer the research question formulated above leads to the urgent need to include in science teacher education at UNIVASF some *key epistemological ideas* (Adúriz-Bravo, 2002, 2006, 2007a). Such an inclusion would in turn require equipping teacher trainers, university management and educational technicians with this conceptual framework.

It is well known that in theoretical lessons, problem-solving sections and labs in university science education are still today strongly pervaded by the positivistic tradition (cf. Souza, 2020). This is perhaps the most compelling argument for why science teachers should know the theoretical achievements of the Vienna Circle in their context, critically assess when such achievements were imported into science teaching, and understand the main reasons why this importation impacted and continues to impact the quality of science education and of students’ representations of the nature of science. In the particular case of the careers analyzed here, the subjects of physics, chemistry and biology contained in them operate following paths traced to a great extent by logical positivism. The absence of a historicized meta-theoretical reflection on the scientific practices offered in those subjects can empower teachers’ performance in the classroom. Science teachers should be able to point out to students that scientific research is a complex activity whose theoretical reconstruction has occupied professional philosophers of science for a century.

On the other hand, today there are new purposes and values that emerge, aiming at quality science education for all. Teacher education should be consistent with these new goals, and new epistemological perspectives can help along this line. Tracing a path towards science education for citizenship crucially requires understanding why meta-scientific tools are substantial. It is not just about proposing new “methods” of science teaching, science teachers’ professionalization requires deeply changing the images of science and of scientists that are socially established and “sneak” into the classroom.

Since the 1990s, attempts have been made to highlight the relevance of *knowing about science*: adequately understanding how the scientific activity is carried out, what the validity of its products is, who the people who conduct it are, what influences it receives and exerts on the sociocultural environment, etc. In addition to this, there emerges yet another, more recent “ingredient”: it is now understood that school science has to enable students *for effective action* -science should empower them to actively transform the world. In this new scenario, it is crucial to have some knowledge of the philosophy of science (complemented with content from the history and sociology of science). Recognition of this new curriculum mandate leads to the need to qualify all those involved in the science education process, such as teacher educators, curriculum designers, policy makers or textbook writers.

As pointed out earlier, this review is part of a wider study in progress within a Doctoral program. This entails some limitations: the results that have been here presented are partial and have been only briefly displayed. Discussions contained in this article should necessarily be complemented by other inquiries that are already underway. Those other pieces of research investigate possible conceptual contributions from schools in the philosophy of science that were developed after logical positivism, such as critical rationalism and the new philosophy of science. The aim is to recognize their respective impacts on teacher education.

Another way in which the findings presented here could be strengthened and deepened is to through interviewing UNIVASF teacher educators in an attempt to characterize their understandings of the epistemological foundations of teacher professionalization and their views on how to implement the inclusion of the analytical perspective to study the nature of science.

References

- Acevedo-Díaz, J.A. (2000). Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de educación secundaria en formación inicial. *Bordón*, 52(1), 5-16.
- Adúriz-Bravo, A. (1999). *Elementos de teoría y de campo para un análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias*. Tesis de Maestría. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Adúriz-Bravo, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Adúriz-Bravo, A. (2002). Un modelo para introducir la naturaleza de la ciencia en la formación de los profesores de ciencias. *Pensamiento Educativo*, 30, 315-330.
- Adúriz-Bravo, A. (2004). Apuntes sobre la formación epistemológica de los profesores de ciencias naturales. *Pedagogía y Saberes*, 21, 9-19.
- Adúriz-Bravo, A. (2005a). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Fondo de Cultura Económica.

- Adúriz-Bravo, A. (2005b). ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias?: Una cuestión actual de la investigación didáctica. *Tecné, Episteme y Didaxis*, número extra, 23-33.
- Adúriz-Bravo, A. (2006). La epistemología en la formación de profesores de ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, XVIII(45), 25-36.
- Adúriz-Bravo, A. (2007a). La naturaleza de la ciencia en la formación de profesores de ciencias naturales. In R. Gallego Badillo, R. Pérez Miranda, & L. N. Torres de Gallego (Eds.).
- Adúriz-Bravo, A. (2007b). La naturaleza de la ciencia en la educación científica para todos y todas. *Educación en Ciencias e Ingeniería*, 5(1), 28-36.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518-542.
- Almeida, A.V. de, & Farias, C.R. (2011). A natureza da ciência na formação de professores: Reflexões a partir de um curso de Licenciatura em ciências biológicas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(3), 473-488.
- Artigas, M. (2009). *Filosofía de la ciencia*. Ediciones Universidad de Navarra.
- Bybee, R. (1997). Towards an understanding of scientific literacy. In W. Gräber, & C. Bolte (Eds.), *Scientific Literacy*. IPN.
- Carnap, R. (1981). La superación de la metafísica mediante el análisis lógico del lenguaje. In A.J. Ayer (Ed.), *El positivismo lógico* (pp. 66-87). Fondo de Cultura Económica. (Original en inglés de 1959.)
- Carnap, R., Hahn, H., & Neurath, O. (1986). A concepção científica do mundo: O Círculo de Viena. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 10, 5-20. (Original en alemán de 1929.)
- Castañón, G. (2007). *Introdução à epistemologia*. Editora Pedagógica e Universitária Ltda.
- Cupani, A. (2016). Historia de la ciencia y filosofía de la ciencia: Una difícil relación. *Manuscrito: Revista Internacional de Filosofía*, 25(2), 81-103.
- Duschl, R.A. (1985). Science education and philosophy of science: twenty-five years of mutually exclusive development. *School Science and Mathematics*, 85(7), 541-555.
- Duschl, R.A. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias: Importancia de las teorías y su desarrollo*. Narcea.
- Echeverría, J. (1995). *Filosofía de la ciencia*. Akal.
- Fontoura, H.A., Pereira, E.G.C., & Figueira, S. T. (2020). Formação de professores de Ciências no Brasil e alfabetização científica: Desafios e perspectivas. *Uni-Pluriversidad*, 20(1), 103-126. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.20.1.07>
- Gadea, W.F., Jiménez, R.C.C., & Chaves-Montero, A. (2019). *Epistemología y fundamentos de la investigación científica*. Language Learning Editores.
- Giere, R.N. (1992). *Understanding scientific reasoning*. Holt, Rinehart, Winston.
- Giere, R.N. (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 63-70.
- Gil, A.C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4a edición. Atlas.
- Gil, A.C. (2007). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6a edición. Atlas.
- Godoy, A.S. (1995). Pesquisa qualitativa: Tipos fundamentais. *Revista de Administração de Empresas*, 26(2).

- Grajales, A.A., & Negri, N.J. (2017). *Manual de introducción al pensamiento científico*. Libros de la UNLP.
- Hodson, D. (2009). *Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and values*. Sense Publishers.
- Klimovsky, G. (1994). *Las desventuras del conocimiento científico: Una introducción a la epistemología*. AZ Editores.
- Kraft, V. (1986) *El Círculo de Viena*. Madrid: Taurus Ediciones. (Original alemán de 1950.)
- Lorenzano, P. (2011). *La teorización filosófica sobre la ciencia en el siglo XX (y lo que va del XXI)*. *discus.filos [online]*, 12(19), 131-154.
- Mach, E. (1960). *The science of mechanics*. Open Court. (Original en alemán de 1920.)
- Moulines, C.U. (2006). *La philosophie des sciences: L'invention d'une discipline (fin XIXème – début XXème siècle)*. Ed. Rue d'Ulm/Presses de l'École Normale Supérieure.
- Moulines, C.U. (2011). *El desarrollo moderno de la filosofía de la ciencia (1890-2000)*. Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM. (Original alemán de 2008).
- Matthews, M.R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. Routledge.
- Matthews, M.R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). En: M.S. Khine (Ed.). *Advances in nature of science research: Concepts and methodologies* (pp. 3-26). Springer.
- Nardi, R. (2005). *A área de ensino de Ciências no Brasil: fatores que determinaram sua constituição e suas características segundo pesquisadores brasileiros*. Tese de Livre Docência. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- Pizzani, L. et al. (2012). A arte da pesquisa bibliográfica na busca do conhecimento. *RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, 10(2), 53-66.
- Russell, B. (1956). *Obras escogidas: Tomo I*. Aguilar.
- Sá-Silva, J.R., Almeida, C.D., & Guindani, J.F. (2009). Pesquisa documental: Pistas teóricas e metodológicas. *Revista Brasileira de História e Ciências Sociais*, 1(1).
- Schlick, M. (1979). Experience, cognition, metaphysics. In H. L. Mulder, & B.F.B. van de Velde-Schlick (Eds.), *Moritz Schlick: Philosophical papers*. D. Reidel. (Original en alemán de 1926.)
- Schlick, M. (1981). El viraje de la filosofía. En: A.J. Ayer (Ed.). *El positivismo lógico*. Fondo de Cultura Económica. (Original en inglés de 1959.)
- Souza, D.C. de (2020). O positivismo de Auguste Comte e a educação científica no cenário brasileiro. *Revista REAMEC*, 8(1), 29-42.
- Stadler, F. (2010). *El Círculo de Viena: Empirismo lógico, ciencia, cultura y política*. Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa y Fondo de Cultura Económica. (Original en alemán de 1997.)
- Universidade Federal do Vale do São Francisco [UNIVASF]. (2017). *Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza, Campus Senhor do Bonfim-BA*. <https://portais.univasf.edu.br/ccinat-sbf/ciencias-da-natureza/documentos/PPCCINAT2018.1.pdf>
- Verneaux, R. (1985). *Epistemología general o crítica del conocimiento*. 7a edición. Editora Herder.