



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Diseño estratégico y prospectiva: generación de escenarios futuros de la educación superior en entornos VUCA

Autor: Pablo Lara-Navarra
Directora: Antonia Ferrer-Sapena

Valencia, noviembre 2025

Programa de Doctorado en Industrias de la Comunicación y Culturales

Agradecimientos

La culminación de este trabajo de investigación no habría sido posible sin el apoyo, acompañamiento de los investigadores de Open Future Lab y guía de muchas personas e instituciones a lo largo de este camino.

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi directora de tesis, Antonia Ferrer-Sapena, por su orientación constante, por su paciencia y por haber compartido conmigo su rigor académico y experiencia. Sus enseñanzas han sido fundamentales no solo para el desarrollo de esta investigación, sino también para mi formación personal y profesional. Extiendo este reconocimiento a los profesores y profesoras de la Universitat Oberta de Catalunya y Universitat Politècnica de València, quienes con sus sugerencias, comentarios y aportaciones contribuyeron a enriquecer y consolidar el trabajo aquí presentado.

Deseo también agradecer a mis compañeros y compañeras de los grupos de investigación, GAME y MeL de la UOC y Madphy de la UPV, con quienes compartí largas jornadas de estudio, debates y aprendizajes que hicieron de este proceso una experiencia más humana y enriquecedora. La colaboración, el intercambio de ideas y el apoyo mutuo han sido parte esencial de este recorrido.

De manera muy especial, agradezco a mi familia, que ha sido un pilar inquebrantable en todo momento. Gracias por su cariño, comprensión y por estar presentes en cada etapa, celebrando los pequeños logros y sosteniéndome en los momentos de dificultad. A mis amigos y amigas, les reconozco el haberme brindado palabras de ánimo, espacios de alegría y compañía sincera que me ayudaron a mantener el equilibrio necesario durante este trayecto.

Quiero dedicar un agradecimiento profundo a todas aquellas personas que, de una u otra manera, aportaron con sus gestos, consejos o ejemplo para que este trabajo pudiera ver la luz. Cada palabra de aliento, cada gesto de apoyo y cada muestra de confianza han sido motores invisibles que me impulsaron a seguir adelante hasta alcanzar esta meta.

Resumen

La presente investigación desarrolla y valida un innovador marco metodológico, denominado modelo DeflyCompass, concebido como una herramienta integral para la toma de decisiones estratégicas en entornos VUCA validado en instituciones de educación superior. Este trabajo surge de la necesidad de dotar a dichas organizaciones de capacidades para navegar eficazmente en los entornos contemporáneos, caracterizados por la volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad (VUCA).

El contexto actual, marcado por la inmediatez y la hiperconectividad de la era digital, ha transformado radicalmente los paradigmas de generación de conocimiento y ha dejado obsoletos los enfoques de planificación tradicionales. Ante este panorama, la prospectiva estratégica se erige como una disciplina indispensable que, mediante la combinación de análisis sistemáticos e inteligencia anticipatoria, permite a las organizaciones no solo reaccionar, sino también modelar futuros deseables.

El marco teórico del estudio se articula sobre tres pilares conceptuales integrados de forma novedosa. En primer lugar, se emplea una analogía con la geometría de los conos de luz de la física relativista para cartografiar el espacio de futuros posibles y las restricciones causales de una organización. En segundo lugar, se introduce el Principio de Viabilidad Stakeholder (PVS), un concepto original inspirado en el Principio Antrópico, que postula que los únicos escenarios futuros viables son aquellos compatibles con la existencia, continuidad y capacidades de los actores clave (stakeholders). Finalmente, se desarrolla el concepto de Singularidad Social, definido como un punto de inflexión crítico donde convergen múltiples presiones, dando lugar a transformaciones estructurales en una organización.

La investigación establece el modelo DeflyCompass como un framework robusto, coherente e innovador para la prospectiva estratégica en educación superior. Sus contribuciones son teóricas, al proponer conceptos como el PVS y la Singularidad Social; metodológicas, al desarrollar una herramienta replicable que combina IA y análisis multidimensional; y prácticas, al ofrecer a los gestores universitarios un instrumento concreto para el diagnóstico y el diseño de estrategias adaptativas en entornos VUCA.

La metodología de investigación es de carácter mixto, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas. El modelo DeflyCompass se aplica a través de un proceso iterativo de cuatro fases —Predicción, Emergencia, Consolidación y Escalamiento—. Para su validación empírica, se analizó una muestra de 55 instituciones de educación superior globales reconocidas por sus prácticas innovadoras. Se diseñó una rúbrica con 16 variables organizadas en tres modelos operativos —Formativo, Organizacional y de Servicios— para evaluar la singularidad de cada institución. El análisis se apoyó intensivamente en herramientas de inteligencia artificial para procesar grandes volúmenes de datos, incluyendo IA generativa, procesamiento de lenguaje natural y técnicas cuantitativas como las proyecciones semánticas, que miden el grado en que distintos términos comparten entornos conceptuales.

Los resultados de la investigación validaron empíricamente las tres hipótesis planteadas. Primero, se confirmó la validez y fiabilidad del modelo DeflyCompass para identificar y clasificar singularidades estratégicas (H1). Un análisis de componentes principales (PCA) demostró la robustez del modelo al reducir las 16 variables iniciales a 7 componentes que explican el 80% de la variabilidad de los datos. Las variables con mayor poder discriminante resultaron ser el modelo de evaluación (A3), los recursos de aprendizaje (A5), la estructura organizativa (B3) y los servicios al estudiante (C2), entre otras.

En segundo lugar, se demostró que la integración de prospectiva e inteligencia artificial en el modelo mejora la capacidad de toma de decisiones (H2). Su aplicación en la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) permitió identificar 30 macro tendencias con alto consenso entre expertos a partir del análisis automatizado de 150 documentos académicos y 300 artículos generalistas. Asimismo, un estudio complementario sobre la propagación de narrativas en redes sociales mostró que un modelo bayesiano podía predecir su difusión con un 78% de efectividad, evidenciando la potencia de las herramientas computacionales integradas.

Finalmente, el estudio validó la existencia de tipologías de singularidad diferenciadas (H3). Mediante un análisis de clustering k-means, se identificaron cuatro perfiles institucionales distintos: un Grupo de Excelencia, con fortaleza en el modelo organizacional; un Grupo de Alta Singularidad, destacado en el modelo de servicios; un Grupo Estándar-Singularidad, que representa el perfil más común; y un Grupo de Baja Singularidad. Este hallazgo confirma que las instituciones innovan de maneras diversas y proporciona un marco para el benchmarking estratégico.

Resum

La present investigació doctoral desenvolupa i valida un innovador marc metodològic, denominat model DeflyCompass, concebut com una eina integral per a la presa de decisions estratègiques en entorns VUCA validat en institucions d'educació superior. Aquest treball sorgeix de la necessitat de dotar aquestes organitzacions de les capacitats necessàries per a navegar eficaçment en els entorns contemporanis, caracteritzats per la volatilitat, la incertesa, la complexitat i l'ambigüitat (VUCA). El context actual, marcat per la immediatesa i la hiperconnectivitat de l'era digital, ha transformat radicalment els paradigmes de generació de coneixement i ha deixat obsolets els enfocaments de planificació tradicionals. Davant d'aquest panorama, la prospectiva estratègica s'erigeix com una disciplina indispensable que, mitjançant la combinació d'anàlisis sistemàtiques i intel·ligència anticipatòria, permet a les organitzacions no sols reaccionar, sinó també modelar futurs desitjables.

El marc teòric de l'estudi s'articula sobre tres pilars conceptuals integrats de manera innovadora. En primer lloc, s'empra una analogia amb la geometria dels cons de llum de la física relativista per a cartografiar l'espai de futurs possibles i les restriccions causals d'una organització. En segon lloc, s'introdueix el Principi de Viabilitat de l'Stakeholder (PVS), un concepte original inspirat en el Principi Antròpic, que postula que els únics escenaris futurs viables són aquells compatibles amb l'existència, la continuïtat i les capacitats dels actors clau (*stakeholders*). Finalment, es desenvolupa el concepte de Singularitat Social, definit com un punt d'inflexió crític on convergeixen múltiples pressions, donant lloc a transformacions estructurals en una organització.

La investigació estableix el model DeflyCompass com un framework robust, coherent i innovador per a la prospectiva estratègica en educació superior. Les seues contribucions són teòriques, en proposar conceptes com el PVS i la Singularitat Social; metodològiques, en desenvolupar una eina replicable que combina IA i anàlisi multidimensional; i pràctiques, en oferir als gestors universitaris un instrument concret per al diagnòstic i el disseny d'estratègies adaptatives en entorns VUCA.

La metodologia d'investigació és de caràcter mixt, combinant tècniques qualitatives i quantitatives. El model DeflyCompass s'aplica a través d'un procés iteratiu de quatre fases — Predicció, Emergència, Consolidació i Escalat—. Per a la seua validació empírica, es va analitzar una mostra de 55 institucions d'educació superior globals reconegudes per les seues pràctiques innovadores. Es va dissenyar una rúbrica amb 16 variables organitzades en tres models operatius —Formatiu, Organitzacional i de Serveis— per a avaluar la singularitat de cada institució. L'anàlisi es va recolzar intensivament en eines d'intel·ligència artificial per a processar grans volums de dades, incloent-hi IA generativa, processament de llenguatge natural i tècniques quantitatives com les projeccions semàntiques, que mesuren el grau en què diferents termes comparteixen entorns conceptuals.

Els resultats de la investigació van validar empíricament les tres hipòtesis plantejades. Primer, es va confirmar la validesa i fiabilitat del model DeflyCompass per a identificar i classificar singularitats estratègiques (H1). Una anàlisi de components principals (ACP) va demostrar la robustesa del model en reduir les 16 variables inicials a 7 components que expliquen el 80% de la variabilitat de les dades. Les variables amb major poder discriminant van resultar ser el model d'avaluació (A3), els recursos d'aprenentatge (A5), l'estructura organitzativa (B3) i els serveis a l'estudiant (C2), entre altres.

En segon lloc, es va demostrar que la integració de prospectiva i intel·ligència artificial en el model millora la capacitat de presa de decisions (H2). La seua aplicació a la Pontifícia Universitat Catòlica del Perú (PUCP) va permetre identificar 30 macro tendències amb un alt consens entre experts a partir de l'anàlisi automatitzada de 150 documents acadèmics i 300 articles generalistes. Així mateix, un estudi complementari sobre la propagació de narratives en xarxes socials va mostrar que un model bayesià podia predir-ne la difusió amb un 78% d'efectivitat, evidenciant la potència de les eines computacionals integrades.

Finalment, l'estudi va validar l'existència de tipologies de singularitat diferenciades (H3). Mitjançant una anàlisi de clústers k-mitjanes, es van identificar quatre perfils institucionals diferents: un Grup d'Excel·lència, amb fortalesa en el model organitzacional; un Grup d'Alta Singularitat, destacat en el model de serveis; un Grup Estàndard-Singularitat, que representa el perfil més comú; i un Grup de Baixa Singularitat. Aquesta troballa confirma que les institucions innoven de maneres diverses i proporciona un marc per al *benchmarking* estratègic.

Abstract

This doctoral research develops and validates an innovative methodological framework, named the DeflyCompass model, designed as a comprehensive tool for strategic decision-making in VUCA context for higher education institutions (HEIs). The study is grounded in the imperative for these organizations to navigate contemporary environments characterized by volatility, uncertainty, complexity, and ambiguity (VUCA). The current context, defined by the immediacy and hyperconnectivity of the digital age, has radically transformed knowledge-generation paradigms, rendering traditional planning approaches insufficient. In this landscape, strategic foresight emerges as an indispensable discipline that enables organizations not only to react to change but also to proactively shape desirable futures through a combination of systematic analysis and anticipatory intelligence.

The theoretical framework of the study is built upon three novel integrated conceptual pillars. First, it employs an analogy with the geometry of light cones from relativistic physics to map an organization's space of possible futures and its causal constraints. Second, it introduces the Stakeholder Viability Principle (SVP), an original concept inspired by the Anthropic Principle, which posits that the only viable future scenarios are those compatible with the existence, continuity, and capabilities of key stakeholders. Finally, it develops the concept of Social Singularity, defined as a critical inflection point where multiple pressures converge, leading to significant structural transformations within an organization.

This research establishes the DeflyCompass model as a robust, coherent, and innovative framework for strategic foresight in higher education. Its contributions are theoretical, through the proposal of concepts like the SVP and Social Singularity; methodological, by developing a replicable tool that combines AI and multidimensional analysis; and practical, by offering university managers a concrete instrument for diagnosis and the design of adaptive strategies in VUCA environments.

The research methodology is mixed, combining qualitative and quantitative techniques. The DeflyCompass model is applied through a four-phase iterative process: Prediction, Emergence, Consolidation, and Scaling. For its empirical validation, a sample of 55 global HEIs recognized for their innovative practices was analyzed. A rubric with 16 variables—organized into three operational models (Formative, Organizational, and Service)—was designed to assess the singularity of each institution. The analysis heavily utilized artificial intelligence tools for processing large volumes of data, including generative AI, natural language processing, and quantitative techniques such as semantic projections, which measure the degree to which different terms share conceptual environments.

The research findings empirically validated the three main hypotheses. First, the validity and reliability of the DeflyCompass model for identifying and classifying strategic singularities were confirmed (H1). A Principal Component Analysis (PCA) demonstrated the model's robustness by reducing the initial 16 variables to 7 principal components that explain 80% of the data's variability. The variables with the highest discriminatory power included the evaluation model (A3), learning resources (A5), organizational structure (B3), and student services (C2), among others.

Second, the study demonstrated that integrating foresight and artificial intelligence into the model enhances strategic decision-making capabilities (H2). Its application at the Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) led to the identification of 30 macro-trends with high expert consensus, derived from the automated analysis of 150 academic papers and 300 generalist articles. Furthermore, a complementary study on public opinion dynamics showed that a Bayesian model could predict the spread of biased narratives on social media with 78% effectiveness, highlighting the power of the integrated computational tools.

Finally, the study validated the existence of differentiated typologies of institutional singularity (H3). Through a k-means clustering analysis, four distinct institutional profiles were identified: an Excellence Group, with strength in the Organizational Model (e.g., DigiPen Institute of Technology); a High-Singularity Group, excelling in the Service Model (e.g., The Open University); a Standard-Singularity Group, representing the most common profile; and a Low-Singularity Group. This finding confirms that institutions innovate in diverse ways and provides a framework for strategic benchmarking.

Índice.

Preámbulo	1 pg.
1.Introducción	3 pg.
1.2. Marcos conceptuales era digital: inmediatez y conectividad	3 pg.
1.3. Revoluciones industriales y entornos VUCA	5 pg.
1.3.1. Contexto: VUCA en la era de las revoluciones industriales	6 pg.
1.3.2. Industria 4.0: elementos tecnológicos, organizacionales y sociales en entornos VUCA	6 pg.
1.3.3. Industria 5.0: hacia entornos más resilientes y humanizados	7 pg.
1.3.4. Inmediatez en la toma de decisiones: ¿la respuesta clave en entornos VUCA?	9 pg.
2. Justificación y Objetivos de la Investigación	13 pg.
2.1. Objetivos de la investigación	13 pg.
2.2. Hipótesis de investigación	14 pg.
2.3. Contribuciones esperadas	14 pg.
3. Contexto Teórico	15 pg.
3.1. Marco epistemológico conceptual	15 pg.
3.1.1. Fenómenos VUCA intrínsecos	15 pg.
3.1.2. Fenómenos VUCA influenciados	16 pg.
3.1.3. Fenómenos VUCA amplificados	16 pg.
3.1.4. Fenómenos VUCA causados: decisiones humanas como <i>drivers</i> directos	17 pg.
3.1.5. Reflexión integradora epistemológica	18 pg.
3.2. Prospectiva estratégica y estudios de futuro en contextos VUCA: Evolución, metodologías y enfoque en educación	19 pg.
3.2.1. Evolución histórica de la prospectiva y los estudios de futuro	19 pg.
3.2.2. Enfoques y metodologías de la prospectiva estratégica	20 pg.
3.2.3. Aplicaciones sectoriales de la prospectiva en entornos VUCA	21 pg.
3.2.4. Prospectiva y futuros en el campo de la educación	22 pg.
3.3. Propuesta metodológica de generación de Escenarios de Futuro en entornos VUCA.	23 pg.
3.3.1. Contexto modelización DeflyCompass	25 pg.
3.3.2. Elementos clave del modelo DeflyCompass	26 pg.
3.3.3. Limitaciones y alcance de las analogías heurísticas propuestas	31 pg.
3.3.4. Aporte metodológico: El modelo DeflyCompass	32 pg.
4. Publicaciones	35 pg.
4.1. Artículo Redefiniendo la configuración de la opinión pública en la era digital: análisis computacional de dinámicas mediáticas y sociales.	35 pg.
4.2. Artículo: Singularity in higher education: Methods for detection and classification	53 pg.
4.3. Artículo: Explorando la singularidad en la educación superior: innovar para adaptarse a un futuro incierto	81 pg.
4.4. Artículo: The future of higher education: Trends, challenges and opportunities in AI-Driven lifelong learning in Peru	99 pg.
5. Discusión	121 pg.
6. Limitaciones y Consideraciones Futuras	127 pg.
7. Conclusiones	129 pg.
8. Bibliografía	133 pg.

Preámbulo.

Narrando el viaje hacia la anticipación estratégica en entornos VUCA

En julio de 2024, un inesperado colapso global en un servicio digital central paralizó durante horas a millones de usuarios, afectando desde empresas y hospitales hasta familias enteras. Este apagón, originado por una falla crítica en la infraestructura digital, interrumpió servicios esenciales —desde plataformas de mensajería y sistemas bancarios hasta redes educativas— evidenciando la dependencia tecnológica que sostiene la vida cotidiana en el siglo XXI. La magnitud de este evento puso al descubierto la fragilidad de sistemas interconectados y planteó una pregunta: ¿qué ocurre cuando la infraestructura que da soporte a la sociedad falla o se enfrenta a lo imprevisible? Esta experiencia pone de manifiesto las limitaciones en la operatividad inmediata, la capacidad a largo plazo para anticipar y navegar en un mundo dominado por la volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad.

Este incidente sirve como metáfora del desafío que enfrenta la sociedad: la velocidad y el volumen de la información crecen exponencialmente, pero la capacidad humana y organizacional para procesar y actuar de forma efectiva sobre estos datos no sigue el ritmo. La interdependencia tecnológica, que ha revolucionado la transmisión de información desde los primeros días de ARPANET hasta las infraestructuras cuánticas, trasciende el ámbito técnico para transformar profundamente ámbitos clave como la economía, la política, el mercado laboral y —con especial relevancia para esta investigación— la educación superior. Las universidades, motoras del conocimiento crítico y generadoras de competencias para el futuro, se ven ante la necesidad apremiante de reinventar sus paradigmas formativos: incorporar habilidades digitales avanzadas, fortalecer la adaptación al cambio constante y gestionar en tiempo real el crecimiento exponencial del universo digital, todo dentro de un ambiente VUCA.

Sin embargo, no basta con tecnificar el acceso a la información. Numerosos estudios recientes, como los de Gudivada et al. (2019) y Neophytou et al. (2021), confirman que la sobrecarga informativa afecta la memoria, el bienestar mental y la calidad de la toma de decisiones. En el ámbito universitario, la saturación de datos no es solo un problema operativo, sino un reto estratégico que demanda enfoques innovadores para filtrar, priorizar y anticipar ante un caudal creciente y complejo. Aquí es donde la prospectiva estratégica emerge como respuesta indispensable. Esta disciplina integradora, que combina análisis sistemáticos, promueve una inteligencia anticipatoria que permite no sólo reaccionar, sino modelar creativamente futuros deseables. Organizaciones como Shell, Siemens o Apple ejemplifican cómo esta aproximación puede convertir la incertidumbre en una ventaja competitiva y una fuente de resiliencia.

Como aporte original para fortalecer esta línea, esta investigación propone el modelo DeflyCompass, una matriz conceptual que integra de manera innovadora los ejes temporales —pasado, presente y futuro— con categorías prospectivas —potenciales, antrópicamente compatibles, proyectados y preferibles—, reconociendo explícitamente los límites informacionales y computacionales a la hora de construir escenarios. Este modelo permite a individuos y organizaciones navegar la compleja “topografía de lo posible” bajo condiciones de incertidumbre estructural y cognitiva, facilitando decisiones robustas y adaptativas.

El método DeflyCompass se valida mediante casos prácticos en ámbitos corporativos y educativos, demostrando su valor predictivo y estratégico. En particular, en la educación superior, este enfoque prospectivo no solo guía la planificación curricular ágil y la incorporación tecnológica, sino que potencia la formación de profesionales capaces de enfrentar y transformar escenarios complejos y cambiantes. Esta tesis invita, por tanto, a recorrer un camino que parte de la experiencia vívida de vulnerabilidad tecnológica, transita por un análisis histórico y conceptual de los cambios disruptivos, y culmina en el diseño y aplicación de herramientas innovadoras para anticipar y liderar el futuro en entornos que exigen nuevos modos de pensar y actuar.

Capítulo 1. Introducción.

En un mundo globalizado e hiperconectado, el intercambio y procesamiento de datos ocurre a velocidades sin precedentes. La forma en que transmitimos información, generamos conocimiento y tomamos decisiones ha cambiado radicalmente. Esta afirmación se sustenta en el estudio de la evolución de las infraestructuras de comunicación desde el inicio de la transmisión de datos en Internet. A inicios de ARPANET, la conmutación de paquetes para enviar información entre nodos era a velocidades de 50 kbps, hasta la adopción del protocolo TCP/IP en los años 80, que permitió una interoperabilidad global y aumentó las velocidades hasta 1.5 Mbps. Con la World Wide Web en 1991, Internet se volvió accesible al público y la transmisión de datos se realizaba principalmente por líneas telefónicas con velocidades de 56 kbps. A finales de esa década, tecnologías como ADSL y cable módem permitieron alcanzar velocidades de hasta 1 Mbps.

La adopción masiva de ADSL, Wi-Fi y 3G marcó un nuevo hito donde la transmisión de datos alcanzó los 10 Mbps, y los dispositivos móviles comenzaron a acceder a Internet de forma ubicua, lo que impulsó el auge del streaming y las redes sociales. Posteriormente, con la llegada de 4G LTE y la expansión de la fibra óptica, las velocidades superaron los 100 Mbps, y tecnologías como IPv6, CDNs y Wi-Fi 5 mejoraron significativamente la eficiencia de la transmisión. El tráfico de datos se multiplicó con la popularización del video en 4K y los servicios en la nube. La transmisión de datos mediante tecnologías como 5G ofrece velocidades de hasta 10 Gbps y latencias menores a 1 ms y la fibra óptica, que permite conexiones domésticas de 1 a 10 Gbps.

Esta aceleración tecnológica no solo ha reconfigurado la infraestructura digital, sino que ha propiciado una transformación estructural que trasciende el ámbito tecnológico, impactando de lleno en otras disciplinas como la información y la comunicación, propias de esta investigación. Su impacto se manifiesta de manera transversal en disciplinas como la economía, la psicología, la ciencia política y el derecho, entre otras, donde el acceso inmediato a datos y su procesamiento en tiempo real se han convertido en condiciones fundamentales para la toma de decisiones. En estos contextos, la velocidad con la que circula la información no solo redefine los flujos comunicativos, sino que también altera los marcos epistemológicos y operativos sobre los cuales se construyen las acciones individuales e institucionales.

La capacidad de gestionar grandes volúmenes de datos en tiempo real ha superado los límites del procesamiento humano, generando una sobrecarga cognitiva que obliga a tomar decisiones con rapidez y, a menudo, bajo presión. Estudios académicos respaldan esta transformación. Por ejemplo, Gudivada et al. (2019) destacan cómo los sistemas computacionales permiten tomar decisiones en tiempo real mediante el procesamiento paralelo de grandes volúmenes de datos, lo que puede generar múltiples hipótesis y respuestas en entornos de alta incertidumbre. Por otro lado, Neophytou, Manwell y Eikelboom (2021) advierten que la sobreexposición a estímulos digitales puede afectar negativamente la memoria, el aprendizaje y la salud mental, especialmente en jóvenes y adultos hiperconectados. Finalmente, Skulmowski y Xu (2022) explican que el diseño de entornos digitales puede inducir una carga cognitiva extrínseca que interfiere con el aprendizaje y la toma de decisiones informadas, incluso cuando se utilizan tecnologías motivadoras o inmersivas.

Aunque estos hechos no son completamente novedosos. A lo largo de la historia moderna, han surgido tecnologías que han transformado la forma en que accedemos y compartimos información, haciéndola más democrática, rápida, ágil, masiva y accesible. Ejemplos notables como la imprenta, que permitió la reproducción masiva del conocimiento; la radio y la televisión, que democratizaron el acceso a la información en tiempo real; y el teléfono móvil, que introdujo la comunicación personal portátil.

Sin embargo, lo que pretende distinguir esta investigación y abrir un nuevo marco epistemológico en la era digital actual es la inmediatez: la capacidad de transmitir, recibir y procesar información en milisegundos para tomar decisiones en tiempo real. Esta velocidad transforma profundamente la forma en que pensamos, aprendemos y decidimos. A diferencia de medios anteriores como la radio o la televisión, que ofrecían inmediatez unidireccional, la comunicación digital actual es bidireccional, ubicua y asincrónica, lo que permite una interacción constante entre múltiples actores en tiempo real. Según Strauss, Harr y Pieper (2024), esta transformación ha creado un nuevo espacio comunicativo digital que elimina las barreras físicas y temporales, y ha dado lugar a estructuras sociales basadas en redes altamente conectadas (Amedie, 2015; Berners-Lee, 2017; Blasco, 2021; Zunino et al., 2022)

Este entorno hiperconectado redefine la forma en que se construye y se interpreta el significado entre interlocutores (Lara-Navarra, et al., 2025). Además, la inmediatez digital ha generado un cambio de paradigma en la atribución de valor a la información: ya no se prioriza solo la profundidad o la veracidad, sino también la rapidez con la que se accede y se responde (Lara-Navarra, et al., 2025). Esto tiene implicaciones directas en la toma de decisiones, especialmente en contextos donde el tiempo es un factor crítico, como la medicina, la seguridad o los mercados financieros.

La evolución tecnológica, los fenómenos socioeconómicos disruptivos y las crisis globales recientes han puesto de manifiesto que los enfoques tradicionales de planificación estratégica no son suficientes para abordar los desafíos actuales. Este entorno VUCA exige una capacidad excepcional de adaptación, resiliencia e innovación estratégica para asegurar la sostenibilidad y eficacia institucional, en línea con los enfoques de Manetti et al. (2022) y, quienes subrayan la importancia de la flexibilidad y la anticipación en la educación superior (Lara Navarra, et al., 2024; Lara Navarra, et al., 2025).

1.1. Marcos conceptuales era digital: inmediatez y conectividad.

En la actual era digital, marcada por la inmediatez y la hiperconectividad, el marco epistemológico que sostiene la producción y la validación del conocimiento se ha transformado de manera sustantiva. Este marco alude al conjunto de supuestos teóricos, metodológicos y ontológicos que orientan cómo se genera, valida y utiliza el conocimiento en entornos acelerados donde la información circula a gran velocidad y en volúmenes masivos (Castells, 2010; Kitchin, 2014; van Dijck, Poell y de Waal, 2018).

Rasgos principales del nuevo marco:

- **Naturaleza del conocimiento.** El conocimiento se concibe como dinámico, distribuido y contextual, ensamblado en tiempo real sobre flujos de datos digitales. Esta visión se apoya en tradiciones como la cognición distribuida y los estudios de culturas epistémicas (Hutchins, 1995; Knorr-Cetina, 1999), así como en la filosofía de la ciencia de datos y la biología centrada en datos (Hutchins, 1995; Knorr-Cetina, 1999; Leonelli, 2016; Leonelli & Tempini, 2020).
- **Fuentes de conocimiento.** Se amplían más allá de los expertos tradicionales para incluir plataformas digitales, algoritmos, redes sociales y sistemas automatizados. La sociedad-plataforma describe cómo la intermediación algorítmica y los modelos de negocio reconfiguran esferas públicas y sectores clave (van Dijck et al., 2018) y cómo los algoritmos definen relevancia y visibilidad (Gillespie, 2014; van Dijck et al., 2018; Lara Navarra et al., 2025).
- **Procesos de validación.** La velocidad de circulación tensiona los mecanismos clásicos de revisión y verificación. Emergen legitimaciones apoyadas en interacción, trazabilidad y viralidad, donde la procedencia se formaliza con estándares como W3C PROV, y los indicadores alternativos (*altmetrics*) capturan atención y difusión (Missier et al., 2013; Thelwall et al., 2013; Ananny & Crawford, 2018).

- Sujetos creadores de información. El individuo deja de ser el único agente la IA y sistemas colaborativos coproducen conocimiento. La inteligencia híbrida plantea ensamblajes socio-técnicos humanos-máquinas (Dellermann et al., 2019), mientras la IA propone marcos para mantener control humano con alta automatización (Shneiderman, 2022); a la vez, se discute el alcance y los límites epistémicos de modelos fundacionales (Dellermann et al., 2019; Shneiderman, 2022; Floridi & Chiriatti, 2020).
- Obsolescencia de la información. La información se vuelve efímera y contextualmente válida, lo que exige decisiones adaptativas en tiempo real. La literatura de minería y aprendizaje en flujos muestra cómo los modelos deben actualizarse continuamente (Gama et al., 2014; Bifet y Gavaldà, 2009; Bifet et al., 2018); además, la dinámica de atención colectiva explica picos y decaimientos rápidos de interés (Gama et al., 2014; Bifet & Gavaldà, 2009; Bifet et al., 2018; Wu & Huberman, 2007).

Este marco se afianza al considerar el entorno VUCA propio de los sistemas digitales contemporáneos, donde:

- Volatilidad. Cambios rápidos y discontinuos vuelven efímeros determinados hechos, exigiendo epistemologías flexibles y trazables (Kitchin, 2014; Missier et al., 2013).
- Incertidumbre. La sobreabundancia y la velocidad dificultan la verificación rigurosa, abriendo espacio a métricas alternativas y a diseños de explicabilidad y rendición de cuentas (Thelwall et al., 2013; Ananny y Crawford, 2018).
- Complejidad. Redes socio-técnicas interconectadas, con actores humanos y no humanos, requieren enfoques sistémicos y no lineales (Castells, 2010; van Dijck et al., 2018).
- Ambigüedad. La interpretación depende del contexto, el algoritmo y el usuario; la objetividad situada y la pluralidad de significados se vuelven centrales (Haraway, 1988; Gillespie, 2014).

En conjunto, el entorno digital desplaza el énfasis desde la estabilidad y acumulación hacia modelos dinámicos, adaptativos y situados de conocimiento. Comprender esta mutación resulta clave para analizar críticamente cómo producimos evidencia y cómo decidimos en la sociedad de plataformas y datos (Leonelli, 2016; Kitchin, 2014; van Dijck et al., 2018).

1.2. Revoluciones Industriales y entornos VUCA.

Originalmente, el concepto VUCA se desarrolló en el contexto militar de la Guerra Fría para describir escenarios de alta incertidumbre y complejidad en asuntos globales. Con el tiempo, su aplicación se extendió al ámbito empresarial y organizacional, destacando la necesidad de gestionar de forma proactiva y estratégica los entornos cada vez más impredecibles y dinámicos. En este sentido, la literatura reciente enfatiza la urgencia de adoptar marcos adaptativos y colaborativos para afrontar estos desafíos (Burcu et al., 2022, Farah et al., 2025, Atanassova et al., 2025).

Los contextos VUCA generan desafíos en todos los ámbitos de la sociedad y, específicos, en sectores críticos como la comunicación y la educación superior. La necesidad de marcos estratégicos flexibles y anticipativos se vuelve evidente ante las limitaciones que presentan los enfoques convencionales en la gestión estratégica frente a estos escenarios cambiantes. La adaptabilidad institucional y la innovación continua son condiciones indispensables para navegar estos entornos.

(Yawson y Osafo-Yawson, 2024; Umbach, 2024; Muzembe y Kolyada, 2025; Farah et al., 2025).

1.2.1. Contexto: VUCA en la era de las revoluciones industriales.

En un mundo VUCA, los cambios son rápidos y dinámicos, el futuro es difícil de predecir, los sistemas presentan múltiples interdependencias sin relaciones causa-efecto claras, y resulta arduo interpretar la realidad con precisión. Estos factores no son nuevos, pero la modernidad –marcada por la globalización, la comunicación instantánea y la digitalización– los ha amplificado (Lara-Navarra, et al, 2025). Las herramientas y estructuras tradicionales se muestran insuficientes; por ejemplo, los estilos de gestión rígidos pierden eficacia ante un entorno tan cambiante. (Sunstein y Vermeule, 2009; Cabezuelo-Lorenzo y Manfredi, 2019; Pennycook y Rand, 2021)

Conceptos como VUCA se mantienen vigentes para explicar la aceleración tecnológica exponencial y la globalización. Frente a este contexto, las organizaciones deben replantear sus estrategias. Las revoluciones industriales recientes –la Cuarta (Industria 4.0) y la emergente Quinta (Industria 5.0)– incorporan elementos tecnológicos, organizacionales y sociales que inciden directamente en los componentes VUCA. A continuación, se investigan dichos elementos y cómo contribuyen a la volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad del entorno. Asimismo, se revisa literatura científica reciente sobre la hipótesis de que la inmediatez en la toma de decisiones es el factor más importante para responder eficazmente en entornos VUCA.

1.2.2. Industria 4.0: elementos tecnológicos, organizacionales y sociales en entornos VUCA.

La Cuarta Revolución Industrial (Industria 4.0) se caracteriza por la convergencia de lo físico, lo digital y lo biológico a través de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), la robótica avanzada, el big data, analítica de datos, la computación en la nube y la impresión 3D, entre otras (Schwab, 2016). Estas innovaciones habilitan la automatización inteligente, las fábricas conectadas basadas en sistemas ciber-físicos y niveles sin precedentes de personalización de productos y servicios (Oks et al., 2024; Javaid et al., 2023).

En el plano organizacional, Industria 4.0 impulsa la transformación digital con la consolidación de modelos de negocio de plataforma, cadenas de suministro con visibilidad de extremo a extremo y estructuras más ágiles y multidisciplinarias (Castelo-Branco et al., 2019; Vial, 2019). La hibridación de datos procedentes de sensores, equipos y sistemas conectados favorece el diagnóstico en tiempo real, la toma de decisiones basada en datos y la resiliencia (Ivanov & Dolgui, 2020).

En el plano social, la digitalización reconfigura el mercado laboral y las competencias requeridas, elevando la demanda de habilidades técnicas y transversales (Ojan et al., 2025) para entornos ciber-físicos, y expandiendo modalidades de trabajo en red, teletrabajo y colaboración en ecosistemas globales (Saniuk et al., 2022; Ciolacu et al., 2017). Estas transformaciones abren oportunidades, pero también tensiones vinculadas a la sustitución de tareas y a la redistribución de cualificaciones.

En el foco VUCA, la Industria 4.0 tiende a acentuar la volatilidad, aumenta el ritmo de innovación que acorta los ciclos de vida de productos y eleva la turbulencia competitiva. No obstante, capacidades como gemelos digitales, monitorización IoT y analítica avanzada permiten reconfigurar procesos con rapidez y amortiguar disrupciones (Ivanov & Dolgui, 2020; Castelo-Branco et al., 2019). La incertidumbre se incrementa por la continua aparición de tecnologías y modelos de negocio; al mismo tiempo, la analítica en tiempo real y la integración IoT mejoran la anticipación de cambios y shocks (Vial, 2019; Ivanov & Dolgui, 2020). La complejidad crece al integrarse múltiples dispositivos, plataformas y flujos de datos interconectados globalmente, dificultando relaciones causa-efecto estables; paradójicamente, las propias herramientas 4.0 (visibilidad extremo-a-extremo, trazabilidad y analítica) ayudan a gestionar esa complejidad (Oks et al., 2024; Vial, 2019). Por último, la ambigüedad se ve modulada por la IA: puede reducirla al clarificar patrones, pero también incrementarla cuando introduce modelos opacos. De ahí la relevancia de enfoques interpretables y

de explicabilidad (XAI) en contextos industriales de alto impacto (Rudin, 2019; Lepore et al., 2022; Sofianidis et al., 2023).

Los elementos de Industria 4.0 amplifican la volatilidad y la complejidad en el corto plazo, pero proveen contramedidas —datos, automatización, conectividad e interpretabilidad— que, combinadas con capacidades organizativas (agilidad, aprendizaje continuo, integración TI-negocio), permiten disminuir la incertidumbre y gobernar la ambigüedad a medida que madura la adopción tecnológica (Vial, 2019; Ivanov & Dolgui, 2020; Castelo-Branco et al., 2019).

1.2.3. Industria 5.0: hacia entornos más resilientes y humanizados.

La Quinta Revolución Industrial (Industria 5.0) surge como respuesta y complemento a la 4.0, poniendo énfasis en la colaboración eficiente entre humanos y máquinas, la centralidad del ser humano y la sostenibilidad (Breque et al., 2021; Gamberini & Pluchino, 2024). Mientras la Industria 4.0 se enfocó en la digitalización extensiva y la autonomía de las máquinas, Industria 5.0 busca integrar tecnología innovadora con los actores humanos, en una aproximación más orientada a valores que meramente centrada en la tecnología (Xu et al., 2021; Nahavandi, 2019).

La Comisión Europea define Industria 5.0 como una visión en la que la producción no solo es digitalizada, sino también resiliente, sostenible y humanocéntrica (Breque et al., 2021). En la práctica, esto implica fábricas inteligentes donde robots colaborativos (*cobots*) y trabajadores humanos laboran en equipo, combinando la capacidad de cómputo y precisión de la IA con la creatividad, inteligencia contextual y ética humana (Faccio et al., 2023; Huang et al., 2022; Pluchino et al., 2023). Tecnológicamente, se aprovechan las mismas bases de la 4.0 (IA, IoT, robótica avanzada, *big data*), pero con el objetivo de co-crear soluciones y mantener al humano "en el circuito" de decisión, empoderándolo (Tóth et al., 2023). Por ejemplo, se desarrollan metodologías de optimización (*human-in-the-loop*) para que las personas conserven control sobre sistemas automatizados (Tóth et al., 2023; Dehbozorgi et al., 2024).

Organizacionalmente, la Industria 5.0 promueve empresas más resilientes y adaptables, revalorizando al empleado y su talento (Leng et al., 2022; Xu et al., 2021). Se habla de poner al trabajador en el centro del diseño de los sistemas 4.0, de modo que la introducción de tecnología incremente su empoderamiento en lugar de desplazarlo (Grabowska et al., 2022; Saniuk & Grabowska, 2023). Modelos de negocio de valor compartido y foco en problemas globales (p.ej., cambio climático, salud pública) también son parte de la industria 5.0 (Banholzer, 2022; Patil et al., 2022).

Socialmente, la Quinta Revolución Industrial busca equilibrar el progreso económico con el bienestar social y ambiental - concepto de Sociedad 5.0 - (Cabinet Office of Japan, 2016; Wang, 2024). Se promueve una producción sostenible y centrada en la persona, atendiendo desafíos como la huella ambiental de la industria 4.0 o el desempleo tecnológico (Adel, 2022; Sindhvani et al., 2022). La Industria 5.0 se presenta como una evolución humanizadora de la 4.0: personalización de productos, colaboración hombre-máquina, preocupación por la ética e inclusión en la adopción de IA, y una visión más holística del papel de la tecnología en la sociedad (Jiménez-Partearroyo et al., 2023; Østergaard, 2018).

Los elementos de Industria 5.0 tienden en general a mitigar algunos aspectos del entorno VUCA, aunque también introducen nuevos retos (Rame et al., 2024; Gamberini & Pluchino, 2024).

En cuanto a volatilidad, la apuesta por la resiliencia significa que las empresas buscan ser menos vulnerables a cambios bruscos (Breque et al., 2021; Xu et al., 2021). Por ejemplo, aumentar la capacidad de adaptación es un beneficio clave atribuido a la Industria 5.0: se espera que las organizaciones 5.0 sean más resilientes, capaces de recuperarse ante crisis económicas u otras adversidades (Huang et al., 2022; Leng et al., 2022). Esto sugiere que, aunque la volatilidad externa

no desaparece, los shocks ocurren, las estructuras 5.0 están mejor preparadas para absorberlos sin colapsar, amortiguando el impacto.

Adicionalmente, la integración de IA en la planificación permite simular escenarios y resolver problemas complejos rápidamente, lo cual ayuda a anticipar cambios inesperados (Xu et al., 2021; Maddikunta et al., 2022). Un estudio señala que Industria 5.0 construye un marco para resolver problemas complejos con menos intervención humana, combinando poder computacional y colaboración humano-robot para responder con eficiencia en este mundo volátil e incierto (Rahman et al., 2024).

En el plano de la incertidumbre, la Industria 5.0 enfatiza la información y la inteligencia aumentada para reducir la opacidad (Tóth et al., 2023). La colaboración humano-IA puede mejorar la interpretación de datos ambiguos gracias al juicio humano, a la vez que la IA procesa ingentes volúmenes de información para detectar señales débiles (Dehbozorgi et al., 2024). Paradójicamente, surgen también nuevas incertidumbres, por ejemplo, en torno a la regulación y ética de la IA (¿cómo garantizar que estas tecnologías sean inclusivas y fiables?) (Nahavandi, 2019; Akundi et al., 2022).

Sin embargo, la filosofía 5.0 busca abordar proactivamente esas incertidumbres: involucra a múltiples stakeholders (empleados, sociedad civil, gobiernos) para construir confianza en el uso de la tecnología (Grabowska et al., 2022). Al alinear la innovación con valores humanitarios y sostenibles, se busca generar mayor claridad de propósito en las organizaciones, lo cual contrarresta la incertidumbre estratégica (Banholzer, 2022). Un enfoque centrado en valores compartidos puede dar "visión" y dirección estratégica en medio de la volatilidad, ayudando a navegar la incertidumbre con menos vacilación.

La complejidad sistémica seguirá alta en la era 5.0 (dado que no se revierte la interconexión global ni la sofisticación tecnológica), pero Industria 5.0 intenta hacerla más manejable (Tóth et al., 2023; Liu et al., 2024). Por un lado, incorpora el diseño centrado en el humano, lo que implica que las soluciones tecnológicas se modelan según las capacidades humanas (ej.: interfaces más intuitivas, automatización de tareas rutinarias pero con supervisión humana) (Dehbozorgi et al., 2024). Esto simplifica la interacción con sistemas complejos: en vez de abrumar al usuario con datos crudos, la IA filtra y presenta información procesable, reduciendo la ambigüedad en la toma de decisiones.

Por otro lado, la colaboración estrecha entre expertos humanos y sistemas inteligentes permite abordar problemas complejos con enfoques híbridos: la creatividad y contextualidad humana combinada con la analítica de la máquina (Callari et al., 2025; Rahman et al., 2024). Así, se pueden resolver problemas complejos de forma más eficiente, idealmente disminuyendo la sensación de caos. Un objetivo explícito de Industria 5.0 es "resolver problemas complejos más eficientemente y con menos intervención humana en este mundo Volátil, Incierto, Complejo y Ambiguo", gracias a dicha sinergia humanizada (Rahman et al., 2024).

Finalmente, en cuanto a la ambigüedad, Industria 5.0 busca clarificar muchos de los "espacios grises" mediante la reintegración de la perspectiva humana (Tóth et al., 2023). Donde la 4.0 a veces producía ambigüedad (por ejemplo, datos sin contexto o algoritmos opacos), la 5.0 pretende que la participación humana aporte contexto, sentido común y principios éticos, reduciendo la ambigüedad interpretativa (Dehbozorgi et al., 2024).

Además, la personalización extrema (un sello de Industria 5.0) implica que se pueden ajustar soluciones a necesidades específicas, evitando enfoques genéricos que a veces dejaban margen a la ambigüedad (Jiménez-Partearroyo et al., 2023; Østergaard, 2018). La empatía y la inteligencia social recuperan protagonismo: en lugar de basar todo en modelos matemáticos abstractos, se combinan con la comprensión humana para aclarar qué se necesita en cada situación.

Dicho esto, la 5.0 también conlleva ambigüedad en áreas como la asignación óptima de tareas entre humanos y robots, o cómo equilibrar objetivos económicos con sostenibilidad –son cuestiones nuevas donde no siempre hay una única respuesta correcta (Pasman, 2024). Pero la ventaja es que la filosofía 5.0 promueve experimentación controlada y aprendizaje continuo, lo cual es clave para navegar la ambigüedad (Gamberini & Pluchino, 2024).

1.2.4. Inmediatez en la toma de decisiones: ¿la respuesta clave en entornos VUCA?

La comparación entre Industria 4.0 e Industria 5.0 muestra un desplazamiento de un paradigma puramente tecnológico a uno tecno-humanista. Una vez identificados los retos tecnológicos y organizativos, surge la pregunta: ¿Cuál es el factor más crítico para responder eficazmente en contextos VUCA? Diversos autores postulan que la velocidad o inmediatez en la toma de decisiones –es decir, la capacidad de decidir y actuar con rapidez ante cambios– es esencial para el éxito en entornos volátiles e inciertos.

Desde una perspectiva epistemológica, la inmediatez en la toma de decisiones implica una comprensión diferente de cómo se adquiere y procesa el conocimiento en tiempo real (Cook & Schmiede, 2018). El principio de inmediatez temporal distingue entre dos sistemas cognitivos: un sistema intuitivo que genera comportamientos automáticamente en tiempo real y un sistema narrativo que produce creencias sobre el pasado o futuro (Cook & Schmiede, 2018). Esta distinción epistemológica es crítica en entornos VUCA, donde la diferencia entre conocimiento "ahora" versus "usualmente" determina qué sistema mental se activa para la toma de decisiones (Cook & Schmiede, 2018).

En la literatura de la última década (2015–2025) abundan referencias a la agilidad como atributo indispensable del liderazgo y la gestión en la era VUCA (Baran & Woznyj, 2020; Horney et al., 2010). Por ejemplo, Horney et al. (2010) señalaron que los líderes deben realizar cambios continuos en personas, procesos, tecnología y estructura, lo que requiere flexibilidad y rapidez en la toma de decisiones (Lawrence, 2013). Estudios más recientes confirman que liderar más rápidamente es una exigencia clave en el siglo XXI (Richardson, 2024). La lógica es clara: el "cambio continuo" propio del mundo actual a menudo requiere decisiones rápidas (Baran & Woznyj, 2020). Aquellas organizaciones capaces de acortar su tiempo de reacción ante una amenaza u oportunidad, por ejemplo, respondiendo en horas a una crisis de reputación en redes sociales, suelen obtener mejores resultados, incluso mayor lealtad de clientes tras resolver ágilmente un problema (Hamieddine, 2025).

Desde una perspectiva estratégica, la rapidez en decidir se vincula al concepto de agilidad organizacional (Bundtzen & Hinrichs, 2021). La agilidad combina velocidad con adaptabilidad y aprendizaje continuo (Horney, 2013). En contextos VUCA, agilidad –en personas, equipos y organizaciones– es necesaria para gestionar eficazmente la situación (Baran & Woznyj, 2020). Esto incluye no solo tomar decisiones veloces, sino ciclos rápidos de aprendizaje: probar, equivocarse en pequeño y ajustar (Lawrence, 2013). Este principio de *"fail fast, learn faster"* está muy presente en metodologías ágiles adoptadas por organizaciones modernas (Fattoum et al., 2024).

La importancia de la inmediatez ha sido respaldada también por estudios empíricos. Por ejemplo, una investigación de Nowacka & Rzemieniak (2022) en el sector energético encontró que los directivos reconocen como competencias clave la capacidad de implementar tecnologías digitales y cambiar rápidamente de mentalidad entre distintos problemas (Minciu et al., 2025). En entornos donde los inputs cambian constantemente, los líderes más efectivos son aquellos que toman decisiones con celeridad apoyados en información vigente, en lugar de paralizarse recopilando datos interminablemente (Richardson, 2024).

Asimismo, un estudio cualitativo de Marcus et al. (2020) sobre liderazgo en crisis indicó que la agilidad en la decisión tuvo un rol crítico para navegar situaciones dinámicas (p. ej. durante la pandemia COVID-19) –las organizaciones ágiles pudieron reconfigurar operaciones en días, evitando caídas prolongadas, mientras otras que adoptaron un enfoque de esperar y observar sufrieron mayores impactos (Sitorus, 2025).

No obstante, conviene matizar la hipótesis: ¿es la velocidad el factor más importante por encima de todos? Varios expertos argumentan que, si bien la inmediatez es crítica, por sí sola no garantiza el éxito (Johansen, 2007). La literatura sugiere una combinación de rapidez con dirección (Silva Barrera, 2025). Bob Johansen propuso el modelo VUCA Prime donde a cada dimensión se le contrarresta con otra capacidad: por ejemplo, Visión para enfrentar la Volatilidad, el Entendimiento para la Incertidumbre, la Claridad para la Complejidad y Agilidad para la Ambigüedad (Johansen, 2007). Es decir, la agilidad, que incluye velocidad, es vital pero debe complementarse con otros atributos (Silva Barrera, 2025).

De hecho, Kaivo-oja y Lauraeus (2018) encontraron métodos efectivos en gestión VUCA abarcando múltiples frentes: agilidad ante la volatilidad, gestión del conocimiento ante la incertidumbre, reestructuración organizativa ante la complejidad, y experimentación ante la ambigüedad (Taşkan et al., 2022). Esto indica que además de moverse rápido, las organizaciones deben gestionar bien la información, para reducir lo desconocido, reconfigurar procesos complejos para simplificarlos, y estar dispuestas a experimentar cuando falta claridad. La velocidad sin visión podría derivar en "hacer mucho, pero en la dirección equivocada" (Silva Barrera, 2025).

Por ello, varias publicaciones insisten en el equilibrio: responder rápido y con propósito (Baran & Woznyj, 2020). Un líder eficaz en VUCA no solo decide ágilmente, sino que también comunica una dirección clara en medio del caos, alineando al equipo incluso si hay poca información (Richardson, 2024). La ausencia de esa visión puede llevar a acciones rápidas pero descoordinadas o erráticas (Baran & Woznyj, 2020).

En ámbitos altamente ambiguos, la prudencia también juega un papel. En caos extremos a veces la lentitud deliberada evita desastres –por ejemplo, en gestión de crisis nucleares se enseña a no apresurarse a conclusiones sin entender la señal (Baran & Woznyj, 2020).

Sin embargo, en la mayoría de contextos empresariales actuales, el problema común es el opuesto: parálisis por análisis (Richardson, 2024). Por eso, la consigna contemporánea es fomentar una cultura donde se valora la acción oportuna y el aprendizaje, en vez de esperar la certeza absoluta (Lawrence, 2013). Un artículo de Bennett & Lemoine (2014) resaltó que una trampa fue tratar a todas las dimensiones VUCA igual; entender sus diferencias empodera a los líderes a asignar recursos apropiados (Taşkan et al., 2022). En la práctica, esto significa que ante la volatilidad, cambios rápidos pero de causas conocida, es sensato acelerar decisiones apoyándose en la experiencia, mientras que ante verdadera complejidad quizás convenga invertir tiempo en análisis sistémico antes de actuar (Bennett & Lemoine, 2014).

Numerosos trabajos en los últimos años respaldan la agilidad en la toma de decisiones. Una revisión sistemática (Syamsir et al., 2025) concluyó que la transformación digital, la globalización y los cambios pospandemia han moldeado significativamente la agilidad del liderazgo, y que ésta a su vez impulsa la resiliencia organizativa y el desempeño sostenible (Chowdhury, 2024). Es decir, las organizaciones más ágiles (decisiones rápidas, estructura flexible) mostraron mejores resultados en entornos turbulentos post-2020 (Hamieddine, 2025).

Otros estudios empíricos, como el de Worley & Jules (2020), examinaron empresas durante la pandemia y encontraron que las prácticas ágiles se correlacionaron con mayor capacidad de respuesta efectiva, mientras que compañías rígidas sufrieron falta de capacidad de respuesta (Troise et al., 2022). Asimismo, investigaciones en sectores específicos (tecnología, industria) muestran que adoptar metodologías ágiles de proyecto –dividir tareas, iterar rápidamente– mejora la velocidad de reacción sin sacrificar calidad, algo invaluable cuando las condiciones cambian semana a semana (Kostrad, 2019).

En contraste, hay menos evidencia que exalte otro factor único por encima de la velocidad. La calidad de la información y el pensamiento estratégico son cruciales, pero generalmente se asume que deben integrarse al proceso ágil (es decir, decidir rápido pero bien informado y orientado por la estrategia) (Horney, 2013).

Un meta-análisis de situaciones VUCA podría sugerir que la rapidez de decisión actúa como factor habilitador: permite que otras capacidades, como reconfigurar la estrategia o absorber conocimiento nuevo, se pongan en juego a tiempo (Richardson, 2024). Si una organización tarda demasiado en decidir, incluso la mejor información o talento pueden llegar cuando la ventana de oportunidad cerró (Baran & Woznyj, 2020). Por eso la literatura gerencial coincide en que la ventaja de respuesta es determinante en competencia (Atanassova et al., 2025).

La inmediatez en la toma de decisiones sí emerge como un factor crítico en contextos VUCA, respaldado por estudios de caso, encuestas y revisiones sistemáticas (Baran & Woznyj, 2020; Richardson, 2024; Hamieddine, 2025). Sin embargo, los expertos advierten que debe ir acompañada de claridad y aprendizaje (Johansen, 2007; Silva Barrera, 2025). La receta recomendada es: actuar rápido, aprender rápido, y reajustar con igual rapidez sobre la marcha (Lawrence, 2013).

En las transiciones de la Cuarta a la Quinta Revolución Industrial vemos un panorama de cambio acelerado que eleva la volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad del entorno. La Industria 4.0 aporta un inmenso caudal tecnológico que amplificó los desafíos VUCA a la vez que ofreció nuevas herramientas para enfrentarlos. La Industria 5.0 busca equilibrar la balanza incorporando la perspectiva humana, la resiliencia y la sostenibilidad como ejes centrales, con la esperanza de que ello permita navegar mejor un mundo impredecible.

La comparación entre ambas revoluciones evidencia que los elementos tecnológicos, organizacionales y sociales pueden tanto agudizar componentes VUCA, como por ejemplo, más complejidad por hiperconectividad, como aliviarlos, por ejemplo, menor ambigüedad con participación humana y ética en la IA. Para las organizaciones y sociedades, el reto está en maximizar los aspectos constructivos de estos elementos, como usar datos para reducir incertidumbre, o la colaboración humano-máquina para agilizar respuestas, y mitigar sus efectos negativos, como la volatilidad inherente a ciclos tecnológicos rápidos o la ambigüedad de innovaciones no reguladas.

La revisión de la literatura reciente apoya fuertemente la hipótesis de la inmediatez en la toma de decisiones como factor clave en entornos VUCA. La agilidad decisoria se erige como la capacidad de absorber el golpe de la volatilidad y reaccionar antes que la competencia. No es la única habilidad necesaria, también importan la visión estratégica, la gestión del conocimiento y la cultura de experimentación, pero sí parece ser el prerequisite que distingue a los verdaderos ganadores en tiempos inciertos. La volatilidad se trata con agilidad, la incertidumbre con información, la complejidad con la reorganización y la ambigüedad con experimentación (Taşkan et al., 2022).

Capítulo 2. Justificación y Objetivos de Investigación.

La presente investigación surge de la necesidad de desarrollar marcos metodológicos innovadores que permitan a las industrias del conocimiento a navegar eficazmente en entornos caracterizados por la volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad (VUCA). Como se ha comentado en el capítulo anterior, donde la aceleración tecnológica exponencial y la digitalización han reconfigurado los paradigmas epistemológicos sobre los cuales se construyen las decisiones estratégicas.

Esta transformación no es meramente técnica; representa un cambio estructural que trasciende el ámbito informativo para impactar profundamente la economía, la política y, especialmente, la educación superior. Las universidades, como motoras del conocimiento crítico y generadoras de competencias para el futuro, enfrentan la necesidad apremiante de reinventar sus paradigmas formativos mediante la incorporación de habilidades digitales avanzadas, el fortalecimiento de la adaptación al cambio constante y la gestión estratégica de la reputación digital.

El diseño estratégico y el pensamiento prospectivo emerge como un campo de conocimiento para respuesta a estos desafíos. Esta disciplina integradora, que combina análisis sistemáticos con inteligencia anticipatoria, permite reaccionar ante las transformaciones, sino modelar creativamente futuros deseables.

2.1. Objetivos de la investigación.

Esta investigación se propone como objetivo general desarrollar y validar el modelo DeflyCompass como herramienta metodológica integral para la identificación, análisis y clasificación de tendencias para la toma de decisiones que conlleven la definición de singularidades estratégicas en instituciones de educación superior, facilitando la toma de decisiones adaptativas en entornos VUCA mediante la integración de prospectiva estratégica, inteligencia artificial y análisis de tendencias emergentes.

Objetivos Específicos

OE1. Fundamentación Teórica y Conceptual

- Consolidar el marco teórico-conceptual del modelo DeflyCompass mediante la integración de teorías prospectivas para la toma de decisiones estratégica en entornos VUCA en el caso de la educación superior.
- Establecer las bases epistemológicas que vinculan la prospectiva estratégica con la identificación de singularidades institucionales en educación superior.

OE2. Desarrollo Metodológico

- Diseñar y operacionalizar el modelo DeflyCompass como matriz conceptual cuatridimensional que integre los ejes temporales (pasado, presente, futuro) con categorías de viabilidad del stakeholder.
- Desarrollar protocolos metodológicos para la aplicación sistemática del modelo en contextos de educación superior, incorporando técnicas de proyecciones semánticas e inteligencia artificial.

OE3. Identificación y Clasificación de Singularidades

- Identificar y catalogar las principales variables que configuran la singularidad en instituciones de educación superior, organizadas en torno a los modelos educativo, organizacional y de servicios.

- Desarrollar tipologías de singularidad que permitan la clasificación sistemática de instituciones según sus características diferenciadas y nivel de innovación.

OE4. Validación Empírica

- Validar el modelo DeflyCompass mediante su aplicación a una muestra representativa de instituciones de educación superior reconocidas por sus prácticas innovadoras.
- Evaluar la capacidad predictiva y la utilidad estratégica del modelo para la toma de decisiones en contextos de incertidumbre y cambio acelerado.

OE5. Aplicación Práctica y Transferencia

- Demostrar la aplicabilidad del modelo DeflyCompass en casos concretos de planificación estratégica en educación superior.
- Desarrollar herramientas de transferencia que faciliten la adopción del modelo por parte de gestores y planificadores estratégicos en instituciones de educación superior.

2.2. Hipótesis de investigación.

H1. El modelo DeflyCompass proporciona un marco metodológico válido y confiable para la identificación de tendencias y clasificación de singularidades estratégicas en instituciones de educación superior.

H2. La integración de prospectiva estratégica, análisis de singularidades y técnicas de inteligencia artificial en el modelo DeflyCompass mejora significativamente la capacidad de toma de decisiones estratégicas en entornos VUCA.

H3. Las instituciones de educación superior pueden clasificarse en tipologías diferenciadas de singularidad, cada una con características específicas en términos de modelos educativo, organizacional y de servicios.

2.3. Contribuciones esperadas.

Esta investigación aspira a realizar contribuciones significativas en múltiples dimensiones:

- *Contribución Teórica:* Avanzar en la comprensión teórica de la singularidad en educación superior mediante la integración de enfoques prospectivos, principios antrópicos y teorías de sistemas complejos.
- *Contribución Metodológica:* Desarrollar una herramienta metodológica innovadora que combine técnicas cuantitativas y cualitativas para el análisis estratégico en entornos de alta incertidumbre.
- *Contribución Práctica:* Proporcionar a los gestores universitarios instrumentos concretos para la identificación de oportunidades de diferenciación y el diseño de estrategias adaptativas.
- *Contribución Social:* Fortalecer la capacidad de las instituciones de educación superior para responder efectivamente a las demandas sociales y económicas del siglo XXI, contribuyendo al desarrollo sostenible y la innovación social.

La convergencia de estos elementos justifica plenamente la relevancia académica y práctica de esta investigación, posicionándola como una contribución original al campo de la gestión estratégica en educación superior y los estudios prospectivos aplicados.

Capítulo 3. Contexto teórico.

El marco teórico de esta investigación se articula en torno a tres pilares fundamentales que se interconectan para abordar los desafíos de la anticipación estratégica en la era digital. Estos componentes teóricos, enunciados en capítulos anteriores, proporcionan el sustento conceptual necesario para comprender tanto los retos contemporáneos como las metodologías innovadoras propuestas para enfrentarlos

Esta investigación adopta una mirada crítica, desde el marco conceptual hasta las implicaciones estratégicas. En particular, se propone distinguir cuatro categorías analíticas —intrínsecos, influenciados, amplificados y causados— que permiten comprender el grado en que los fenómenos VUCA surgen de dinámicas propias o de la intervención humana.

3.1. Marco epistemológico conceptual.

El acrónimo VUCA describe cuatro dimensiones que caracterizan entornos modernos complejos y cambiantes. Desde un punto de vista epistemológico, esta investigación incorpora dos perspectivas que explicitan la relación entre conocimiento y realidad en entornos VUCA:

- Constructivismo: teoría según la cual el conocimiento es una construcción social, producto de interacciones y percepciones compartidas. Los agentes co-crean significado en contextos culturales específicos, lo que implica que la condición VUCA se construye y modula a partir de las decisiones e interpretaciones humanas.
- Perspectiva sistémica: enfoque que considera a los sistemas naturales y sociales como estructuras autoorganizadas y no lineales. La interacción dinámica de componentes genera propiedades emergentes y comportamientos impredecibles, de modo que la condición VUCA existe independientemente de la intervención humana inmediata.

A partir de estas bases, el marco propuesto emplea cuatro categorías analíticas para diferenciar el origen y grado de intervención humana en los fenómenos VUCA:

- A) Intrínsecos (estructurales): muestran condiciones VUCA por su naturaleza compleja e impredecible, sin intervención humana inicial.
- B) Influenciados: presentan una raíz estructural VUCA, pero su evolución y alcance dependen de decisiones humanas.
- C) Amplificados: mantienen características VUCA propias, cuya intensidad se ve aumentada por acciones estratégicas humanas.
- D) Causados: situaciones cuya condición VUCA surge principalmente de decisiones deliberadas de actores humanos.

3.1.1. Fenómenos VUCA intrínsecos.

Los fenómenos VUCA intrínsecos se caracterizan por manifestar volatilidad, incertidumbre y complejidad como rasgos propios del sistema, independientes de la intervención humana inicial. Desde la teoría de la autoorganización y la crítica de los sistemas complejos, se reconoce que ciertos procesos naturales operan en lo que Bak denominó “criticalidad autoorganizada”, donde eventos menores pueden desencadenar sucesos de gran magnitud sin un agente externo específico. Este marco explica, por ejemplo, cómo la acumulación lenta de tensiones tectónicas resulta en terremotos impredecibles en cuanto a tiempo y magnitud (Bak et al., 1987).

De manera análoga, los tsunamis derivan de rupturas súbitas en placas oceánicas, generando olas de gran energía que desafían los modelos predictivos tradicionales debido a la no

linealidad de las dinámicas fluidas (Perrow, 1984). En epidemiología, el modelo SIR de Kermack y McKendrick (1927) muestra cómo la propagación de enfermedades emergentes depende de parámetros difíciles de estimar con antelación (tasa de contacto, período infeccioso), lo que introduce complejidad y ambigüedad en el pronóstico de brotes antes de cualquier acción sanitaria. Asimismo, Perrow (1984) argumenta en "Normal Accidents" que los sistemas de alta complejidad organizacional—como centrales nucleares—muestran fallos inevitables y difíciles de predecir, análogos a los fenómenos naturales en términos de complejidad intrínseca.

Estos ejemplos ilustran cómo en los fenómenos intrínsecos, la volatilidad y la incertidumbre no son causadas por agentes externos, sino que emergen de las propiedades estructurales y dinámicas del propio sistema, requiriendo enfoques de resiliencia y de capacidad adaptativa para su gestión eficaz.

3.1.2. Fenómenos VUCA influenciados.

Los fenómenos VUCA influenciados parten de una base estructuralmente incierta o compleja cuya trayectoria y consecuencias son modeladas por decisiones y acciones humanas. La pandemia de COVID-19 constituye el ejemplo paradigmático de esta categoría. Aunque la emergencia del virus SARS-CoV-2 obedeció a mutaciones biológicas y condiciones ecológicas (fenómeno intrínseco), la velocidad de su propagación global y la magnitud de su impacto estuvieron profundamente condicionadas por la interconexión humana, las políticas de salud pública y las estrategias de comunicación.

Estudios basados en datos de movilidad de telefonía móvil y transporte aéreo demostraron cómo las restricciones de viaje y los confinamientos nacionales alteraron la dinámica de contagio. Kraemer et al. (2020) mostraron que la reducción del flujo interprovincial en China disminuyó la tasa de reproducción efectiva (R_e) en más del 50 %, evidenciando cómo decisiones de confinamiento mitigaron la volatilidad de la curva epidémica. Además se sumaron, la ambigüedad y complejidad de la información epidemiológica fueron amplificadas o atenuadas por la forma en que los gobiernos y medios comunicaron datos. Según Van Bavel et al. (2020), la eficacia de la respuesta social dependió de la claridad, consistencia y transparencia de los mensajes oficiales, lo que subraya el papel decisivo de las decisiones comunicativas en la construcción de la incertidumbre y la ambigüedad (Van Bavel et al., 2020).

Estos ejemplos ilustran cómo la acción humana no solo influye en la magnitud y extensión de un fenómeno VUCA, sino que determina en gran medida su perfil temporal—su volatilidad—y la capacidad de los sistemas para anticipar y gestionar sus efectos. Reconocer esta influencia es crucial para diseñar estrategias de mitigación y adaptación basadas en evidencia y escenarios dinámicos.

3.1.3. Fenómenos VUCA amplificados.

Los fenómenos VUCA amplificados son aquellos procesos que, aunque inherentemente complejos o inciertos, ven acentuadas sus dimensiones VUCA por decisiones estratégicas humanas mediadas por tecnologías digitales y de automatización. Un caso paradigmático es el "Flash Crash" del 6 de mayo de 2010, cuando el índice Dow Jones Industrial Average cayó abruptamente casi un 9 % en cuestión de minutos para luego recuperarse casi por completo. Investigaciones como la de Kirilenko et al. (2017) muestran que la interacción de algoritmos de trading de alta frecuencia, diseñados para reaccionar a microvariaciones de precio, desencadenó órdenes masivas de venta que amplificaron la volatilidad y la complejidad del mercado.

La inmediatez del trading algorítmico actúa como multiplicador de la volatilidad: árboles de decisión automatizados toman y ejecutan órdenes en milisegundos, generando retroalimentaciones en cadena que ningún operador humano podría prever ni detener a tiempo. Este fenómeno refleja la naturaleza no lineal de los mercados financieros: pequeñas señales detectadas por algoritmos

pueden escalar rápidamente en perturbaciones de gran magnitud, exacerbando la incertidumbre y la ambigüedad sobre las causas reales de los movimientos de precios (Johnson et al., 2013).

Asimismo, en cadenas de suministro globales, el uso de sistemas de planificación ERP y plataformas logísticas automatizadas ha provocado cuellos de botella y cascadas de fallos durante disrupciones inicialmente moderadas. Durante la pandemia, decisiones de priorizar ciertas rutas o proveedores, automatizadas por software de optimización, generaron escasez súbita de insumos críticos, ampliando la complejidad e incertidumbre en múltiples sectores (Christopher & Holweg, 2020). Estos sistemas, diseñados para eficiencia bajo condiciones estables, resultaron muy vulnerables a pequeñas interrupciones que, amplificadas por la automatización, provocaron efectos VUCA en toda la red logística.

En ambos ejemplos, la clave epistemológica es reconocer que la amplificación no es un efecto colateral accidental, sino una consecuencia previsible de diseñar sistemas donde la velocidad y la automatización desplazan el juicio humano.

3.1.4. Fenómenos VUCA causados: decisiones humanas como *drivers* directos.

Los fenómenos VUCA causados emergen cuando la condición de volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad depende fundamentalmente de decisiones estratégicas deliberadas de actores humanos. A diferencia de las categorías anteriores, aquí no existía una dinámica estructural VUCA preexistente; más bien, las acciones humanas introducen o intensifican estas características.

Conflictos geopolíticos y rivalidad estratégica. La teoría realista en Relaciones Internacionales sostiene que los Estados, guiados por la búsqueda de poder y seguridad, generan entornos VUCA mediante decisiones de balanza de poder, alianzas y sanciones (Mearsheimer, 2001). Por ejemplo, la Guerra Fría configuró un escenario global altamente incierto y ambiguo a través de decisiones militares y políticas de contención mutua, con constantes ciclos de escalada y desescalada que ilustran volatilidad estratégica (Waltz, 1979).

Guerras comerciales y sanciones económicas. En el ámbito económico, políticas arancelarias y sanciones comerciales pueden inducir abruptos cambios en mercados globales, creando complejidad e incertidumbre para las cadenas de valor. Krugman (1991) argumenta que medidas proteccionistas, al modificar repentinamente los incentivos, generan efectos no lineales en la producción y el comercio, exacerbando la ambigüedad sobre las consecuencias a largo plazo.

Decisiones regulatorias y tecnológicas. La implantación de regulaciones estrictas o la prohibición de tecnologías específicas también actúa como driver directo de VUCA. Por ejemplo, la decisión de restringir o vetar redes sociales en ciertos países altera súbitamente los flujos de información, introduciendo ambigüedad en la percepción pública y complejidad en la gestión de la comunicación digital (Zuboff, 2019).

Estrategias corporativas disruptivas. En el ámbito empresarial, acciones como fusiones hostiles, cambios repentinos en la estrategia de precios o la adopción de tecnologías disruptivas sin planificación gradual pueden generar entornos internos y de mercado VUCA. Christensen (1997) describe cómo la introducción de innovaciones disruptivas puede desestabilizar industrias enteras, aumentando la volatilidad competitiva y la complejidad estratégica.

En todos estos casos, la proximidad a la acción humana convierte a los fenómenos en entornos VUCA diseñados o provocados por elecciones estratégicas. Reconocer estos drivers directos es esencial para anticipar riesgos y formular contramedidas específicas, como diplomacia preventiva, acuerdos de cooperación económica, marcos regulatorios estables y planificación de contingencias corporativas.

3.1.5. Reflexión integradora epistemológica.

La clasificación de fenómenos VUCA en intrínsecos, influenciados, amplificados y causados no es un mero ejercicio taxonómico, sino una herramienta epistemológica que permite:

a) Distinguir fuentes de incertidumbre: Al diferenciar entre dinámicas estructurales (intrínsecas) y acciones humanas (causadas), se delimita la responsabilidad epistemológica de cada agente y se clarifica si el reto radica en describir un fenómeno natural complejo (Maturana & Varela, 1980) o en analizar las intenciones y percepciones humanas (Berger & Luckmann, 1966).

b) Orientar la construcción de modelos. Reconocer la procedencia VUCA guía la selección de métodos. Por ejemplo, para fenómenos intrínsecos, los modelos estocásticos y la teoría de sistemas críticos (Bak et al., 1987) son más adecuados, mientras que para fenómenos influenciados o causados, las metodologías de análisis de redes sociales, teoría de juegos y sensemaking organizacional (Weick, 1995) aportan más valor.

c) Gestionar la reflexividad: En contextos amplificados y causados, la reflexividad—la capacidad de los actores de ajustar sus estrategias en función de cómo sus acciones alteran el entorno—adquiere centralidad. Giddens (1984) subraya que las acciones humanas no solo responden al entorno, sino que lo configuran, generando bucles de retroalimentación que intensifican el carácter VUCA.

d) Integrar múltiples niveles de análisis: Esta perspectiva epistemológica multiescalar permite transitar entre la macroestructura (sistemas naturales, estructuras políticas) y la micropráctica (decisiones algorítmicas, iniciativas corporativas), evitando reduccionismos que ignoran la dimensión coevolutiva entre agentes y sistemas (Morin, 2008).

Esta reflexión integradora epistemológica propone un enfoque dialéctico y holístico donde, la descripción rigurosa de las dinámicas sistemáticas (intrínsecas) convive con la interpretación de las intenciones y significados (constructivismo) junto a la predicción y simulación de comportamientos complejos se complementa con la narrativa estratégica y la construcción de escenarios normativos junto a la gestión de la incertidumbre se basa tanto en el desarrollo de capacidades adaptativas de los sistemas (resiliencia) como en la autoconciencia de los actores sobre su propio impacto en el entorno.

Este marco epistemológico integrado abre la puerta a metodologías híbridas—combinando simulación, análisis cualitativo de discursos y diseño de experiencias prospectivas—que permiten una acción estratégica informada y responsable en entornos VUCA. La clasificación de fenómenos VUCA en intrínsecos, influenciados, amplificados y causados habilita la selección de estrategias:

- a) Centrar los esfuerzos en resiliencia y capacidad de respuesta rápida, mediante sistemas de alerta temprana y protocolos de contingencia que mitiguen el impacto de eventos naturales impredecibles.
- b) Diseñar políticas de prevención y mitigación temprana, apoyadas en análisis de datos y simulaciones de escenarios que permitan anticipar las consecuencias de decisiones clave (p.ej., restricciones de movilidad, medidas sanitarias).
- c) Instaurar controles de gobernanza tecnológicas, como límites a la automatización extrema ("circuit breakers" algorítmicos) y auditorías periódicas de sistemas automatizados para evitar retroalimentaciones desbordadas.
- d) Diplomacia estratégica, la cooperación multilateral y la creación de marcos regulatorios estables son vitales para gestionar riesgos intencionados; asimismo, la planificación de contingencias corporativas y la gestión de la reputación ayudan a mitigar el impacto de estrategias disruptivas.

Adicionalmente, la aplicación de metodologías prospectivas —planeación de escenarios, backcasting, análisis de señales débiles y vigilancia estratégica— debe ajustarse al tipo de fenómeno, garantizando que las organizaciones puedan anticipar, adaptarse y proveer respuesta oportuna, consolidando así una ventaja competitiva en entornos VUCA.

3.2. Prospectiva estratégica y estudios de futuro en contextos VUCA: Evolución, metodologías y enfoque en educación.

En un mundo caracterizado por la volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad (VUCA), la capacidad de anticipar y prepararse para múltiples futuros se ha vuelto un reto estratégico para las organizaciones. Ante estos desafíos, el diseño estratégico y el pensamiento prospectiva han emergido como disciplinas destinadas a comprender y usar el futuro de manera proactiva en la toma de decisiones.

A diferencia de la predicción determinista, la prospectiva busca explorar futuros posibles, probables y preferibles para informar el presente. Esta investigación ofrece un análisis de la evolución histórica y conceptual de dichos enfoques, las metodologías clave (como planeación de escenarios, análisis de tendencias, inteligencia anticipatoria y construcción de *futuros deseables*), sus aplicaciones en diferentes sectores y, con mayor profundidad, su contribución en el ámbito educativo. Se examinarán los principales hitos del campo, así como los desafíos metodológicos actuales y las oportunidades para integrar efectivamente la prospectiva en procesos decisionales, especialmente en educación, con base en literatura académica y ejemplos prácticos.

3.2.1. Evolución histórica de la prospectiva y los estudios de futuro.

Si bien la humanidad siempre ha reflexionado sobre el porvenir, la formalización de los estudios de futuro como campo interdisciplinario es relativamente reciente. Algunos autores remontan su origen conceptual a mediados del siglo XX: en la década de 1950 en Francia, el filósofo Gaston Berger introdujo el término *prospective* (prospectiva) para referirse a “mirar a lo lejos” en la planificación, y Bertrand de Jouvenel desarrolló métodos de *conjetura* sistemática sobre el futuro. Este movimiento francés concibió la prospectiva como una “disciplina intelectual” integrando múltiples disciplinas (sociología, economía, historia, psicología, etc.) para pensar el futuro de forma holística. Hacia 1970 la prospectiva se consolidó como disciplina diferenciada de la simple predicción: buscaba superar las limitaciones de los estudios de futuro tradicional y de la extrapolación lineal, reconociendo la existencia de múltiples futuros posibles en lugar de uno solo predeterminado.

Desde la segunda mitad del siglo XX surgieron distintas *escuelas y enfoques* dentro de los estudios de futuro. Entre los años 1940 y 1970 prevalecieron términos como *futurología*, planeación de largo plazo (*long-range planning*) y forecasting (pronóstico), así como metodologías como la dinámica de sistemas para modelar tendencias globales. Varios de esos conceptos iniciales cayeron en desuso, dando paso en las décadas de 1970–1980 a métodos derivados más refinados: por ejemplo, la planeación por escenarios (scenario planning) desarrollada por Herman Kahn y otros estrategas, el pronóstico tecnológico enfocado en evolución de tecnologías, y la propia prospectiva estratégica orientada a la toma de decisiones.

En las décadas de 1980 y 1990, y especialmente tras el fin de la Guerra Fría, la atención se volcó a entornos marcadamente inciertos (luego denominados VUCA). Aparecieron nuevos marcos conceptuales como la anticipación estratégica (*strategic foresight*), las *ciencias de la anticipación* y enfoques críticos como la construcción social de futuros y los “metafuturos”. Se reconoce también que la reflexión sobre futuros tiene sus “*prehistorias*” e inspiraciones en obras clásicas de utopía (p. ej. *La República* de Platón, *Utopía* de Tomás Moro), en la ciencia ficción (Verne, Wells, Asimov) e incluso en prácticas ancestrales de planeación comunitaria.

Un hito importante en la praxis fue la incorporación de la prospectiva en el sector corporativo y gubernamental durante la segunda mitad del siglo XX. Por ejemplo, la petrolera Royal Dutch Shell adoptó la planeación de escenarios en los años 1970 y logró anticipar disruptivamente la crisis del petróleo de 1973 mediante escenarios que desafiaban los supuestos convencionales. Es ilustrativo que en Shell el objetivo de los escenarios no era predecir con certeza, sino *cambiar el modelo mental de los directivos* ante futuros inciertos.

De igual modo, varios gobiernos comenzaron a institucionalizar la prospectiva: Finlandia, por ejemplo, estableció en 1993 un Comité Parlamentario para el Futuro encargado de aportar una visión estratégica de largo plazo a las políticas nacionales; y organismos internacionales como la ONU y la UNESCO impulsaron redes y programas de anticipación a nivel global. En resumen, desde sus raíces en la futurología de posguerra hasta las prácticas colaborativas actuales, la prospectiva ha evolucionado de ejercicios de previsión técnica a un proceso participativo y estratégico para navegar la incertidumbre. Hoy día, en pleno siglo XXI, la prospectiva estratégica se entiende como una aliada fundamental para mejorar la *capacidad adaptativa* de organizaciones e instituciones ante entornos VUCA cambiantes.

3.2.2. Enfoques y metodologías de la prospectiva estratégica.

Los estudios de futuro han desarrollado un conjunto de marcos metodológicos que, combinados, permiten ampliar la comprensión del cambio en la toma de decisiones bajo volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad. A continuación se sintetizan cinco pilares y sus aportes más relevantes.

Prospectiva estratégica. No pretende predecir, sino ampliar el abanico de futuros posibles y vincularlo con decisiones presentes. Integra análisis estructurado (p. ej., STEEPV) con creatividad e imaginación para construir visiones a largo plazo, incorporando procesos de vigilancia y aprendizaje organizacional (Voros, 2003; Popper, 2008; Saritas & Nugroho, 2012). En entornos VUCA, este enfoque desplaza la planificación lineal hacia procesos iterativos de exploración—detección—sentido—acción, conectando inteligencia de señales con opciones estratégicas (Voros, 2003; Popper, 2008).

Planeación de escenarios. Construye futuros alternativos plausibles para poner a prueba estrategias y modelos mentales. Su evolución metodológica —de las lógicas intuitivas a los enfoques probabilísticos y La Prospective— está ampliamente documentada, con el caso Shell como hito (Bradfield et al., 2005). Como guía de uso gerencial, Schoemaker (1995) muestra su valor para detectar incertidumbres críticas y puntos ciegos, siempre que se integre al ciclo de planificación e innovación de la organización.

Análisis de tendencias y señales. El *horizon scanning* identifica tendencias, patrones de cambio y señales tempranas con potencial de impactar el entorno, complementando la extrapolación con la búsqueda de discontinuidades y asuntos emergentes. Hiltunen (2008) propone el concepto de “future sign” (señal—asunto—interpretación) para distinguir y rastrear señales débiles; Amanatidou et al. (2012) sistematizan métodos y lecciones para políticas públicas y alerta temprana. El resultado no es una “predicción”, sino insumos para escenarios más informados y para la priorización de vigilancia estratégica (Hiltunen, 2008; Amanatidou et al., 2012).

Inteligencia anticipatoria. Convierte la exploración de señales en información accionable antes de que los fenómenos escalen, acortando el ciclo señal-decisión. Se nutre de la alfabetización de futuros (Futures Literacy) y de los estudios de anticipación, que dotan a las organizaciones de capacidades para “usar el futuro” en la acción presente (Miller, 2018/UNESCO; Poli, 2019). Su función práctica es doble: advertir sobre cambios incipientes (tecnológicos, regulatorios, sociales) y articular ajustes estratégicos (I+D, portafolio, capacidades), reforzando la resiliencia en sistemas complejos.

Futuros deseables y backcasting. Además de explorar lo posible y lo probable, la prospectiva incorpora lo preferible. El backcasting parte de visiones normativas (futuros deseables) y traza rutas

inversas desde ese horizonte al presente, para alinear acciones, capacidades y políticas (Robinson, 1990; Dreborg, 1996; Robinson, 2003). En planificación participativa, este enfoque explicita valores y metas (sostenibilidad, equidad, innovación) y convierte la visión en una cartera de decisiones y hojas de ruta. Su utilidad reside en que permite aprender socialmente y coordinar acciones bajo alta incertidumbre.

Estos marcos elevan la alfabetización de futuros institucional y la capacidad de detectar señales, imaginar alternativas y operativizar decisiones. La meta común es pasar de una actitud reactiva a una agencia proactiva frente a lo VUCA, mediante ciclos continuos de exploración-sentido-experimentación-aprendizaje (Voros, 2003; Bradfield et al., 2005; Miller, 2018).

3.2.3. Aplicaciones sectoriales de la prospectiva en entornos VUCA.

La prospectiva estratégica se ha consolidado como un conjunto de prácticas que aumenta la preparación y la adaptabilidad de organizaciones públicas y privadas. Su valor radica menos en predecir y más en ampliar el espacio de futuros posibles, identificar señales e incertidumbres críticas y traducirlas en decisiones presentes con mayor agilidad y resiliencia (Schoemaker, 1995; Bradfield et al., 2005).

A) Empresas y gestión organizacional. En el ámbito corporativo, la prospectiva pasó de ser un ejercicio puntual a integrarse en capacidades organizativas estables (*corporate foresight*). La evidencia empírica muestra asociaciones positivas entre la madurez de la prospectiva y el desempeño de la empresa en el tiempo, al facilitar procesos de detección (*perceiving*), exploración (*prospecting*) y experimentación (*probing*) que alimentan la innovación y la estrategia (Rohrbeck & Schwarz, 2013; Rohrbeck & Kum, 2018). Asimismo, la literatura revisa casos multisectoriales y clasifica arquetipos de organización de la función de foresight en grandes compañías (Rohrbeck, 2010/2011; Battistella, 2014; Heiko et al., 2025). Históricamente, el caso Shell ilustra el uso estratégico de escenarios para sortear choques exógenos (crisis del petróleo), institucionalizando una práctica que luego difundieron manuales y marcos de referencia (Wack, 1985; van der Heijden, 2005/2008; Ringland, 1998/2006). En la práctica contemporánea, corporaciones globales combinan scanning de tendencias, escenarios y hojas de ruta tecnológicas para orientar portafolios y modelos de negocio en contextos de cambio acelerado (Schoemaker, 1995; Phaal, Farrukh & Probert, 2004).

B) Política pública y gobierno. Los gobiernos han institucionalizado dispositivos de prospectiva para gobernanza anticipatoria. Finlandia cuenta con una Comisión del Futuro parlamentaria (creada en 1993; permanente desde 2000) y un Informe de Futuro por legislatura; el Reino Unido opera servicios de *futures & horizon scanning* en la *Government Office for Science*; y Singapur alberga el *Centre for Strategic Futures*, que desarrolla metodologías propias para planificar bajo incertidumbre.

A escala internacional, el World Economic Forum articula la Global Foresight Network; el PNUD despliega manuales y playbooks para integrar foresight en la Agenda 2030; y el UN Futures Lab (2023-) promueve guías y comunidades de práctica para anticipación en el sistema ONU (WEF, 2025; UNDP, 2018/2022; UN Futures Lab, 2023). El valor público de la prospectiva se evidenció, por ejemplo, en ejercicios pandémicos pre-COVID, usados para testar capacidad de respuesta y extraer lecciones para políticas adaptativas; su publicación oficial subrayó la necesidad de planes flexibles y coordinación interinstitucional (Department of Health & Social Care, 2020). La OECD ha sintetizado marcos y casos para incorporar foresight en la toma de decisiones, especialmente durante y después de la crisis de la COVID-19 (OECD, 2021/2023).

C) Innovación tecnológica y sectores de I+D. En ciencia, tecnología e innovación, la prospectiva tecnológica combina métodos como Delphi, vigilancia/horizon scanning y technology roadmapping para orientar prioridades de I+D, anticipar disrupciones y alinear capacidades con visiones de largo plazo (Martin & Johnston, 1999; Rowe & Wright, 1999; Amanatidou et al., 2012). Las hojas de ruta tecnológicas se han consolidado como artefactos visuales y temporales que vinculan mercados, productos y tecnologías, favoreciendo la coordinación entre actores y la toma de decisiones bajo múltiples incertidumbres (Phaal et al., 2004; Phaal & Müller, 2009).

En sectores intensivos en conocimiento (TIC, energía, aeroespacial), los escenarios y el análisis de riesgos tecnológicos permiten ensayar respuestas ante transiciones (p. ej., ciberseguridad, tecnologías cuánticas), mientras que la vigilancia sistemática ayuda a detectar señales débiles antes de su escalado (OECD, 2023). En conjunto, estas aplicaciones — corporativas, gubernamentales y de I+D— muestran que la prospectiva no es una actividad aislada de expertos: se implementa frecuentemente de manera participativa, involucrando directivos, técnicos, investigadores y ciudadanía, lo que enriquece la construcción de visiones y mejora la legitimidad de las decisiones. La literatura reciente y los programas multilaterales coinciden en que desarrollar alfabetización de futuros y capacidades anticipatorias constituye una ventaja estratégica para navegar la turbulencia del siglo XXI (Miller/UNESCO, 2018; UNESCO, 2023).

3.2.4. Prospectiva y futuros en el campo de la educación.

El ámbito educativo —por su misión de preparar a las próximas generaciones— está incorporando con fuerza la reflexión prospectiva tanto en la planificación de los sistemas educativos como en la transformación de la enseñanza y el aprendizaje.

Iniciativas globales recientes han colocado - los futuros - en el centro del debate: la UNESCO, mediante *Futures of Education*, propuso un nuevo contrato social para la educación con horizonte 2050; el informe convoca a reconfigurar conocimientos, pedagogías y gobernanza para un mundo crecientemente complejo e incierto (UNESCO, 2021). En paralelo, la OCDE ha desarrollado el marco Future of Education and Skills 2030 y el *Learning Compass 2030*, que sitúan la agencia del estudiante y competencias transversales, incluida la anticipación, como orientaciones para rediseñar currículos y contextos de aprendizaje (OECD, 2019–2023).

Desde la política y la gestión educativa, la prospectiva ofrece herramientas para fortalecer la resiliencia frente a disrupciones y cambios acelerados. La evidencia de la pandemia mostró que muchos sistemas no estaban plenamente preparados para lo desconocido y tendían a gestionar reactivamente (UNESCO/UNICEF/World Bank, 2021). La incorporación sistemática de *futures thinking / foresight* permite explorar escenarios múltiples, identificar incertidumbres críticas y ensayar respuestas adaptativas antes de que los problemas escalen (UNESCO, 2021; OECD, 2019–2023).

En términos conceptuales, en educación se distingue entre futuros, enfoques sistemáticos para pensar alternativas de futuro, y foresight, uso aplicado de métodos y herramientas para ese análisis. No existe una única vía correcta; las metodologías se contextualizan. El hilo común es romper la inercia del corto plazo y ensanchar la visión de largo alcance en decisiones curriculares, de inversión y de gobernanza (UNESCO, 2021; OECD, 2019–2023).

Aportes clave de la prospectiva al sistema educativo.

1. Anticipación de futuros desconocidos. Más allá de extrapolar riesgos pasados, los planificadores deben considerar nuevas disrupciones, tecnologías educativas, transiciones del trabajo, y diseñar capacidades de respuesta. La literatura de crisis educativa advierte sobre pérdidas de aprendizaje y recomienda construir sistemas más resilientes y flexibles (UNESCO/UNICEF/World Bank, 2021; Azevedo et al., 2021).

2. Escenarios educativos múltiples. En lugar de planificar según un único escenario base, los escenarios plausibles como alta digitalización y personalización; restricción prolongada de recursos; adaptación a impactos climáticos, ayudan a hacer visibles opciones, implicaciones y puntos débiles de las estrategias actuales, y a integrarlos en ciclos de planificación e innovación (UNESCO, 2021; OECD, 2019–2023).
3. Vigilancia estratégica (tendencias y señales). El *horizon scanning* sobre demografía, cultura digital, brechas de conectividad o nuevas pedagogías permite detectar a tiempo riesgos y oportunidades y orientar medidas proactivas como actualización curricular, formación docente en competencias digitales, refuerzo de infraestructuras de aprendizaje en línea (UNESCO/UNICEF/World Bank, 2021).
4. Participación ampliada. Las metodologías de futuros convocan actores diversos — autoridades, docentes, estudiantes, familias y comunidades históricamente ausentes—, lo que enriquece visiones y legitima decisiones. La UNESCO despliega Futures Literacy Laboratories (FLLs) como espacios de aprendizaje por proyectos para imaginar futuros plurales y traducirlos en acción (UNESCO, 2021).
5. Investigación anticipatoria. Formular preguntas orientadas al porvenir impulsa a universidades y centros a evaluar tecnologías educativas emergentes, experimentar con nuevas configuraciones como, escolaridad híbrida, horarios alternativos, y retroalimentar la política con evidencia (UNESCO, 2021; World Bank, 2021).

La alfabetización de futuros (Futures Literacy) —capacidad para comprender *cómo* usamos el futuro en lo que vemos y hacemos— se ha convertido en una competencia clave para educadores y jóvenes. Desde un plano teórico-práctico, Miller (2018) sistematiza la disciplina de la anticipación y ubica la alfabetización de futuros, como capacidad para imaginar futuros múltiples y re-encuadrar el presente; la UNESCO ha institucionalizado su despliegue mediante redes globales (Miller, 2018; UNESCO, 2021.). En términos curriculares, el *Learning Compass 2030* incorpora marcos de agencia, metacognición y anticipación, proponiendo que los estudiantes “naveguen” contextos inéditos y tomen decisiones con responsabilidad (OECD, 2019–2023).

La prospectiva ya es disciplina académica en numerosas universidades (másteres, diplomas y certificados) y redes como la World Futures Studies Federation (WFSF) que acreditan programas y articulan comunidades de práctica (WFSF, 2023–2025). A escala escolar, diversos sistemas han introducido contenidos de “educación para el futuro” para trabajar pensamiento crítico, sistémico y ético con orientación de largo plazo (UNESCO, 2021).

La prospectiva aplicada a la educación potencia dos vectores: (1) mejora la planificación estratégica del sistema (políticas, currículo, infraestructura, formación docente) para operar en contextos VUCA y (2) forma individuos con mentalidad anticipatoria, capaces de pensar críticamente, imaginar alternativas y decidir en la incertidumbre. Preparar a los estudiantes no solo para futuros previsibles sino para un rango de posibles desenlaces se vuelve requisito de pertinencia y equidad en el siglo XXI (UNESCO, 2021; OECD, 2019–2023).

3.3. Propuesta metodológica DeflyCompass para la generación de Escenarios de Futuro en entornos VUCA.

La creciente inestabilidad de los entornos organizacionales ha provocado una transformación en la forma en que las empresas abordan decisiones estratégicas a futuro ha impulsado una revisión de los marcos prospectivos tradicionales (Johansen & Euchner, 2013; Cascio, 2020; Schulmeister, 2023). Entre estos marcos, el diseño estratégico de escenarios ha mostrado una especial idoneidad

para abordar la incertidumbre, al combinar creatividad exploratoria y rigor metodológico, aunque ha evidenciado ciertas carencias para abordar la complejidad organizacional creciente (Manetti, Lara-Navarra & Sánchez-Navarro, 2022)

Partiendo de esta base de adaptar el pensamiento prospectivo a las transformaciones y emergencias de las organizaciones, proponemos estudiar la representación prospectiva mediante constructos inspirados en la geometría de los conos de luz, inspirándonos en sus restricciones causales para mapear el espacio de futuros posibles de una organización. La revisión de la literatura evidencia, por un lado, que ciertos modelos del cono de futuros se apoyan en analogías con los conos de luz; sin embargo, por otro, estas formulaciones suelen marginar al observador del proceso prospectivo, reduciéndolo a una posición pasiva y debilitando así la dimensión estratégica del ejercicio (Gall, Vallet & Yannou, 2022; Christophilopoulos, 2021). Esta limitación refuerza la necesidad de marcos alternativos —como el Principio de Viabilidad de los Stakeholders (SVP)— que integren explícitamente a los actores en la co-construcción de futuros, ampliando el alcance metodológico y la relevancia práctica de la prospectiva organizacional

El modelo se articula alrededor de la incorporación de dos propuestas metodológicas. Por un lado, incorporamos al diseño estratégico de futuros el Principio de Viabilidad Stakeholder (PVS). Inspirado en el Principio Antrópico (Carter, 1974; Barrow & Tipler, 1986), este principio sostiene que sólo son relevantes y viables aquellos futuros compatibles con la existencia, la continuidad y las capacidades de los observadores, entendidos en el contexto organizacional como *stakeholders* críticos. El PVS prioriza escenarios co-construidos que satisfacen criterios de sostenibilidad y resiliencia de los actores clave (Van der Duin & Ortt, 2020), garantizando su alineación con la estrategia a largo plazo.

Por otro lado, y como segunda propuesta metodológica, introducimos en el pensamiento prospectivo el concepto de Singularidad Social. Definida como una transición crítica organizacional en la búsqueda de una respuesta concreta futura a un reto presente, se sustenta en la teoría de la emergencia organizacional (Chiles, Meyer & Hench, 2004) y en el marco de las llamadas transiciones críticas (Scheffer, 2009), identificando puntos de inflexión donde la convergencia de factores contextuales, estructurales y decisionales puede desencadenar reconfiguraciones sistémicas irreversibles (Plowman et al., 2007). Este eje integra la epistemología de los problemas singulares (Wenham, 1987), que subraya la necesidad de un tratamiento situado y adaptativo, y la noción de conos de incertidumbre (Bauman, 1964; AACE International, 2018, 2019) como herramienta para localizar zonas críticas de decisión. Estas propuestas metodológicas se sustentan en instrumentos propios del design thinking para la co-creación activa de futuros por parte de los *stakeholders*, junto con la detección de señales tempranas (*critical slowing down, flickering*) (Dakos et al., 2015), y permiten anticipar y gestionar configuraciones sistémicas nuevas y resilientes, alineadas con los filtros del PVS (Lara-Navarra et al., 2024).

La integración de ambos ejes metodológicos proporciona un marco robusto que no sólo determina qué futuros son viables, sino que también permite investigar el cómo y el por qué pueden emerger, facilitando intervenciones estratégicas para optimizar la resiliencia y la sostenibilidad organizacional (Lara-Navarra et al., 2024; Wenham, 1987). Esta combinación materializa escenarios futuros donde los *stakeholders*, a través de la co-creación, generan ideas, soluciones o conceptos de forma más abierta, exploratoria y creativa orientada a desarrollar, estructurar e implementar artefactos, procesos o estructuras tangibles y operativas alineadas con los criterios de viabilidad del PVS (Plowman et al., 2007).

A partir de esta integración conceptual, desarrollamos el método DeflyCompass (Manetti, 2017; Sánchez, 2024), que incorpora a las metodologías de design thinking herramientas de análisis cualitativos y cuantitativos de base retrospectiva y prospectiva. El método se estructura en cuatro fases —predicción, emergencia, consolidación y escalamiento— que permiten a las organizaciones filtrar, jerarquizar y comunicar escenarios futuros de alto impacto en entornos complejos e inciertos (Rosa et al., 2021; Inayatullah, 2008). DeflyCompass dota a los estrategas de una herramienta

científica y sólida que combina oportunidad, innovación y viabilidad participativa, transformando la prospectiva de un enfoque reactivo e inductivo hacia una capacidad estratégica más deductiva, explicativa y sistémica.

La estructura del presente trabajo de investigación comienza con una revisión de la literatura sobre modelos prospectivos que incorporan la visualización geométrica de los conos de luz, continúa con la presentación del PVS y su relación con la lógica antrópica, prosigue con la caracterización del concepto de Singularidad Social y finaliza con el desarrollo del método DeflyCompass, ilustrando cada fase con estudios de caso en educación superior. El cierre discute las implicaciones estratégicas y teórico-prácticas, destacando cómo la integración de filtros de viabilidad, señales tempranas de criticidad y procesos de co-creación facilitan la gestión proactiva de singularidades organizacionales, permitiendo a las organizaciones anticipar, construir y gestionar transformaciones sistémicas de alto impacto, posicionándose como agentes activos en la configuración de entornos resilientes, adaptativos y sostenibles.

Así pues, nuestra propuesta metodológica se sitúa en la intersección de dos campos consolidados: la teoría de la prospectiva estratégica (Godet & Durance, 2011; Inayatullah, 2008) y los modelos de emergencia organizacional (Plowman et al., 2007; Scheffer, 2009). Siguiendo la lógica de rigor analítico y pertinencia práctica que recomiendan Godet et al. (2010) en la metodología de escenarios, la metodología DeflyCompass integra, en resumen,

1. La geometría de los conos de luz como modelo conceptual de restricciones causales.
2. El Principio de Viabilidad Stakeholder (PVS) como sistema de filtros epistémicos adaptados de Carter (1974) y Barrow & Tipler (1986).
3. La Singularidad Social como criterio de identificación de puntos de inflexión sistémica.

Esta combinación se fundamenta en tres premisas fundamentales: pluralidad del pasado-futuro (Christophilopoulos, 2021), co-responsabilidad de los stakeholders (Inayatullah, 2008) y detección de señales críticas (Dakos et al., 2015).

A continuación, en las siguientes secciones, desarrollaremos estos marcos conceptuales comenzando por la fundamentación teórica que sustenta la evolución de los modelos prospectivos, para luego proceder a la caracterización detallada del Principio de Viabilidad Stakeholder y el concepto de Singularidad Social.

3.3.1. Contexto modelización DeflyCompass.

Como se ha señalado anteriormente, la prospectiva estratégica se ha consolidado como herramienta clave para anticipar y mitigar riesgos en contextos complejos de entornos VUCA (Astigarraga, 2016; Godet & Durance, 2011), pero también, los métodos prospectivos tradicionales han evidenciado ciertas carencias para abordar la creciente complejidad organizacional (Bennett & Lemoine, 2014; Cascio, 2020), persistiendo la necesidad de marcos conceptuales que integren enfoques interdisciplinarios y superen las limitaciones de los métodos clásicos (Casa et al., 2019).

En respuesta a esta necesidad, este estudio presenta un marco de trabajo heurístico sobre las bases explicadas en la Introducción, que se apoya en técnicas avanzadas de cuantificación de la información basadas en el análisis del lenguaje natural (las llamadas proyecciones semánticas, que se explicarán más adelante) para crear un método prospectivo científicamente riguroso y aplicable. Siguiendo la metodología de analogías heurísticas validada por Christophilopoulos (2021), estructuramos el siguiente sistema jerárquico de preguntas que guían el desarrollo, aplicación y validación de nuestro marco conceptual integrado.

Nivel 1: Fundamentos Heurísticos de Analogías Físico-Organizacionales

Nivel 2: Singularidades Sociales como Transiciones Críticas

Nivel 3: Operacionalización Metodológica DeflyCompass

Este sistema de preguntas orientadoras asegura coherencia conceptual entre analogías heurísticas, teorización de singularidades sociales y operacionalización metodológica, proporcionando un programa de investigación sistemáticamente integrado.

3.3.2. Elementos clave del modelo DeflyCompass.

En esta sección desarrollamos separadamente los tres elementos clave del modelo indicados en la introducción, valorando y ponderando las relaciones entre ellos.

A) Evolución y elementos de los Conos de Futuro Vs Conos de luz.

La relación entre la geometría de los conos de luz de la relatividad y los conos de futuros en prospectiva ilustran una de las conexiones interdisciplinarias más relevantes entre la física teórica y la planificación de futuros (Valaskakis, 2010; Christophilopoulos, 2021; Gall, Vallet & Yannou, 2022). Históricamente, este paralelismo fue establecido con la introducción de la geometría cónica en la causalidad espacio-temporal (Bondi, 1964) y popularizado por Stephen Hawking (1988). Fue Charles Taylor (1990) quien aplicó por primera vez este marco en estudios de futuros con su “cono de plausibilidad”, que fue sistematizado posteriormente por Hancock y Bezold (1994). Joseph Voros (2000) amplió esta conceptualización, agregando categorías y reconociendo la influencia directa de Hawking. Contribuciones más recientes como las de Valaskakis (2010), Christophilopoulos (2021), Gall, Vallet y Yannou (2022) y Costa-Leite (2023) han profundizado en los aspectos metodológicos y ontológicos de esta relación.

Mientras que la representación de futuros se ha centrado mayoritariamente en un cono presente-futuro, el trabajo de Christophilopoulos (2021) introduce el concepto de pasado, que incluye todos los eventos que pudieron haber influido en el presente, reconociendo que "así como el futuro es plural, lo mismo aplica para el pasado: diferentes eventos dentro del cono de pasados pueden desencadenar y crear el evento presente a través de una curva causal". Este pensamiento se alinea con desarrollos recientes que han cuestionado las limitaciones del modelo tradicional del cono de futuros, como señalan Carey et al. (2023): "The most prominent icon of design futuring, the Voros Cone, leaves out the past and begins with one, singular experience of the present... much of the hope for racial justice in the future is based on fulfilling promises of the past and acknowledging the plurality of experiences of the present" (p. 2).

Esta crítica fundamental al modelo tradicional de conos de futuro motiva el desarrollo de marcos metodológicos que incorporen explícitamente el estudio cualitativo y cuantitativo de la línea causal pasado-presente-futuro, y el papel activo del observador. En respuesta a estas limitaciones identificadas, proponemos el Principio de Viabilidad Stakeholder como alternativa que integra tanto la dimensión temporal como el rol constitutivo de los stakeholders organizacionales.

B) Principio de Viabilidad Stakeholder.

El Principio de Viabilidad Stakeholder (PVS) modela un “cono de viabilidad” organizacional donde solo sobreviven los futuros que aseguran: (a) la continuidad operativa de cada stakeholder crítico; (b) su participación activa como co-creadores de decisiones estratégicas; y (c) la plausibilidad sistémica de los escenarios, evaluada mediante criterios de sostenibilidad, resiliencia y coherencia axiológica. El análisis de los conos de futuro revela que, al igual que los conos de luz en física relativista definen regiones de observabilidad causal, la construcción prospectiva está vinculada

con la perspectiva del observador. Precisamente es esta analogía metodológica la que justifica el desarrollo del Principio de Viabilidad Stakeholder (PVS) como marco metodológico innovador para estudios de futuro organizacionales. Esta perspectiva se puede encontrar en trabajos de prospectiva participativa que enfatizan el papel activo del observador en la construcción de futuros (Inayatullah, 2008). Así, el PVS se fundamenta en la observación: el desarrollo del Principio de Viabilidad Stakeholder encuentra inspiración metodológica en la lógica de restricción epistémica del principio antrópico (Carter, 1974), operando explícitamente como modelo heurístico con límites claros. Siguiendo el enfoque de analogías interdisciplinarias validado por Christophilopoulos (2021) para conectar física relativista y estudios de futuros, adoptamos una perspectiva estrictamente conceptual que reconoce que así como el principio antrópico establece restricciones observacionales en cosmología, de manera análoga podemos establecer restricciones de viabilidad en prospectiva organizacional. Esta analogía heurística se limita específicamente a tres aspectos metodológicos:

- Restricción epistémica organizacional: Solo consideramos escenarios compatibles con la continuidad operacional de stakeholders críticos.
- Papel constitutivo del observador-participante: Los stakeholders no son neutrales sino que co-construyen activamente los futuros que observan.
- Filtros de plausibilidad sistémica: Desarrollo de criterios para evaluar viabilidad de escenarios basados en sustainability organizacional.

Además, tiene algunas limitaciones explícitas, teniendo en cuenta que no pretende una correspondencia directa con las cosmología ni tener validez universal. La analogía es puramente metodológica, no ontológica, y su utilidad se evalúa por su aplicabilidad práctica, no por su precisión analógica. Requiere validación empírica independiente en contextos organizacionales específicos y los filtros propuestos constituyen herramientas heurísticas, adaptadas. Así, esta propuesta se sustenta en modelos heurísticos validados que han demostrado efectividad para simplificar decisiones complejas bajo incertidumbre en contextos organizacionales (Gigerenzer et al., 2022), proporcionando estrategias rápidas y precisas especialmente apropiadas para entornos VUCA y BANI.

El Principio de Viabilidad Stakeholder establece que los escenarios futuros estratégicamente relevantes deben ser compatibles con la viabilidad, continuidad y sostenibilidad de los stakeholders clave del sistema organizacional, reconociendo que estos observadores-participantes no solo analizan futuros, sino que activamente los co-construyen a través de sus decisiones y acciones estratégicas, lo que establece una clara diferenciación con enfoques tradicionales que consideran a los observadores como elementos pasivos. De esta manera, el PVS prioriza escenarios co-construidos que satisfacen criterios de sostenibilidad sistémica de los actores clave, garantizando su alineación estratégica y resiliencia a largo plazo. Esta formulación encuentra paralelos metodológicos en los conos de futuro desarrollados por Voros (2017), quien establece que todos los futuros están basados en el momento presente donde el papel del observador es central.

Establecida la fundamentación teórica del PVS y sus paralelos metodológicos con desarrollos contemporáneos en futures studies, procederemos ahora a su operacionalización práctica mediante instrumentos de medición específicos que permitan su aplicación empírica en contextos organizacionales reales.

El PVS se estructura en cuatro componentes metodológicos fundamentales: (1) Identificación sistemática de stakeholders críticos para la continuidad organizacional, diferenciando entre stakeholders primarios (directamente afectados), secundarios (influyen en viabilidad), críticos (alto impacto sistémico), y ruidosos (con posiciones volátiles, disruptivas o difícilmente predecibles) (Chiles, Meyer & Hench, 2004; Van der Duin & Ortt, 2020). En este trabajo identificamos un nuevo perfil de stakeholders que denominamos tóxicos (stakeholders que generan efectos desestabilizadores mediante comportamientos negativos, como crítica destructiva, sabotaje pasivo,

resistencia sistemática o creación de ambiente hostil, sin contribución constructiva al sistema organizacional); (2) Evaluación de compatibilidad entre escenarios futuros y requisitos de sostenibilidad stakeholder, incluyendo sostenibilidad organizacional, continuidad de actores clave y coherencia de valores fundamentales; (3) Filtros de viabilidad que priorizan escenarios organizacionalmente sostenibles mediante tests de viabilidad, continuidad y coherencia y (4) Estado de compromiso de los stakeholders en promover el cambio organizativo de los diferentes escenarios priorizados.

Este acercamiento del PVS se alinea coherentemente con desarrollos contemporáneos en prospectiva participativa, donde "la prospectiva participativa es un enfoque de la planificación estratégica y la toma de decisiones orientada al futuro que involucra activamente a una amplia gama de partes interesadas en el proceso de explorar y dar forma al futuro" (VUB MOBILISE, 2023). Rosa et al. (2021) enfatizan que "el objetivo de la prospectiva participativa es fortalecer la capacidad de las personas para reconocer y aceptar la incertidumbre mientras se da forma colectivamente a una visión preferible del futuro", perspectiva que el PVS sistematiza al reconocer explícitamente la multiplicidad de observadores y sus contextos específicos de sostenibilidad y continuidad organizacional.

En este punto introducimos como el Principio de Viabilidad Stakeholder (PVS) puede ser operacionalizado mediante un enfoque híbrido que combina filtros conceptuales heurísticos con medidas cuantitativas validadas empíricamente. Esta integración, fundamentada en investigaciones recientes (Manetti et al., 2021; López Bordao et al., 2025), permite evaluar de manera sistemática y científica la sostenibilidad y viabilidad de escenarios futuros en organizaciones complejas. El modelo se basa en tres filtros principales, cada uno orientado a verificar diferentes dimensiones de la viabilidad organizacional:

Filtro Heurístico 1: Continuidad de los stakeholders. Pregunta clave: ¿El escenario garantiza la supervivencia de los actores críticos?

Para responder, se analizan aspectos como la sostenibilidad sistémica, perfiles de stakeholders (por ejemplo, extraídos a partir de información real de estudios de caso mediante técnicas de agrupamiento con algoritmos como k-medoids, de manera que cada grupo define un perfil característico), y proyecciones semánticas, que miden las interacciones entre los elementos conceptuales, que resulten superiores al 75% (Manetti et al. 2021; López Bordao et al., 2025). La combinación de estos análisis produce un índice numérico entre 0 y 1 que, si supera 0.70, indica que el escenario es compatible con la continuidad organizacional.

Filtro Heurístico 2: Capacidad participativa. Pregunta clave: ¿El escenario preserva las capacidades y recursos necesarios para la co-creación futura?

Para ello, se miden las similitudes semánticas entre competencias, recursos y escenarios mediante modelos de análisis del lenguaje natural (proyecciones semánticas, word embeddings,...), además de analizar patrones de co-ocurrencia en corpus especializados. Se define también un índice numérico asociado con valores entre 0 y 1; un valor superior a 0.65 sugiere que la co-creación es posible y sostenible.

Filtro Heurístico 3: Coherencia axiológica. Pregunta clave: ¿El escenario se alinea con los valores y principios fundamentales?

Aquí, se utilizan análisis de polaridad semántica y monitoreo del discurso con procesamiento NLP avanzado (como Google Gemini 2), complementados de nuevo con el

cálculo de proyecciones semánticas y extendiendo los resultados si es necesario mediante extensiones de Lipschitz sobre un modelos métrico establecido ad hoc en cada caso (como se explica en Lara-Navarra et al., 2024) para evaluar estabilidad axiológica. Al igual que en los casos anteriores, se produce un índice entre 0 y 1 que, si toma un valor por encima de 0.75, indica coherencia con los valores institucionales.

C) Singularidad Social en Conos de Futuros.

La Singularidad Social se erige en el modelo propuesto como un concepto central y una nueva frontera, en el diseño estratégico y pensamiento para la comprensión y gestión de transformaciones organizacionales en contextos complejos. Este enfoque responde a la demanda contemporánea de marcos capaces de abordar "lo singular" como fenómeno emergente, una tendencia especialmente relevante en las sociedades modernas donde los procesos de diferenciación y particularidad adquieren un valor estratégico.

La sociedad de singularidades de Reckwitz (2017) evidencia cómo el capitalismo cognitivo-cultural ha evolucionado hacia la valoración de lo único y auténtico, creando dinámicas competitivas donde "el ganador se lleva todo" y donde las organizaciones deben navegar entre la lógica de lo general y la lógica de lo particular. Las organizaciones han partido durante mucho tiempo de la lógica general basada en competir gracias a la eficiencia, a la estandarización y a la reducción de costes. La lógica de la singularidad social se basa en la diferenciación percibida, la creación de experiencias únicas y la capacidad de crear identidad y reconocimiento

La Singularidad Social se define en este trabajo como el punto crítico en el que convergen múltiples presiones, cambios incrementales y factores de incertidumbre, dando lugar a una toma de decisiones orientada a enfrentar los desafíos estratégicos de la organización. Este momento marca el inicio de transformaciones estructurales significativas y busca traducir las acciones estratégicas en la configuración de un escenario futuro con impacto sistémico.

Esta definición se fundamenta en tres características operacionales: (1) convergencia temporal de múltiples presiones en diferentes espacios organizacionales con pérdida de efectividad de mecanismos tradicionales de control; (2) amplificación desproporcionada donde cambios generan consecuencias sistémicas grandes, rompiendo relaciones causales lineales tradicionales; y (3) criticidad organizacional que constituye momentos donde múltiples trayectorias futuras son igualmente posibles, creando ventanas temporales limitadas para intervenciones estratégicas.

Para ilustrar el concepto de Singularidad Social nos remitimos a la transformación universitaria post-COVID (2020-2022), donde la convergencia de pandemia global, crisis económica, cambios generacionales y presiones de sostenibilidad generó en marzo 2020 una migración del 95% de actividades universitarias a modalidades virtuales en menos de dos semanas, con pequeñas decisiones sobre plataformas tecnológicas determinando trayectorias institucionales permanentes. Similarmente, casos como la transformación de Buurtzorg en Holanda (8,000 enfermeras en equipos auto-organizados) o Haier Group en China (80,000 empleados convertidos en 4,000 micro-empresas autónomas) ilustran cómo convergencias críticas permiten transformaciones sistémicas de alta amplificación.

La conceptualización de Singularidad Social se fundamenta en los trabajos de Wenham (1987) sobre problemas singulares en ciencia y educación, extendidos recientemente por Lara-Navarra et al. (2024) al contexto de educación superior. Esta aplicación a la prospectiva organizacional representa una contribución novedosa que adapta el concepto de singularidad (definido como la identificación de características únicas que requieren enfoques metodológicos específicos) para detectar transiciones críticas en sistemas organizacionales complejos.

La detección de singularidades sociales requiere un monitoreo de indicadores específicos, como el impacto de tendencias y mega tendencias, la proliferación de narrativas contradictorias

sobre el futuro organizacional, aceleración de rotación en posiciones de liderazgo clave, incremento exponencial de inversión en tecnologías disruptivas, fragmentación de coaliciones stakeholder tradicionales y aparición de "experimentos organizacionales" fuera de marcos establecidos.

En este contexto, la conceptualización de Singularidad Social propuesta proporciona el marco teórico necesario para la integración metodológica con el PVS y los conos de futuros prospectivos, facilitando el desarrollo de un constructo metodológico para la detección, análisis y gestión proactiva de transiciones críticas organizacionales que exhiben propiedades de singularidad social (Gall, Vallet & Yannou, 2022; Lara-Navarra et al., 2024).

Esta fundamentación conceptual se proyecta operativamente en un desarrollo metodológico que vincula el Principio de Viabilidad Stakeholder (PVS) con la Singularidad Social como criterio diferenciador. La incorporación explícita del PVS constituye una evolución natural del reconocimiento del papel del observador en la prospectiva organizacional. Esta transición combina los principios clásicos del "cono de incertidumbre" en gestión de proyectos (que muestran cómo en sistemas complejos, la incertidumbre tiene a concentrarse progresivamente hacia configuraciones específicas) que converge con la teoría de transiciones críticas de Scheffer (2009), que describe puntos de inflexión donde pequeñas alteraciones aparentemente menores pueden generar transformaciones de gran alcance en los sistemas estudiados.

La operacionalización de este marco teórico se materializa a través de la identificación y gestión de transiciones críticas organizacionales. La Singularidad Social operacionaliza este principio identificando zonas y momentos de transición crítica organizacional. Aquí, la co-creación y la acción estratégica de los stakeholders no solo participan, sino que catalizan el potencial de reconfiguración sistémica (Chiles, Meyer & Hench, 2004; Plowman et al., 2007). Así, la incertidumbre no se disipa al azar, sino que converge hacia umbrales críticos (tipping points) que abren la oportunidad para emergencias singulares y la cristalización de nuevas capacidades organizacionales, siguiendo patrones identificables de transición crítica (Scheffer, 2009).

Este enfoque operacional se sustenta en el plano epistemológico, en marcos que reconocen simultáneamente la especificidad del contexto y el potencial de escalamiento. La fundamentación metodológica se enriquece con la epistemología de los problemas singulares (Wenham, 1987), la cual subraya la necesidad de aproximaciones situadas y experiencias adaptativas, enfatizando la irreducibilidad de cada transición crítica en función de sus circunstancias particulares. Esta singularidad, aunque no sea plenamente transferible, puede ser objeto de análisis para extraer elementos escalables, tal como proponen los marcos de innovación contextual (Van der Duin & Ortt, 2020) y los modelos específico-genéricos (Macintosh & McLean, 1999). Estos enfoques muestran cómo las condiciones de emergencia condicionada pueden aplicarse de manera coherente mediante procesos de retroalimentación positiva.

La validación empírica de este marco teórico se sustenta en evidencias académicas de detección y gestión anticipada de singularidades sociales en las organizaciones. Estudios recientes, especialmente en el campo educativo, han demostrado la viabilidad de identificar y clasificar estas singularidades como "transiciones críticas exitosas" mediante metodologías mixtas y el uso de sistemas expertos basados en inteligencia artificial (Lara-Navarra et al. 2024). El estudio muestra que es posible detectar estas dinámicas antes de su consolidación total, permitiendo intervenciones estratégicas tempranas. Tales hallazgos refuerzan la pertinencia del enfoque y complementan los aportes sobre emergencia organizacional radical (Plowman et al., 2007), donde pequeños cambios al ser amplificados desencadenan a transformaciones profundas de todo el sistema.

El modelo propuesto por Plowman et al. (2007) describe la emergencia de transformaciones organizacionales radicales como una secuencia de cuatro etapas: (1) condiciones de desequilibrio - situaciones de tensión, crisis o perturbación que desestabilizan el statu quo organizacional - , (2) acciones amplificadoras - pequeñas decisiones o intervenciones que, debido a dinámicas no

lineales, generan efectos desproporcionados en el sistema - , (3) interdependencia y reagregación de recursos - reconfiguración de relaciones, capacidades y activos organizacionales en nuevas configuraciones sistémicas - , y (4) retroalimentación estabilizadora - mecanismos que consolidan y legitiman la nueva configuración organizacional, estableciendo un nuevo equilibrio dinámico.

La Singularidad Social se define y opera en el marco PVS como un tipo específico de transición crítica organizacional que:

- Explica y coordina la convergencia de incertidumbre hacia configuraciones singulares (Bauman, 1958; Gall, Vallet & Yannou, 2022)
- Incorpora principios de emergencia sistémica (Chiles, Meyer & Hench, 2004),
- Reconoce la importancia de enfoques situados, adaptados al contexto y a las dinámicas propias de cada organización (Wenham, 1987; Van der Duin & Ortt, 2020), y
- Promueve el uso de indicadores tempranos y de metodologías de clasificación y análisis mixto para la anticipación y toma de decisiones efectivas (Lara-Navarra et al., 2024; Arnau et al., 2024).

De este modo, el concepto de Singularidad Social se erige como una nueva base científica y metodológica renovada para la prospectiva organizacional, permitiendo la detección temprana, gestión proactiva y escalamiento estratégico de transiciones críticas con impacto sistémico.

3.3.3. Limitaciones y Alcance de las Analogías Heurísticas Propuestas.

En concordancia con las recomendaciones metodológicas de Christophilopoulos (2021), explicitamos las limitaciones de nuestras analogías interdisciplinarias. Las limitaciones fundamentales son las siguientes:

1. Analogías como herramientas conceptuales: Las correspondencias entre los conceptos físicos y organizativos sirven para expandir la imaginación metodológica, no para establecer leyes causales precisas.
2. Validez contingente: La utilidad debe demostrarse empíricamente en contextos específicos, sin transferibilidad automática entre sectores.
3. Alcance heurístico: Los marcos propuestos constituyen herramientas de exploración y reflexión estructurada, no instrumentos de predicción determinista.
4. No determinismo: No pretendemos predecir futuros organizacionales específicos, sino proporcionar filtros sistemáticos para explorar posibilidades de manera más rigurosa.

Es decir, nuestras analogías buscan expandir la capacidad mental para imaginar futuros organizacionales sin pretender validez universal o correspondencia precisa con fenómenos físicos. En este sentido, la validez de estos marcos heurísticos debe juzgarse por la utilidad práctica demostrada en contextos organizacionales reales y diversos, la capacidad para generar insights prospectivos novedosos y estratégicamente relevantes, la facilidad de aplicación por parte de estrategias organizacionales sin formación especializada, la mejora documentada en la calidad de procesos de planificación estratégica y toma de decisiones, y la coherencia conceptual y robustez metodológica en aplicaciones repetidas.

3.3.4. Aporte Metodológico: El Modelo DeflyCompass.

El modelo DeflyCompass representa la concreción operativa de un marco teórico que articula tres ejes conceptuales ya comentados:

- Correspondencias analógicas entre la geometría relativista de los conos de luz y los conos de futuros prospectivos, que permiten cartografiar restricciones causales y el espacio de posibilidades.
- La adaptación del principio antrópico (Carter, 1974; Barrow & Tipler, 1986) al Principio de Viabilidad Stakeholder (PVS), que filtra escenarios futuros según la continuidad y capacidades de los stakeholders críticos.
- La definición de la Singularidad Social. como un paradigma renovado que habilita la detección temprana, gestión proactiva y escalamiento estratégico de las transformaciones organizacionales con impacto sistémico.

La estructura del DeflyCompass se apoya en un proceso iterativo de cuatro fases que integra tecnologías avanzadas de análisis semántico, sistemas de detección temprana y metodologías participativas adaptativas. Esta metodología evoluciona el modelo Double Diamond tradicional al incorporar la dimensión temporal pasado-futuro en los conos de futuros, la complejidad stakeholder del PVS y herramientas computacionales de vanguardia para la detección y gestión de singularidades sociales en entornos organizacionales.

DeflyCompass despliega un proceso metodológico mixto y cuatridimensional para la prospectiva al movilizar simultáneamente cuatro ejes conceptuales y operativos en su su proceso:

- Inspiración Geometría Conos de luz (eje X). Modela la probabilidad de los futuros a partir del mapeo de restricciones causales inspiradas en la representación lógica de los conos de luz.
- Factibilidad técnica y contextual (eje Y). Evalúa la posibilidad de cada escenario, en función de las capacidades organizacionales y los recursos disponibles.
- Plausibilidad narrativa y axiológica (eje Z). Evalúa la coherencia de los escenarios con los valores, percepciones y conclusiones de los talleres participativos, integrando el filtro del PVS.
- Dimensión temporal-participativa (cuarta dimensión). Introduce la dinámica temporal y el rol activo de los stakeholders, capturando señales tempranas (*critical slowing down*, *flickering*) y promoviendo la co-creación de escenarios en cada fase.

Al integrar estos cuatro “ejes” - probabilidad, factibilidad, plausibilidad, temporalidad y participación - el método DeflyCompass ofrece un espacio que no solo facilita la creación de escenarios futuros posibles, sino también habilita la intervención de forma proactiva en las transiciones críticas que dan origen a las singularidades organizacionales.

El método se estructura en cuatro fase iterativas, cada una con su objetivo operacional, actividades clava, herramientas metodológicas y producto resultante.

○ **Fase 1.** Predicción Multidimensional (Discover Enhanced)

Objetivo: Priorizar los futuros que resulten compatibles con la viabilidad stakeholder.

Actividades: Mapeo de stakeholders, análisis semántico multifuente, estudio de posiciones discursiva y detección de señales débiles (*critical slowing down*, *flickering*) en series temporales de métricas organizacionales.

Herramientas: Word embeddings, algoritmos de alerta temprana, proyecciones semánticas y paneles de monitoreo (*dashboards*).

Producto: Mapa de Convergencias Semánticas Enriquecido, que presenta las presiones organizacionales y trayectorias semánticas, incorporando indicadores de alerta temprana. Este producto constituye un diagnóstico inicial para facilitar la identificación de patrones discursivos y señales débiles.

Ejemplo: En una universidad, el mapa muestra un aumento simultáneo en menciones a “flexibilidad híbrida” en redes sociales internas y publicaciones sectoriales, acompañado de un flickering en métricas de satisfacción docente, lo que indica un posible punto crítico para rediseñar el modelo de enseñanza.

○ **Fase 2.** Emergencia y Co-construcción Participativa (Define Collaborative)

Objetivo: Co-crear junto con los stakeholders una definición de singularidad mediante metodologías participativas estructuradas.

Actividades: Realización de talleres prospectivos segmentados por tipo de stakeholder para generar narrativas de escenarios y evaluar trayectorias divergentes. Implementación de paneles Delphi online con tres rondas de iteraciones controladas y retroalimentación sistemática. Ejecución de dinámicas de co-creación y disenso controlado. Síntesis de singularidades críticas mediante la integración de análisis cuantitativo (clustering, PCA) con el conocimiento experiencial de participantes.

Herramientas: Plataformas Delphi adaptativas, Herramientas de co-creación con retroalimentación semántica en tiempo real. Ejercicios de disenso controlado apoyado en análisis de polaridad discursiva.

Producto: Brief de Singularidad Co-construido que integra definiciones operacionales validadas, criterios de viabilidad consensuados y marcos temporales críticos, proporcionando una base común para el consenso estratégico sobre escenarios divergentes basado en la singularidad social.

Ejemplo: Para una empresa del sector salud, el brief identifica tres tipologías de singularidad (telemedicina avanzada, alianzas comunitarias, fabricación local de insumos), acordadas en talleres Delphi, y define ventanas de decisión para adoptar cada opción según indicadores de demanda y marcos regulatorios. como un paradigma renovado que habilita la detección temprana, gestión proactiva y escalamiento estratégico de las transformaciones organizacionales con impacto sistémico.

○ **Fase 3.** Consolidación y Sistematización (Develop Integrated)

Objetivo: Documentar y estabilizar configuraciones singulares emergentes mediante protocolos de gobernanza participativa y consolidación multivariable.

Actividades: Elaboración de matrices de factores críticos para identificar habilitadores y barreras. Seguimiento semántico longitudinal de la evolución de los escenarios co-construidos. Prototipado de escenarios post-singularidad con validación continua de stakeholders clave. Seguimiento semántico longitudinal de la evolución de los escenarios co-construidos. Pilotaje controlado de implementaciones estratégicas.

Herramientas: Dashboards multivariables para seguimiento. Social listening sistemático para evaluar evolución discursiva. Matrices de factores críticos con scoring cuantitativo. Minería de texto y modelos predictivos de criticidad.

Producto: Escenarios Futuros Sistematizados validados documentados con matrices de factores críticos y evaluados con métricas de resiliencia, que sirven como base para el diseño de planes de acción operativos.

Ejemplo: En un instituto tecnológico, se pilota un escenario de “laboratorio digital descentralizado” durante seis meses, midiendo velocidad de prototipado, los niveles de colaboración remota y la reducción de tiempos de proyecto. Los resultados se documentan en matrices que orientan la adopción escalonada de la plataforma.

○ **Fase 4.** Escalamiento Específico–Genérico y Transferibilidad (Deliver Scalable)

Objetivo: Extraer principios transferibles y adaptar el método a nuevos contextos, sectores y territorios.

Actividades: Diseño de marcos específicos-genéricos que permitan replicar aprendizajes clave. Creación de redes interorganizacionales para la gobernanza participativa. Adaptación contextual basadas en insights etnográficos comparativos. Elaboración de mapas digitales de tendencias sectoriales y territoriales.

Herramientas: Modelos de principios transferibles. Plataformas de tendencias semánticas y sistemas de gobernanza colaborativa.

Producto: Marco de Navegación Escalable que incluye principios transferibles, redes interorganizacionales y mapas digitales de tendencias como guía para la réplica del método en nuevos sectores o territorios.

Ejemplo: A partir de la experiencia en educación superior, el marco adapta el principio de “innovación semántica” a un consorcio de pymes, generando un mapa de tendencias sobre automatización local y estableciendo una red de colaboración entre cinco empresas para compartir protocolos de adaptación.

4.Publicaciones.

4.1. Artículo. Redefiniendo la configuración de la opinión pública en la era digital: análisis computacional de dinámicas mediáticas y sociales.

Este capítulo explora cómo las nuevas dinámicas mediáticas digitales influyen en la opinión pública, sentando una base metodológica para comprender entornos VUCA desde una perspectiva social. Proporciona un contexto inicial para estudiar las dinámicas y posibles implicaciones en educación analizadas en los capítulos siguientes

Lara-Navarra P., Ferrer-Sapena A., Sánchez-Pérez E. y Coronado-Ferrer A. (2025). Redefiniendo la configuración de la opinión pública en la era digital: análisis computacional de dinámicas mediáticas y sociales: Análise Computacional de Dinâmicas Midiáticas e Sociais. *Estudios sobre el Mensaje Periodístico*, 31(2), 431-444. <https://doi.org/10.5209/emp.100391>

Este estudio analiza la relevancia de las teorías clásicas de la comunicación —agenda setting y representaciones sociales— y destaca su vigencia en el comportamiento de audiencias masivas en el entorno digital.

La investigación propone un enfoque metodológico basado en inferencia bayesiana, que permite cuantificar la propagación de la información y segmentar grupos de usuarios impactados por una campaña comunicativa específica. Este procedimiento se aplica al análisis computacional de 40 noticias y 61 840 tuits relacionados con un caso mediático controvertido. Se demuestra que los contenidos publicados en la prensa pueden catalizar discusiones digitales masivas, impulsar la difusión de narrativas sesgadas y condicionar la formación de comunidades de opinión.

Los resultados evidencian el doble papel que desempeñan los medios y las plataformas digitales: por un lado, orientan la atención pública hacia determinados temas; por otro, amplifican su alcance y profundidad a través de la viralización. Esta dinámica facilita la formación de comunidades polarizadas, alimentadas por la sobreexposición a contenidos no verificados.

El estudio subraya la urgencia de implementar estrategias y contramedidas eficaces para mitigar los efectos de la polarización mediática digital. En este sentido, propone herramientas analíticas para la detección de patrones de manipulación, la identificación de comunidades vulnerables y la promoción de una opinión pública más informada, crítica y participativa.

Redefiniendo la configuración de la opinión pública en la era digital: análisis computacional de dinámicas mediáticas y sociales

1.Introducción

Las redes sociales y las plataformas digitales han revolucionado la forma en que interactuamos socialmente (Papacharissi, 2010) e influyen de manera significativa en la transformación de la comunicación contemporánea. Estas herramientas no solo facilitan la difusión de información y el establecimiento de relaciones personales y profesionales (Blasco, 2021), sino que también se han convertido en poderosos medios para aprender y conectarse globalmente. Sin embargo, su misma efectividad y rapidez las han hecho susceptibles a usos negativos, para propagar desinformación, generar tensiones políticas o incluso apropiarse de datos personales (Amedie, 2015; Berners-Lee, 2017), por lo que se han convertido en herramientas para la manipulación social. Estudios recientes constatan cómo las redes sociales, especialmente en contextos de crisis, como la pandemia, intensifican la manipulación de la opinión (Zunino *et al.*, 2022).

En los últimos años, se ha registrado un incremento de la polarización social, lo que representa un problema de gran envergadura en los ámbitos social, económico y político (Wardle y Derakhshan, 2017). Las redes sociales, en particular, han actuado como un catalizador para la difusión de narrativas tóxicas (Fontana, 2021) al facilitar la propagación de discursos crispadores. Además, se ha identificado un vínculo entre estas dinámicas y movimientos organizados, denominados por algunos autores como «ingenieros del caos» (Da Empoli, 2020), quienes utilizan estrategias digitales deliberadas para manipular el discurso público.

La decisión de las redes como Facebook, Instagram y X (antes conocida como Twitter) de prescindir de verificadores de datos independientes para adoptar un modelo de notas comunitarias ejemplifica los cambios que experimentan las políticas de moderación y verificación en las redes. No obstante, algunos trabajos académicos advierten que supeditar la verificación al conocimiento colectivo sin contar con un sistema robusto de educación mediática y rendición de cuentas puede abrir la puerta a la perpetuación de la polarización y a la consolidación de discursos sesgados (Freedman, 2019). Este giro pone de relieve la facilidad con la que se pueden modificar los procedimientos de supervisión de la información, incide en la dinámica de propagación de contenidos y refuerza la responsabilidad de los propios usuarios en su creación y validación (Cambronero-Saiz, 2022; Fontenla-Pedreira *et al.*, 2020; Mula-Grau, 2022), algo que propicia las redes sociales sean un espacio, relativamente sencillo, para la propaganda digital, la desinformación y los discursos de odio. Este problema se acentúa cuando el epicentro es la desinformación en redes sociales para propagar discursos de odio hacia comunidades vulnerables, lo cual incrementa conflictos sociales y políticos (Blanco Herrero, 2023).

En este sentido, el uso de los medios masivos de información para moldear estados de opinión no es en absoluto nuevo. Desde las décadas de 1970 y 1980, se han propuesto diversas corrientes de pensamiento que explican la propagación y la manipulación informativa en entornos masivos con el fin de configurar la opinión pública en beneficio de un fin claramente establecido. Aunque las redes sociales han intensificado estos procesos mediante su inmediatez y su capacidad de alcance, las teorías clásicas siguen siendo clave para analizar la comunicación posmoderna, en especial cuando se examinan los efectos de la desinformación en la formación de comunidades con convicciones poco fundamentadas (Morales, 2022). En este trabajo, se identifican dos pilares teóricos que resultan fundamentales para analizar la transformación y manipulación de la opinión pública en la sociedad digital: el enfoque de la agenda *setting* (McCombs y Shaw, 1972) y la teoría de las

representaciones sociales (Farr, 1984, 1989; Moscovici, 1976, 1979).

La teoría de la agenda *setting* sostiene que los medios de comunicación masivos determinan qué noticias se consideran relevantes y cuáles quedan relegadas (McCombs, 1996). Aunque no imponen una postura a la audiencia, sí focalizan su atención en determinados temas (Guo, 2012; Vargo y Guo, 2017) y, en la actualidad, los algoritmos acentúan esta priorización, al personalizar la información que ve cada usuario (Lara-Navarra *et al.*, 2020; Pariser y Vaquero Serrano, 2017). La orientación ideológica y los algoritmos de las redes sociales refuerzan esta capacidad de influencia y promueven narrativas dominantes (Santiago Guervós, 2020).

Por su parte, la teoría de las representaciones sociales examina cómo los grupos construyen y comparten significados, lo cual explica que la sobreexposición a información termine por consolidar estructuras cognitivas que eluden la evidencia objetiva (Goffman, 1974; Lakoff, 2007, 2009; Timoteo-Álvarez, 2005, 2007). Esta idea se vincula con aquellos estudios donde se señalan que las redes sociales facilitan la creación de burbujas informativas y refuerzan creencias preconcebidas mediante actos de desinformación intencional (Calvo y Aruguete, 2020). Es evidente que las dinámicas se multiplican en las redes sociales, espacios de consumo inmediato de información (Pennycook y Rand, 2021) donde la facilidad de publicación y la alta propagación en poco tiempo dificultan la verificación y fomentan la formación de grupos de opinión fuertemente marcados por informaciones parciales (Cabezuelo-Lorenzo y Manfredi, 2019; Sunstein y Vermeule, 2009). La arquitectura tecnológica de estas plataformas, basada en la ubicuidad, la conectividad y viralización, fomenta la propagación acelerada de mensajes difíciles de contrastar (Martel *et al.*, 2020), lo que incrementa el riesgo de generar comunidades desinformadas y polarizadas.

A partir de este marco conceptual, la investigación se centra en estudiar si las noticias generadas en la prensa escrita son el catalizador que provoca un debate en redes sociales. Cuando esta discusión es masiva, los usuarios establecen grupos de opinión en base a información no contrastable. Nuestra metodología pretende recoger evidencias para determinar mensajes y grupos de interés con el fin de favorecer ciertos intereses políticos, comerciales o personales (Lewandowsky *et al.*, 2012). Proponemos una nueva metodología de análisis que proporcione una estrategia para combinar el uso de la tecnología con el análisis conceptual. Para ello, la clave de la propuesta es identificar de manera automática la propagación de información, establecer las temáticas y grupos de personas receptoras de la intencionalidad en la propagación de información en una red social, para que posteriormente especialistas en información puedan establecer la intencionalidad comunicativa.

2. Objetivos

Esta investigación tiene como objetivo principal demostrar la vigencia de los procesos de construcción colectiva de significados, descritos por la teoría de las representaciones sociales (Farr, 1984, 1989; Moscovici, 1976, 1979), junto con la capacidad de dirigir la atención pública, como sugiere la teoría de la agenda *setting* (McCombs y Shaw, 1972). Aunque estos fundamentos teóricos emergieron durante el siglo XX, se considera su plena validez en el entorno digital actual. La novedad no reside tanto en las formas de generar opinión o difundir información, sino que radica en la inmediatez y el alcance exponencial que posibilitan las plataformas sociales. Estudios recientes como los de Santiago Guervós (2023) refuerzan este argumento al mostrar cómo las representaciones sociales se construyen y consolidan en las plataformas digitales, amplificando las narrativas preferidas por las élites.

En segundo lugar, el estudio se centra en analizar la relación entre las noticias difundidas

en medios de comunicación escritos y la discusión que se produce en X (anteriormente conocida como Twitter). Concretamente, se busca esclarecer cómo la rapidez y la viralización propias de esta red pueden desencadenar un posicionamiento de los usuarios y la adopción de encuadres temáticos que desemboquen en la configuración de un estado de opinión contrario a —o independiente de— la información objetiva (RubioNuñez, 2018). En este sentido, investigaciones destacan cómo las redes sociales potencian la viralidad de las noticias y facilitan la creación de estados de opinión basados en desinformación (Calvo y Aruguete, 2020). Además, la estructura de estas plataformas, caracterizada por la brevedad de los mensajes y su rápida retransmisión, incrementa la visibilidad de los contenidos y sus autores (Orihuela, 2011), lo que las convierte en espacios idóneos para estudiar el mensaje informativo y los efectos de la posverdad (Postill, 2018; Rovira, 2017; Treré, 2018).

Para ello, se aprovechan las posibilidades que ofrece la plataforma X, que destaca por su capacidad de proporcionar contenido de consumo inmediato y de distribuirlo de forma simultánea a millones de usuarios (Bernal-Triviño y Clares-Gavilán, 2019; Fontenla-Pedreira *et al.*, 2020), así como por su aptitud para detectar tendencias y fomentar la interacción con diversas fuentes (Rubio-García, 2014). Esta relación es respaldada por Blasco Duatis y Coenders (2018), quienes analizaron cómo los procesos de la agenda *setting* tradicionales se transforman en el entorno digital y cómo los encuadres mediáticos influyen significativamente en los debates generados en plataformas sociales.

En tercer lugar, el trabajo pretende evaluar la viabilidad de un modelo estadístico bayesiano que, en consonancia con las teorías de la agenda *setting* y las representaciones sociales, permita identificar la propagación de noticias, establecer conexiones temáticas en los debates y delimitar el alcance de potenciales campañas dirigidas a perfiles concretos de usuarios. Este modelo busca integrar la perspectiva teórica con herramientas matemáticas para analizar la propagación de la información e impacto del contenido en generación de grupos de opinión. Al respecto, Alaminos-Fernández y Alaminos (2023) han demostrado que la combinación de estadística bayesiana y análisis de series temporales resulta eficaz para modelar procesos de difusión informativa en redes sociales. Asimismo, Reynoso (2023) resalta la utilidad de estos modelos matemáticos para el estudio de dinámicas sociales digitales.

Finalmente, la investigación se propone validar la utilidad de la codificación matemática para estudiar la actividad en la difusión de contenidos y el posicionamiento de los usuarios, de modo que se superen los enfoques meramente descriptivos. Esta aproximación, apoyada en la estadística bayesiana, aspira a ofrecer un método más preciso para la detección y la predicción de estrategias de comunicación para configurar la opinión pública. Aporta, además, una ampliación de los principios de la comunicación clásica al integrar un enfoque cuantitativo que permite medir fenómenos característicos de la inmediatez y el alcance global del entorno digital. Viñán Ludeña (2023) y Ustarroz Molina (2021) respaldan esta perspectiva, al subrayar cómo la estadística bayesiana y otras técnicas analíticas pueden ser aplicadas para predecir patrones de comportamiento informativos y analizar la influencia de las redes sociales en la formación de opinión pública.

PI1. ¿Existe una relación entre las noticias publicadas en medios escritos *online* y los debates que se generan en X en términos de agenda y posicionamiento temático?

PI2. ¿Permite el modelo bayesiano propuesto establecer conexiones e inferencias en los mensajes que ayuden a detectar y clasificar los intereses informativos?

PI3. ¿Facilita este enfoque la identificación de contenidos desinformados y la delimitación de grupos de usuarios objeto de campañas de comunicación manipuladora?

PI4. ¿Puede la codificación matemática, basada en la estadística bayesiana, convertirse en una herramienta efectiva para el análisis del tratamiento informativo y la comunicación social en redes como X?

3. Metodología

La estrategia metodológica utilizada en esta investigación adopta un enfoque mixto, secuencial cualitativo-cuantitativo, que combina el estudio de redes sociales, la modelización estadística y el estudio del impacto de la información en la opinión pública. En concreto, se presenta un modelo bayesiano aplicado a un grafo dinámico, a fin de explicar y cuantificar la propagación de contenidos a lo largo del tiempo. A continuación, se describen los pasos principales de esta metodología.

3.1. Fase de análisis cualitativo: estudio de contenido y cobertura en prensa

En esta etapa, se propone un estudio de las noticias publicadas en medios digitales sobre el caso seleccionado, así como de los titulares, las fechas de publicación y los encuadres temáticos, junto a la identificación de los *hashtags* con mayores tendencias con el fin de establecer su relación con la agenda en redes sociales. El objetivo principal consiste en validar y complementar los hallazgos cuantitativos obtenidos posteriormente a través de la modelización bayesiana y el análisis relacional de redes y, de esta forma, contrastar las hipótesis formuladas sobre la teoría de la agenda *setting* (McCombs y Shaw, 1972) y la conformación de representaciones sociales (Moscovici, 1976, 1979) en las redes sociales.

En primer lugar, se seleccionan y verifican las noticias publicadas en medios digitales que estén relacionadas con el caso de estudio, utilizando para ello buscadores como Google Noticias o Google Web. Google Noticias, en particular, ha demostrado ser una herramienta valiosa para el análisis científico, ya que permite identificar palabras clave y facilita la recuperación de información mediante el uso de lenguajes naturales (Lopezosa *et al.*, 2024). Además, el uso de agregadores como Google News no solo incrementa la visibilidad web de los contenidos, sino que también desempeña un papel clave en la configuración de la agenda *setting*, aspecto central del objeto de estudio planteado en esta metodología (Young y Atkin, 2022). Seguidamente, se clasifican las noticias según su fecha de publicación, el medio que las difunde. A continuación, se procede a analizar el contenido de los titulares de las noticias extraídas y se busca contrastar con la información de fuentes oficiales u otros estándares de veracidad. En caso de existir un criterio formal de validación —por ejemplo, un fallo judicial—, este se emplea para determinar qué noticias resultan objetivas y cuáles difunden información sin sustento, lo que permite establecer un parámetro sólido para medir la exactitud de cada publicación (Freedman, 2019; Lakoff, 2007; Wardle y Derakhshan, 2017).

Seguidamente, se examinan de los titulares el vocabulario dominante en los textos, con el propósito de identificar las palabras clave más frecuentes y determinar de esta manera cómo se orienta la atención de la audiencia y en qué medida se promueven narrativas parciales o tendenciosas. Este recuento de términos y expresiones se asocia con fenómenos de polarización mediática y con la posible creación de grupos de opinión vinculados a encuadres específicos del caso estudiado. Posteriormente, se busca en redes sociales la presencia de *hashtags* que se alineen con el caso y se consultan diversas métricas de impacto para verificar si dichos *hashtags* lograron ser tema destacado en un día concreto. Para este fin, se registra la fecha y hora de publicación de cada noticia y se contrasta con los picos de interés o tendencias en la plataforma X (antes Twitter). Esta correlación cronológica posibilita comprobar si la cobertura mediática focaliza la discusión en redes, con lo que se confirma o refuta la hipótesis de que los medios escritos actúan como catalizador del debate (McCombs y Shaw, 1972).

Finalmente, se efectúa una lectura y categorización cualitativa de los textos para analizar la forma en que se presenta el suceso (por ejemplo, «escándalo político», «rescate legítimo» o

«conexión con actores externos») y evaluar la creación de significados colectivos, en consonancia con los postulados de la teoría de las representaciones sociales (Moscovici, 1976, 1979). Se presta especial atención a la aparición de posturas inamovibles, propias del refuerzo de convicciones grupales (Farr, 1984, 1989). De este modo, el análisis cualitativo de la cobertura en prensa y la verificación de titulares, fechas y enfoques temáticos se articulará con la información proporcionada por análisis cuantitativo. Con este proceso se dispone de un criterio sólido para distinguir las noticias objetivas de aquellas basadas en afirmaciones infundadas y, al mismo tiempo, se esclarece el rol de la prensa en la propagación de la desinformación, ya sea amplificando narrativas engañosas o pasando inadvertida a pesar de ofrecer información veraz. Por consiguiente, el método cualitativo adquiere los datos necesarios para complementar y corroborar los resultados cuantitativos.

3.2.Fase de análisis cuantitativo: conceptualización, codificación y modelización estadística

En esta etapa, se persigue la identificación, cuantificación y caracterización de los contenidos potencialmente engañosos o sesgados, así como la delimitación de los grupos de usuarios más relevantes en la difusión de desinformación. Para ello, se emplea una aproximación sistemática que integra la teoría de grafos, la codificación semántica de los mensajes, el análisis exploratorio a través de técnicas de *clustering* y la inferencia bayesiana para estimar la probabilidad de que determinados tuits o usuarios promuevan narrativas falsas.

En primer lugar, se representa la red social X (antes Twitter) como un grafo relacional dinámico, en el cual cada nodo corresponde a un usuario y cada arista simboliza la transmisión temporal de mensajes (tuits, retuits, menciones). Dado que las interacciones se registran a lo largo de un eje cronológico, el grafo refleja la propagación de información de manera secuencial (Gamboa, 2023). Cada nodo se caracteriza por un conjunto de atributos —palabras clave, *hashtags*, enlaces— que aluden a la posible presencia de desinformación. Este enfoque relacional ofrece una lectura sistemática de la dinámica de publicación y retuit, asignando un peso probabilístico a la probabilidad de que el contenido sea engañoso o malintencionado.

Tras la conceptualización del grafo, se vectoriza cada mensaje con el fin de capturar sus dimensiones léxicas, semánticas y contextuales (Orozco *et al.*, 2022). Dicha codificación comprende indicadores léxicos y sintácticos, metadatos de usuario y rasgos temporales. Esta vectorización multidimensional sienta las bases tanto para la clasificación de contenidos mediante algoritmos de *clustering* como para la modelización estadística posterior.

En la siguiente fase, se aplican algoritmos de *clustering* K-means y métodos de reducción de dimensionalidad para agrupar tuits con rasgos temáticos similares y delimitar subcomunidades de usuarios que comparten patrones afines de difusión (mismo uso de *hashtags*, intereses políticos, etcétera). Con el objeto de optimizar la calidad de la segmentación, se emplean métricas de entropía (Cicalese *et al.*, 2019; Chen *et al.*, 2013) que minimizan la diversidad interna y maximizan la diferencia entre clústeres (Krauskopf y Salgado, 2023). Este proceso, que arroja una representación preliminar de la estructura semántica y relacional de los mensajes, sienta las bases para examinar la influencia de cada grupo en la propagación de información potencialmente engañosa.

En este punto hay que destacar que el análisis cuantitativo tiene como foco la inferencia bayesiana, cuyo propósito es estimar la probabilidad de que un mensaje o usuario promueva campañas de informativas dirigidas a un marco conceptual concreto. Se asume un modelo de red bayesiana con dos características principales: dependencia secuencial —cada evento (tuit, retuit, mención) depende de los mensajes que lo preceden en el grafo, excluyendo la influencia simultánea de otros nodos coetáneos— y actualización continua, en la que, a medida que se incorporan nuevos datos (denuncias, verificaciones, patrones de interacción), se recalculan las probabilidades de engaño (Gamboa, 2023; Orozco *et al.*, 2022). De este modo, no solo se cuantifica la probabilidad

de que cada tuit sea engañoso, sino que también se obtiene un mapa dinámico de aquellos nodos (usuarios) que desempeñan un papel central en la difusión de narrativas falsas o tendenciosas.

Finalmente, debe tenerse en cuenta que los resultados son dependientes del momento en el que se hizo la captación de datos y las particularidades del modelo. Siguiendo los estándares para asegurar la replicabilidad en este tipo de modelos, así como la fiabilidad de los resultados, se usaron validaciones internas y externas, tal y como comentaremos más adelante. En el caso del algoritmo de *clustering* utilizado para agrupar mensajes según similitudes semánticas, se observó el decrecimiento de la curva de la varianza explicada para evaluar la coherencia interna de los grupos generados. Se estableció como número óptimo cuando la pendiente negativa de la curva pasaba a ser menos pronunciada, tal y como se hace habitualmente.

El modelo bayesiano se planteó con un enfoque simple (Naive Bayes) y distribución a priori uniforme. Se consideró la independencia condicional entre variables textuales. La actualización de las probabilidades en los diferentes pasos del proceso se ejecutó mediante una base de entrenamiento etiquetada manualmente y se buscó siempre una proporción equilibrada entre mensajes informativos y desinformativos. Este procedimiento es ampliamente utilizado y ha demostrado su eficacia en análisis similares de difusión de información en redes sociales.

4.Resultados

Para alcanzar los objetivos de esta investigación, se buscaron casos de controversia política que abarcaban una amplia variedad de temáticas, incluidas las de corrupción política y financiera, abuso de poder, tráfico de influencias, escándalos relacionados con ayudas públicas, políticas fiscales polémicas, manipulación en contextos de crisis y el uso de propaganda digital. La literatura especializada indica que este tipo de casos no solo recibe una cobertura mediática considerable, sino que también genera un alto nivel de atención pública, especialmente cuando se difunden a través de plataformas digitales y redes sociales. En estos entornos, la visibilidad de los escándalos se amplifica mediante mecanismos como la viralización, el uso de narrativas polarizadoras y la simplificación de los hechos (Berganza *et al.*, 2024).

Además, se observa una tendencia de los medios a enfatizar aspectos sensacionalistas, con personalización de los casos en torno a figuras públicas, lo cual refuerza el interés informativo pero también puede distorsionar la comprensión del problema. Este fenómeno se inscribe en lo que diversos autores denominan la «era del escándalo político», caracterizada por un creciente interés académico en el análisis de cómo estos acontecimientos son comunicados y representados en los medios, y cómo impactan en la opinión pública, la confianza institucional y el comportamiento electoral (Berganza *et al.*, 2023). Estos elementos se consideran clave para analizar la amplificación de narrativas para la manipulación de la opinión pública en redes sociales, como parte de estrategias de propaganda digital.

En este contexto, el caso de estudio elegido corresponde a la controversia generada en torno a las ayudas financieras otorgadas durante la pandemia de COVID-19 por el gobierno español a diversas empresas, especialmente la ayuda de 53 millones concedida a la aerolínea Plus Ultra, la cual atrajo una significativa atención mediática y desencadenó debates masivos tanto en medios tradicionales como en redes sociales. Este caso, iniciado en marzo de 2021 y cerrado cuando la justicia archiva el caso en enero de 2023, presenta un alto grado de repercusión mediática y resulta idóneo para poner en práctica las técnicas de modelización y análisis propuestas. En la primera etapa de la validación, se analizó de forma cualitativa si las noticias publicadas en diversos diarios ejercían un efecto de focalización temático — consistente con los postulados de la agenda *setting*— y si, ulteriormente, desencadenaban discusiones masivas en la red social X (antes Twitter).

Para ello, se realizaron búsquedas en Google Noticias y Google Web con la ecuación «ayudas AND Plus Ultra» y se filtraron las publicaciones comprendidas entre el 9 y el 20 de marzo de 2021. Se identificaron 40 noticias de 27 medios escritos, cuyo contenido se correspondía con el tema analizado tras un examen crítico de la información, reflejado en la Tabla 1. El fallo judicial definitivo, que descartó malversación de caudales públicos, cohecho, prevaricación y otros delitos, sirvió como referente objetivo para establecer qué proporción de noticias era fácticamente correcta frente a cuáles inducían a la desinformación. De este modo, se pudo constatar que el 21,95 % de las noticias seleccionadas presentaban datos objetivos y concordantes con la resolución judicial, mientras que el resto contenía enfoques tendenciosos o afirmaciones sin sustento probado.

La Tabla 1 recoge los principales titulares publicados en medios *online*, junto con la fecha y hora de su difusión. El análisis preliminar reveló que, aunque los diarios iniciaron la cobertura el 9 de marzo, muchas de estas noticias con datos objetivos pasaron desapercibidas en redes sociales (véase la Tabla 2). Este hallazgo sugiere la relevancia del factor inmediatez y de la selección temática en la formación de la agenda: las informaciones más polémicas o sesgadas alcanzaron un impacto significativamente mayor, coherente con la teoría de la posverdad y la orientación de la atención pública. Los términos más frecuentes en este conjunto de titulares de prensa son: «rescate» (20 %), «Plus Ultra» (18 %), «chavismo» (10 %), «aerolínea» (9 %), «Gobierno» (7 %), «Venezuela» (5 %), «polémica» y «avión» (4 %), y «alianzas», «Maduro» y «España» (3 %). El conjunto de otras palabras representa el 13 % restante.

Tabla 1. Medios de comunicación que participaron en el caso político.

Diario	Fecha	Hora	Titular	Diario	Fecha	Hora	Titular
Diario.es	9/3/21	15:06	El Gobierno rescata a Duro Felguera y la aerolínea Plus Ultra con 173 millones	Clarín	17/3/21	06:00	El rescate de Plus Ultra, una compañía aérea vinculada al círculo íntimo de Nicolás Maduro, complica al gobierno de España
EuropaPress	9/3/21	15:26	El Consejo de Ministros aprueba un rescate de 53 millones de euros para la aerolínea Plus Ultra	ABC	17/3/21	09:01	Los vuelos de Plus Ultra a Venezuela los organiza el Consulado español
El Confidencial	9/3/21	16:08	El Gobierno aprueba ayudas de 120 M a Duro Felguera y de 53 M a la aerolínea Plus Ultra	La razon	17/3/21	18:14	La aerolínea Plus Ultra es “estratégica”, española y cumple los criterios para recibir ayudas
El Periódico	9/3/21	17:25	El Gobierno aprueba ayudas para Duro Felguera y a aerolínea Plus Ultra	El Mundo	17/3/21	22:34	Plus Ultra opera solo el 0,03% de los vuelos en España y recibe el rescate récord del Estado: 150.000 euros por empleado
El Pais	9/3/21	18:53	El Consejo de Ministros también da luz verde a una ayuda de 53 millones para la aerolínea Plus Ultra	Preferente	17/3/21		Plus Ultra se defiende de las críticas por vínculos chavistas

Vozpopuli	10/3/21	04:45	El Gobierno rescata una aerolínea 'venezolana' conectada con el chavismo	FactoresPoder	17/3/21		Plus Ultra: la aerolínea española que vincula a enchufados venezolanos con el gobierno español
BancaNegocios	10/3/21	08:39	Gobierno español rescata a aerolínea vinculada al chavismo al invertir más de US\$63 millones	VozPopuli	17/3/21	18:29	El PP pregunta al Gobierno por los vínculos de Plus Ultra con la aerolínea pública chavista
Libre Mercado	10/3/21	12:41	El Gobierno rescata con 53 millones a una aerolínea conectada con el chavismo	P. Digital	18/3/21	09:52	'Alguien se lo lleva crudo': el Gobierno PSOE- Podemos rescata con 53 millones una aerolínea chavista con un solo avión
La Información	11/3/21	04:30	La 'conexión Caracas' del fondo SEPI: de Plus Ultra a Duro Felguera y Zapatero	Información	18/3/21	12:08	Qué es Plus Ultra, la aerolínea del polémico rescate que bloquea la Justicia
ABC	11/3/21		Polémica por el rescate de Plus Ultra, una aerolínea sin apenas vuelos vinculada al chavismo	Libre Mercado	18/3/21	14:27	¿Estratégica y viable? Plus Ultra, la compañía de un solo avión vinculada al chavismo que rescata el Gobierno
Vozpopuli	12/3/21	04:45	Un empresario cercano a Delcy Rodríguez compartió sede en España con Plus Ultra	EL Nacional	18/3/21	16:38	La compañía aérea rescatada por Sánchez al ser "estratégica" solo tiene un avión
Libertad Digital	12/3/21	11:31	El PP carga contra el rescate a la aerolínea "bolivariana" Plus Ultra	20 Minutos	18/3/21	17:23	La polémica 'Plus Ultra': una aerolínea de cuatro aviones, 53 millones de rescate y acusaciones de cercanía al chavismo
Vozpopuli	13/3/21	04:45	Los dueños de Plus Ultra figuran como directivos de empresas en paraísos fiscales	EL Mundo	18/3/21	19:38	Mario Cortés (PP): "Detrás del rescate de Plus Ultra hay alianzas estratégicas con el Gobierno de Maduro"
El Español	14/3/21	03:29	De quebrar Air Madrid a acumular demandas: así es Plus Ultra, la aerolínea rescatada por el Gobierno	El político	18/3/21		Rescate de Plus Ultra... ¿Pareja de Delcy Rodríguez involucrada con esta aerolínea?
El Confidencial	14/3/21		El PP recurre el pago a Plus Ultra y pide hipotecar sus naves para evitar daño al erario	Las Provincias	19/3/21	01:23	Los turbulentos vuelos de Plus Ultra
Vozpopuli	14/3/21	04:45	El oscuro magnate que conecta Plus Ultra y Zara en Venezuela	OKdiario	19/3/21	04:55	Iberia cubre las rutas de Plus Ultra y desmonta la tesis de Calviño sobre su

							«rescate estratégico»
El Confidencial	15/3/21	15:01	Ábalos se desvincula del rescate de Plus Ultra aunque intervino en el de Air Europa	Libre Mercado	19/3/21	09:04	Ryanair llevará el rescate de Plus Ultra al Tribunal General de la UE
El País	16/3/21	00:30	La polémica de Plus Ultra: el Gobierno rescató a la aerolínea para asegurar los vuelos de los migrantes latinoamericanos	El Economista	20/3/21	07:00	El único avión de Plus Ultra solo ha hecho un vuelo a Venezuela este año
EL Mundo	16/3/21	17:46	Los cuatro aviones 'chatarra' (de ricos 'bolichicos' venezolanos) por los que España paga 53 millones	Galicia Press	20/3/21	14:48	El PP pide que el Congreso "controle" las ayudas a empresas tras el rescate a Plus Ultra, aerolínea "vinculada a Maduro"
El Economista	16/3/21	19:21	La aerolínea rescatada Plus Ultra se financió de forma 'opaca' desde Panamá	EL correo	20/3/21		Más allá (Plus Ultra) del escándalo

Fuente: elaboración propia a partir de los titulares de los diarios en línea.

La segunda fase del estudio se basó en la recolección y análisis cuantitativo de tuits relacionados con la ecuación «ayudas AND Plus Ultra». En línea con la metodología propuesta, se aplicó un enfoque de aprendizaje automático no supervisado que integró técnicas de *clustering* y la asignación latente de *Dirichlet* (LDA). A partir de la búsqueda propuesta se realizó la recuperación de datos de X (antes Twitter) y se monitorizaron tendencias surgidas en España entre el 9 y el 20 de marzo de 2021, periodo que coincidía con la aparición del caso en la prensa escrita. El *hashtag* “#PlusUltra” se identificó como el principal término de agrupación temático. La Tabla 2 muestrala posiciones y menciones de dicha etiqueta en la lista de tendencias. Se evidencia una escalada notoria a partir del 10 de marzo, coincidente con la publicación de informaciones más controvertidas en medios digitales.

Se contrastaron las fechas y horas de publicación en prensa (Tabla 1) con la aparición de picos de interés en la red X. La publicación de noticias en diferentes medios provocó que la etiqueta «Plus Ultra» alcanzara un impacto muy relevante, pues llegó a ser *trending topic* en España durante 15 horas el día 18 de marzo y generando un volumen de 552,1k de interacciones. En este sentido, se puede establecer que las temáticas publicadas por los medios de comunicación tradicionales coinciden en temática y tiempo con el inicio de los debates en Twitter con mayor impacto, como se desprende al analizar las horas de publicación de las noticias en comparación con las horas de inicio de los *trending topics*. Ello confirma, en el plano cualitativo, que la prensa escrita constituyó un catalizador de la conversación en redes, lo cual materializa los supuestos de agenda *setting* sobre la relevancia temática.

Para el *clustering* y análisis semántico se recopilaron 61 840 tuits de 28 103 usuarios únicos para el periodo mencionado. Tras el procesamiento semántico y la aplicación de LDA (Blei *et al.*, 2003), se obtuvieron 11 agrupaciones temáticas, donde cada tuit quedó asignado a un clúster con base en su contenido vectorizado (por ejemplo, palabras clave, menciones y etiquetas). Tras el análisis cualitativo, se llevó a cabo el proceso matemático de inferencia bayesiana descrito en la metodología. Con base en la identificación de clústeres, se

asignaron probabilidades previas a la hipótesis de que determinadas publicaciones constituyan desinformación, ajustando continuamente dichas probabilidades mediante la observación de *retuits*, menciones y nuevas publicaciones. Cada *tuit* o usuario recibió una probabilidad previa en función de indicadores de fiabilidad (por ejemplo, existencia de datos verificados o concordancia con la sentencia judicial). A medida que surgieron nuevas interacciones y evidencias (por ejemplo, denuncias de otros usuarios o contrastes con medios de verificación), se recalculó la probabilidad de que un contenido perteneciera a una narrativa falsa o manipulada, lo cual permitió establecer un diagrama de relaciones entre usuarios y clústeres para estimar la fuerza de influencia de cada grupo.

Tabla 2. Tendencia en Twitter de la etiqueta Plus Ultra

Fecha	10/03/21		11/3/21		18/3/21		19/3/21	
Hora	Posición	Menciones	Posición	Menciones	Posición	Menciones	Posición	Menciones
6:00	33	>10 k			41	19,4k		
7:00	4	>10k			7	20,5k	18	59,8k
8:00	6	>10 k	35	31.0 k	3	24,6k	9	57,4k
9:00	10	>10 k	20	27,4k	2	28,9k	12	55,6k
10:00	13	>10 k	24	25,2k	3	32,9k	15	54,7k
11:00	17	10,8 k	28	23,4k	3	36,5k	26	53,7k
12:00	out 50		31	22,3k	6	40k	21	10k
13:00			39	21,4k	8	43,2k	Out 50	
14:00			out 50		9	45,9k		
15:00					8	48,4k		
16:00					10	50,7k		
17:00					14	52,3k		
18:00					25	53,8k		
19:00					38	55		
20:00					Out 50			

Fuente: elaboración propia

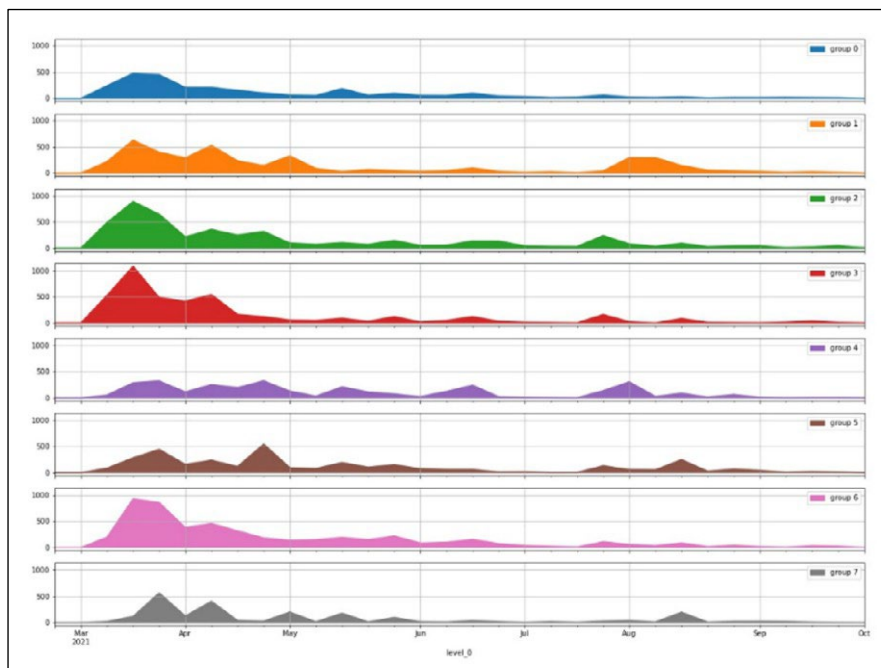
Además se profundizó en el análisis al introducir la variable temporal, como se puede apreciar en el Gráfico 2, que muestra la actividad en Twitter del caso estudiado a lo largo de 7 meses, con picos en ciertos meses y una disminución gradual en otros. Esta información subraya la necesidad de investigar la configuración de la opinión pública más allá de los momentos de mayor actividad, pues el impacto informativo no es un fenómeno puntual, sino que puede transformarse y manipular la opinión pública a lo largo del tiempo, según los objetivos de quienes la generan. En general, estos resultados ilustran la utilidad del análisis de redes sociales para comprender la dinámica de la opinión pública en torno a temas de interés social y político.

La combinación de análisis cualitativo a partir de la identificación de temas y verificación judicial y cuantitativo con técnicas de *clustering* basado volúmenes de interacciones permitió corroborar la vinculación entre las noticias publicadas en prensa y el aumento de la discusión en la red social. Asimismo, la metodología evidenció la facilidad con que las narrativas sesgadas ganan relevancia, especialmente en torno a asuntos políticos controvertidos, por lo que se valida la importancia de los postulados de la agenda *setting* y las representaciones sociales en la propagación de la desinformación.

Los resultados del modelo apoyan la efectividad de la aproximación bayesiana para

diferenciar entre contenido simplemente erróneo y campañas de desinformación deliberadas; para cuantificar el papel de determinados «nodos» o usuarios altamente activos en la propagación de narrativas sesgadas (Lewandowsky *et al.*, 2012), y para comprobar la relevancia de la prensa escrita como punto de partida de la discusión, confirmado por el salto en menciones tras la publicación de noticias polémicas.

Gráfico 2. Impacto de tweets según los grupos de usuarios.



Fuente: elaboración propia

Aunque los resultados obtenidos validan en gran medida el marco metodológico, conviene señalar algunas limitaciones. En primer lugar, la muestra y el horizonte temporal pueden condicionar las conclusiones y el grado de generalización. Asimismo, la calidad de los datos recolectados influye directamente en la eficacia del enfoque. Pese a estos condicionantes, el análisis mixto empleado se presenta como una estrategia sólida para detectar, clasificar y mitigar la desinformación, así como para comprender la interacción entre medios tradicionales y redes sociales en la configuración de la opinión pública.

El estudio demuestra que la inmediatez y el gran alcance de las redes sociales no han alterado la naturaleza de los procesos descritos por las teorías clásicas de la comunicación, sino que los han acelerado y expandido. Esto exige marcos analíticos cada vez más sofisticados que combinen la revisión conceptual con herramientas tecnológicas avanzadas, de manera que se puedan comprender cabalmente las consecuencias de la desinformación y, en última instancia, proponer soluciones efectivas para mitigar su impacto en la sociedad.

Así, nuestro planteamiento presenta sin duda algunas limitaciones metodológicas, pero tiene la ventaja de ser fácilmente interpretable por cualquier analista, lo que facilita la transparencia del proceso y la estimación por parte de cualquier lector conocedor del problema de la posible fiabilidad de los resultados. Por ejemplo, la recolección de datos se vio condicionada por el uso de términos de búsqueda específicos y por las restricciones de acceso impuestas por las plataformas de origen (Twitter, medios digitales), lo que puede haber introducido sesgos en el muestreo y limitar la representatividad de la muestra, como es

habitual en este tipo de estudios. La opción de priorizar los mensajes mas visibles en la red, de manera manual o automática, también puede ser metodológicamente un problema, pues puede haberse excluido contenido marginal o no consolidado aún que podría ser fundamental para el proceso de desinformación. Estos factores podrían influir en que, en realidad, se esté limitando mucho la diversidad semántica de los mensajes, lo cual afectaría a su validez interna y podría restringir la posible generalización de los resultados a otros contextos.

Aunque limitantes, estos hechos forman parte de los riesgos habituales del análisis de difusión de la información. Nuestra metodología podría ser mejorada en futuras investigaciones con la incorporación de modelos probabilísticos más robustos, como pueden ser los modelos bayesianos jerárquicos o enfoques basados en *deep learning* en contextos semánticos (por ejemplo, *transformers* en el procesamiento del lenguaje natural), que quizá permitirían analizar con mayor precisión la complejidad de los discursos desinformativos. También se podría incluir algún tipo de procedimiento de triangulación en el que se utilizaran otros conjuntos de datos, preferiblemente provenientes de otras fuentes (noticias de periódicos u otras redes sociales), validando además mediante el análisis cualitativo los resultados que se fueran obteniendo, lo cual aseguraría su verosimilitud paso a paso.

5. Discusión y conclusiones

Los resultados de este estudio reafirman la hipótesis inicialmente planteada: las noticias difundidas por medios escritos tradicionales pueden operar como un catalizador de los debates que surgen en redes sociales. Cuando dichos debates adquieren una gran magnitud, se configura un ambiente propicio para la aparición de grupos de opinión que a menudo se basan en información sesgada o directamente falsa. Esta constatación se alinea con las teorías clásicas de la agenda *setting* (McCombs, 1996; McCombs y Shaw, 1972) y las representaciones sociales (Moscovici, 1976, 1979), cuya vigencia en entornos digitales se ve amplificada por la velocidad y el volumen de la interacción en plataformas sociales. Estudios recientes, como los de Santana y Cánepa (2019), evidencian cómo los medios tradicionales interactúan con redes sociales para amplificar contenidos desinformativos.

La investigación no se centra en la verificación puntual de contenidos, sino que enfatiza la medición y cuantificación de temáticas, identificación de usuarios afectados y la detección de patrones que fomentan la propagación de información (Nicasio-Varea, 2023). Este enfoque es reforzado con modelos bayesianos para analizar la difusión y el arraigo de las noticias en las redes sociales, iniciadas a menudo por los medios tradicionales (Calvo y Aruguete, 2020). Además, se subraya la relevancia de estrategias que promuevan una opinión pública informada y participativa mediante alfabetización mediática y el desarrollo de tecnologías más precisas para la detección de manipulación informativa. Los datos corroboran la existencia de un fuerte vínculo entre la publicación de noticias en medios tradicionales y la repercusión que dichas noticias tienen en redes sociales, particularmente en X. Se evidenció que la información publicada con mayor carga emocional o controversia incrementa la intensidad del debate online, en consonancia con las teorías de la agenda *setting*, según las cuales los medios desempeñan un papel central para jerarquizar temas y dirigir la atención de la audiencia (Carazo, 2020; McCombs y Shaw, 1972; Tran, 2014).

Este trabajo subraya cómo en casos mediáticos los medios tradicionales funcionan como iniciadores de narrativas que luego son amplificadas en redes sociales, de manera que se crean ciclos de retroalimentación mediática (Molina, 2022). El caso estudiado ilustra de forma elocuente este fenómeno: mientras que las publicaciones objetivas iniciales no despertaron mayor respuesta en redes, las informaciones más tendenciosas, aparecidas a partir del 10 de marzo, detonaron un volumen sustancialmente más alto de menciones y discusiones, lo cual conforma un ciclo de retroalimentación mediático. Este hallazgo resalta la capacidad de los medios para influir en los temas de interés público y la importancia de abordar su impacto en la configuración de la opinión.

Los resultados muestran que la mayoría de mensajes generados están provocados por contenidos sesgados o difícil de contrastar de manera rápida, lo que confirma la facilidad con la que circula la desinformación en entornos digitales de alta inmediatez. El enfoque computacional permitió agrupar y clasificar estos mensajes en siete dimensiones temáticas distintas, lo que contribuye a una visión estructurada de la conversación en línea. Este enfoque está alineado con el trabajo de Valeria (2021), quien demuestra la utilidad del teorema de Bayes en la clasificación de noticias falsas a partir de factores como la hora de publicación, la intensidad de los retuits o la semántica de los mensajes. De esta forma, no solo se han identificado grupos temáticos claramente vinculados a la desinformación, sino que también se han delineado grupos de opinión que potencian dichas narrativas.

La tercera pregunta de investigación se centraba en la potencialidad del modelo bayesiano para identificar, además de la propagación de información con intereses políticos y sociales, los grupos de usuarios que pudieran ser blanco de dichas campañas. De acuerdo con los datos, el 78 % de las interacciones de la muestra estaban ligadas a noticias falsas, lo que refuerza la hipótesis de que ciertos usuarios podrían estar sobreexpuestos a narrativas sesgadas. El modelo propuesto, al incorporar información contextual (perfil de usuario, contenido del mensaje, momento de publicación) y probabilidades condicionadas, construye un árbol de inferencia que revela la intensidad de la influencia entre clústeres y usuarios (Haupt et al., 2021).

Este hallazgo se apoya en los análisis de Calvo y Aruguete (2020), quienes resaltan cómo los métodos bayesianos permiten identificar patrones de contagio informativo y nodos clave en la propagación de desinformación. A diferencia de enfoques puramente descriptivos, el método aquí propuesto actualiza continuamente la probabilidad posterior en función de nueva evidencia, lo que permite reaccionar con mayor inmediatez ante brotes desinformativos. Este hallazgo también es respaldado por Molina (2022), quien analiza cómo las redes sociales amplifican mensajes con alta carga emocional y contribuyen a la polarización.

Además de cumplir con los objetivos planteados, la presente investigación abre nuevas vías para el estudio de la propagación de información para la polarización social. Por un lado, se destaca la relevancia de formar a analistas forenses de información para profundizar en el impacto social, económico y político que generan estas campañas (Lewandowsky et al., 2012). Por otro, resulta esencial establecer indicadores estandarizados de desinformación, de tal manera que el modelo bayesiano —u otras aproximaciones cuantitativas— disponga de criterios unificados para asignar probabilidades de veracidad o manipulación a los contenidos compartidos. Este esfuerzo de estandarización y formación podría, a su vez, sentar las bases para una estimación más robusta del daño provocado por la diseminación de noticias engañosas (Pichel, 2023). Este tipo de investigaciones también puede ser clave para desarrollar herramientas más precisas en la detección y clasificación de la propagación de contenidos tendenciosos a colectivos claramente caracterizados en redes sociales.

6. Referencias bibliográficas

Amedie, J. (2015). The impact of social media on society. *Pop Culture Intersections*, (2). https://scholarcommons.scu.edu/engl_176/2

Bernal-Triviño, A. y Clares-Gavilán, J. (2019). Uso del móvil y las redes sociales como canales de verificación de fake news. *El caso de Maldita.es*. *El Profesional de la Información*, 28(3). <https://doi.org/10.3145/epi.2019.may.12>

- Berganza R., Herrero Jiménez B. y Ortiz-González A. (2024). Teoría y práctica de la corrupción: triangulación metodológica sobre la opinión de los periodistas acerca de los escándalos y su cobertura real. *Estudios sobre el Mensaje Periodístico*, 30(4), 793-815. <https://doi.org/10.5209/emp.96913>
- Berners-Lee, T. (2017). La web está bajo amenaza. Únete a nosotros y lucha por ello. World Wide Web Foundation. <https://webfoundation.org/2017/03/web-turns-28-letter>
- Blei, D. M., Ng, A. Y. y Jordan, M. I. (2003). Latent Dirichlet Allocation. *Journal of Machine Learning Research*, 3, 993–1022. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.5555/944919.944937>
- Blanco Herrero, D. (2023). El uso de la desinformación para propagar discursos de odio contra personas migrantes y refugiadas en redes sociales. [Tesis doctoral]. Universidad de Salamanca. <https://doi.org/10.14201/gredos.156044>
- Blanco Herrero, D., Arcila Calderón, C. y Tovar Torrealba, M. (2024). Pandemia, politización y odio: características de la desinformación en España. *Estudios sobre el Mensaje Periodístico*, 30(3), 503–515. <https://doi.org/10.5209/emp.96593>
- Blasco Fontecilla, H. (2021). El impacto de las redes sociales en las personas y en la sociedad: redes sociales, redil social, ¿o telaraña? *Tarbiya, Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 49. <https://doi.org/10.15366/tarbiya2021.49.007>
- Cabezuelo-Lorenzo, F. y Manfredi, J. L. (2019). Posverdad, fake news y agenda política en el discurso de Trump en Twitter. *Historia y Comunicación Social*, 24(2), 471–483. <https://doi.org/10.5209/hics.66291>
- Calvo, E. y Aruguete, N. (2020). Fake News, trolls y otros encantos: cómo funcionan (para bien y para mal) las redes sociales. Siglo XXI Editores.
- Chen, B., Zhu, Y., Hu, J. y Príncipe, J. C. (2013). System Identification Based on Mutual Information Criteria En System Parameter Identification. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404574-3.00006-3>
- Cicalese, F., Laber, E. y Murtinho, L. (2019). New results on information theoretic clustering. *Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning*. In *Proceedings of Machine Learning Research* 97: 1242-1251. <https://proceedings.mlr.press/v97/cicalese19a.html>
- Da Empoli, G. (2020). Los ingenieros del caos. Anaya. Farr, R. M. (1984). Representaciones sociales: su papel en el diseño y ejecución de experimentos de laboratorio. En S. Moscovici (Ed.), *Representaciones sociales* (pp. 125–147). Academic Press.
- Farr, R. M. (1989). La naturaleza social y colectiva de las representaciones. En J. Forgas y J. M. Innes (Eds.), *Recent advances in social psychology: An international perspective* (pp. 575–593). Elsevier. Fontana, W. (2021). La desinformación en el actual contexto informativo. El caso de la pandemia del COVID-19. *Uru:Revista de Comunicación y Cultura*, 4, 146–163. <https://doi.org/10.32719/26312514.2021.4.3>
- Fontenla-Pedreira, J., Rúas-Araújo, J. y PuentesRivera, I. (2020). El debate electoral de las elecciones generales del 10N de 2019 en las redes sociales de RTVE. *El Profesional de la Información*, 29(6). <https://doi.org/10.3145/epi.2020.nov.03>
- Freedman, D. (2018). Populism and media policy failure. *European Journal of Communication*, 33(6), 604-618. <https://doi.org/10.1177/0267323118790156>

Goffman, E. (1974). *Frame Analysis*. Harvard University Press.

Grandvalet, Y. y Bengio, Y. (2004). Semi-supervised Learning by Entropy Minimization. *Adv. Neural Inform. Process. Syst.*, 17. <https://papers.nips.cc/paper/2004/file/96f2b50b5d3613adf9c27049b2a888c7-Paper.pdf>

Guo, L. (2012). The Application of Social Network Analysis in Agenda Setting Research: A Methodological Exploration. *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, 56(4), 616–631. <https://doi.org/10.1080/08838151.2012.732148>

Haupt, M. R., Jinich-Diamant, A., Li, J., Nali, M. y Mackey, T. K. (2021). Characterizing Twitter user topics and communication network dynamics of the “Liberate” movement during COVID-19 using unsupervised machine learning and social network analysis. *Online Social Networks and Media*, 21, 100114. <https://doi.org/10.1016/j.osnem.2020.100114>

Jodelet, D. (1986). La representación social: fenómenos, concepto y teoría. En S. Moscovici (Ed.), *Psicología Social II: Pensamiento y vida social. Psicología social y problemas sociales* (pp. 469–494). Ediciones Paidós.

Lakoff, G. (2007). *No pienses en un elefante*. Editorial Complutense.

Lakoff, G. (2009). *The Political Mind: A Cognitive Scientist’s Guide to Your Brain and Its Politics*. Penguin Books.

Lara-Navarra, P., Falciani, H., Sánchez-Pérez, E. A. y Ferrer-Sapena, A. (2020). Gestión de la información en salud y medio ambiente: hacia un sistema automático para la detección de noticias falsas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 1066. <https://doi.org/10.3390/ijerph17031066>

Lewandowsky, S., Ecker, U. K. H., Seifert, C. M., Schwarz, N. y Cook, J. (2012). Misinformation and Its Correction: Continued Influence and Successful Debiasing. *Psychological Science in the Public Interest*, 13(3), 106–131. <https://doi.org/10.1177/1529100612451018>

Lopezosa, C., Váñez, M. y Guallar, J. (2024). La visión de Google News desde la academia: scoping review. *Doxa Comunicación. Revista Interdisciplinar De Estudios De Comunicación Y Ciencias Sociales*, 38, 317-332. <https://doi.org/10.31921/doxacom.n38a1891>

Martel, C., Pennycook, G. y Rand, D. G. (2020). Reliance on emotion promotes belief in fake news. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 5(1), 47. <https://doi.org/10.1186/s41235-020-00252-3>

McCombs, M. (1996). Influencia de las noticias sobre nuestras imágenes del mundo. En J. Bryant y D. Zillman (Eds.), *Los efectos de los medios de comunicación. Investigaciones y teorías* (pp. 1–18). Paidós.

McCombs, M. y Shaw, D. (1972). The agenda-setting function of mass media. *Public Opinion Quarterly*, 36(2), 176–187. <https://doi.org/10.1086/267990>

Morales, I. M. (2022). Apuntes sobre ciberperiodismo y problemáticas conexas. *Vida Digital*, 273. Universidad Nacional Autónoma de México.

Moscovici, S. (1976). *Influence sociale et changement social*. Academic Press. <https://doi.org/10.1002/ejsp.2420090410>

Moscovici, S. (1979). *El psicoanálisis, su imagen y su público*. Huemul.

Moscovici, S. y Duveen, G. (2001). *Social Representations: Explorations in Social Psychology*. New York University Press.

Mula-Grau, J. y Cambroner-Saiz, B. (2022). Identificación de las fake news que se publican en la edición en papel de un diario provincial en la era de la desinformación digital de Trump y el inicio del COVID. *Vivat Academia. Revista de Comunicación*, 155. <https://doi.org/10.15178/va.2022.155.e1329>

Nicasio Varea, B., Pérez Gabaldón, M. y Chávez, M. (2023). Estrategias de comunicación divergentes: entre el rigor y la manipulación. Análisis comparativo de la comunicación política de Estados Unidos y España frente a la etapa inicial de la crisis del COVID-19. *Revista Latina de Comunicación Social*, 81, 275–296. <https://doi.org/10.4185/RLCS-2023-1899>

Orihuela, J. L. (2011). *Mundo Twitter: Una guía para comprender y dominar la plataforma que cambió la red*. Alienta Editorial.

Papacharissi, Z. (2010). *A Networked Self: Identity, Community, and Culture on Social Network Sites*. Routledge.

Pennycook, G. y Rand, D. G. (2021). The psychology of fake news. *Trends in Cognitive Sciences*, 25(5), 388–402. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2021.02.007>

Postill, J. (2018). *El auge de la política nerd: Activismo digital y cambio político*. Pluto Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv4ncp67>

Rubio-García, R. (2014). Twitter y la teoría de la agenda-setting: Mensajes de la opinión pública digital. *Estudios sobre el Mensaje Periodístico*, 20(1), 249–264. https://doi.org/10.5209/rev_esmp.2014.v20.n1.45230

Rubio Hancock, J. (2017). De la red social a la burbuja social: Por qué todo el mundo te da la razón en Facebook. *El País*. https://verne.elpais.com/verne/2017/05/08/articulo/1494256354_211697.html

Rubio-Núñez, R. (2018). Los efectos de la posverdad en la democracia. *Revista de Derecho Político*, 1, 191–228. <https://doi.org/10.5944/rdp.103.2018.23201>

Rovira, G. (2017). *Activismo en red y multitudes conectadas: Comunicación y acción en la era de Internet*. Icaria Editorial.

Santiago-Guervós, J. (2020). La orientación ideológica en los medios de comunicación social y la eficacia persuasiva de la desinformación. *Discurso & Sociedad*, 14(1), 107–141. [http://www.dissoc.org/es/ediciones/v14n01/DS14\(1\)Santiago-Guervos.pdf](http://www.dissoc.org/es/ediciones/v14n01/DS14(1)Santiago-Guervos.pdf)

Sunstein, C. R. y Vermeule, A. (2009). Conspiracy Theories: Causes and Cures. *The Journal of Political Philosophy*, 17, 202–227. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9760.2008.00325.x>

Timoteo-Álvarez, J. (2005). *Gestión del poder diluido: La construcción de la sociedad mediática (1989–2004)*. Alhambra.

Timoteo-Álvarez, J. (2007). *Neurocomunicación. Propuesta para una revisión de los fundamentos teóricos de la comunicación y sus aplicaciones industriales y sociales*. Mediaciones Sociales, 1,

355-386. https://revistas.ucm.es/index.php/ME_SO/article/view/MESO0707110355A

Tran, H. (2014). Online agenda setting: A new frontier for theory development. En T. Johnson (Ed.), *Agenda Setting in a 2.0 World. New Agendas in Communication*. Routledge.

Treré, E. (2018). *Activismo mediático híbrido: Ecologías, imaginarios, algoritmos*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315438177>

Vargo, C. J. y Guo, L. (2017). Networks, Big Data, and Intermedia Agenda Setting: An Analysis of Traditional, Partisan, and Emerging Online U.S. News. *Journalism & Mass Communication Quarterly*, 94(4), 1031–1055. <https://doi.org/10.1177/1077699016679976>

Wardle, C. y Derakhshan, H. (2017). *Information Disorder: Toward an Interdisciplinary Framework for Research and Policymaking*. Council of Europe. <https://rm.coe.int/information-disorder-toward-an-interdisciplinary-framework-for-research/168076277c>

Young, A. y Atkin, D. (2022). An agenda-setting test of Google News world reporting on foreign nations. *Electronic News*, 17(2), 113–132. <https://doi.org/10.1177/19312431221106375>

Zunino, E., Kessler, G. y Vommaro, G. (2022). Consumo de información en redes sociales en tiempos de pandemia: Evidencias del caso argentino. *InMediaciones De La Comunicación*, 17(1), 129–161. <https://doi.org/10.18861/ic.2022.17.1.3231>

4.2. Artículo. Singularity in Higher Education: Methods for Detection and Classification

Este capítulo introduce metodologías específicas para identificar y clasificar singularidades en instituciones educativas, lo que es fundamental para detectar prácticas disruptivas que pueden anticipar futuros innovadores en educación.

Lara-Navarra P., Ferrer-Sapena A., Sánchez-Pérez E. y Coronado-Ferrer A. (2025). Redefiniendo la configuración de la opinión pública en la era digital: análisis computacional de dinámicas mediáticas y sociales: Análise Computacional de Dinâmicas Midiáticas e Sociais. *Estudios sobre el Mensaje Periodístico*, 31(2), 431-444. <https://doi.org/10.5209/emp.100391>

En un mundo complejo, el campo de la educación necesita avanzar en retos de aprendizaje que generen nuevas dinámicas de innovación y promover su detección para difundirlos como referentes de enseñanza diferenciada. Este trabajo presenta una herramienta que identifica y categoriza elementos singulares del sistema universitario para construir nuevas propuestas educativas disruptivas frente a los desafíos futuros.

En este sentido, este artículo desarrolla una metodología para la recolección y análisis de información de una muestra de un grupo de 55 escuelas reconocidas por sus prácticas innovadoras. Se define un modelo, basado en una evaluación de 16 variables que se relacionan con las características de las escuelas y su funcionamiento. Utilizando técnicas estadísticas e inteligencia artificial para procesar los datos obtenidos, concluimos que existen cuatro modelos prototípicos en los que se puede clasificar la singularidad de las escuelas. Además, analizamos cuál de las variables inicialmente c en el modelo son realmente significativos, lo que sugiere una mejora del modelo inicial basado en los datos experimentales.

El resultado tiene como objetivo proporcionar una herramienta útil para analizar los modelos y niveles de innovación de las escuelas, y permitirles enfocarse en qué dirección quieren tomar sus estrategias de actualización.

Singularity in higher education: Methods for detection and classification

Pablo Lara-Navarra ^{a,*}, Enrique A. Sánchez-Pérez ^b, Antonia Ferrer-Sapena ^b, Àngels Fitó-Bertran ^c

^a *Information and Communication Sciences Department, Universitat Oberta de Catalunya, Rambla de Poblenou, 156, 08018 Barcelona, Spain*

^b *Instituto Universitario de Matemática Pura y Aplicada, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, Spain*

^c *Business and Economics Department, Universitat Oberta de Catalunya, Rambla de Poblenou, 156, 08018 Barcelona, Spain*

1. Introduction

In a complex, dynamic and uncertain world, the field of education needs to identify spaces for innovation that evolve educational methods and systems (Ramírez Montoya et al., 2022). To do this, it is necessary to determine the factors that turn a school into a differentiated project, bearing in mind that these are very diverse and that in order to face this challenge it is necessary to create new educational analysis approaches (Ramírez-Montoya et al., 2022) and to achieve this objective, the study proposal is based on research from the perspective of singularity (Wenham, 1987).

In this sense, designing tools for the understanding and analysis of differential aspects in higher education has gone from being helpful to being absolutely necessary in recent years (Manetti, Lara-Navarra, & Sánchez-Navarro, 2022). The complexity of the factors that affect this need for change forces the analysis and prospective teams to work with more data, and integrate them properly to make current, updated and innovative proposals (Martínez-Martínez & Lara-Navarra, 2015, Fischer et al., 2020, Murchan & Siddiq, 2021, Serradell-Lopez et al., 2023).

Among these aspects that are essential for the renovation of schools' educational offerings, there are those that have to do with the competitive advantage that allows a school to be positioned or ranked ahead of others, relating to what are the differential characteristics that it can offer compared to those other schools. This is what we can refer to as a school's unique properties, its singularity, which would include factors as diverse as offering long-distance learning, the mobility of students between different countries, or the possibility of personalized syllabi with tutor-assisted teaching.

Traditionally centers face the problem of discovering their own features of uniqueness as an exercise for the design of new courses. The organization of seminars with professors (Fig. 1), including brain storming and other common techniques (Fig. 2) is a classic methodology for making a decision on the introduction of new educational activities. The notion of singularity, understood from different points of view, has had a relevant impact in the world of sociology, education, and economics in recent years. It has been analyzed as a central concept in the development of education, from various points of view, from the philosophical theoretical context (Auxier, 2018, Kurzweil, 2005, Zovko, 2014,

Mürsepp & Jakubik, 2022) to the field of educational practice. With roots in certain theoretical developments in economics and anthropology (see O’Lemmon, 2020), and also used in the natural sciences, the concept of singularity in the sociological context generally appears as an attractive feature for today’s society. In the introduction of Reckwitz’s book (Reckwitz, 2017), we read:

“On the structural change of modernity the special is the trump card, the unique is rewarded, the general and standardised is rather unattractive. The average person with his or her average life is suspected of conformity. The new measure of things are authentic subjects with original interests and curated biographies, but also distinctive goods and events, communities and cities. Late modern societies celebrate the singular.”



Fig. 1. Seminar on singular aspects of higher education.



Fig. 2. Poster at a seminar on singular educational activities.

Generally speaking, we can affirm that the notion of singularity appears in the current scientific literature with two different but related meanings. It can be defined in two different ways:

- (1) As the particularity of a sociocultural context compared to others, (Kultaeva, 2020, Urbano, 2019). This definition is related to the specific characteristics of schools due to the fact that they carry out their activity in one social context or another (for example, in a certain country or language).
- (2) As a point in time with special characteristics that causes a situation of abrupt change, a more or less traumatic break with the previous situation. Although the specificity of the sociocultural context is a factor to take into account, for what interests us in this article, in recent years this concept has been developed aboveall in the sense of a rupture in the sociocultural situation generated by the emergence of communication

technologies: internet platforms, hyper-connectivity and generalization of social networks, primarily.

At the beginning of the 20th century, an interesting idea related to the evolution of the socioeconomic environment in advanced societies appeared: Technological Singularity (TS) (Callaghan et al., 2017, Hoffmann, 2023, Giacomolli, 2023), which is closely related to the rapid development and introduction of technological innovations in social and economic contexts (Andriushchenko et al., 2020, Méndez et al., 2022). This intrinsic dependence on technological innovation for economic growth, and the importance of education in the transfer process to the productive fabric, is a legacy of the 20th century, and has given rise to the emergence of new models of social evolution (Sandberg, 2013). In the Introduction of the book by Goldin and Katz (Goldin & Katz, 2009) we read:

“Economic growth in the more modern period requires educated workers, managers, entrepreneurs, and citizens. Modern technologies must be invented, innovated, put in place, and maintained. They must be capable workers at the helm. Rapid technological advance, measures in various ways, has characterized the twentieth century.”

The role that technology plays today in the new living environment of humanity is indisputable, and was predicted and theorized at the beginning of the 21st century by Kurzweil (Kurzweil, 2005). This fact is evident in the case of the incorporation of Artificial Intelligence into our lives (Aghion et al., 2018, Wang et al., 2021, Makridis & Mishra, 2022, Xu, 2022, Lu, 2021). Although this has already changed the lifestyle for a number of people, the opinion of experts is that, in particular, the automation of the workplace, and in general, of the educational environment (Lewis et al., 2005), will affect the quality of learning, how schools function (Ball and Grimaldi, 2022, Bolliger & Wasilik, 2009, Jach et al., 2023, Fülöp et al., 2023, Walker, 2023), and the skills that students need to be competitive and to adapt to changing or exceptional circumstances (Hughes, 2018, Peruzzo & Allan, 2022), bearing in mind the speed of change of the technological context (Ahmed, 2022, Psacharopoulos & Patrinos, 2018, Horvath & Steinberg, 2023, Horvath et al., 2023, Kenny & Gunter, 2020, Knox et al., 2019, Rahm and Rahmskågeby, 2022, Tomei et al., 2022). This is already a verifiable fact today (Kattan et al., 2018, Patrinos, 2021). In fact, several authors have directly linked the innovative production of knowledge (and therefore, cutting-edge technology), with the design of schools directly aimed at the labor market as a formula for success (Harkins & Kubik, 2006, Ugur & Kurubacak-Meric, 2020).

1.1.Related work

Disruptive initiatives in higher education are nowadays an emerging trend, taking root in different ways. Sometimes, the subject matter of the educational program conditions the way and the intensity with which these initiatives take shape. For example, entrepreneurship is a typical field where disruptive processes are constantly being updated due to the dynamic nature of the subject (Lameras et al., 2015). Lameras et al. propose a new way of understanding higher education for this field, based on a combination of Game learning, 3D tools, Problem-Based learning, all these tools combined in an integrated ecosystem. Educational institutions adhering to this methodology would be considered by our analysts as a “singular institution” in the sense that it adopts new and disruptive methods of education (Tan, 2023). This will be registered as a singularity that mainly concerns the educational model, as it would affect the learning methodology. Also, Fernandez-Antolin et al. (2021)

proposes the adoption of new simulation tools for architectural design, which would also affect the educational model.

The integration of artificial intelligence across different disciplines in curricula is a proposal of Hutson et al. (2022); this also affects the educational model. A different example is provided by the work of Shah et al. (2021), in which blockchain technology is proposed to avoid forgeries of student marks and improve certifications, and machine learning is considered as a tool to predict the future job roles for students after graduation.

This will be recorded as a singularity concerning mainly the Services model, in the sense that it would improve student certification as well as their professional qualification. Jones and Regner (2016) analyzes some problems generated by the adoption of the new educational methodology that is given by the so called Massive Open Online Courses (MOOCs) regarding the student privacy. This is clearly an example of a disruptive practice that could affect the educational model, but it forces to change also the organizational structure of the institution; centers adopting these changes would be singular with respect to both these models.

There are also interesting more general studies (Bao and Xu, 2022, Chaka, 2022, Terry, 2020), and others that try to solve particular problems in higher education institutions (Badiozaman et al., 2022, Güler et al., 2021), or to understand innovation in education under some special circumstances (e.g., COVID19 crisis, Stecula & Wolniak, 2022) or regional analyses, which are usually based on interviews with users and experts, case analyses, or massive internet search (Gomez et al., 2022; Mitchell, 2021; Oke et al., 2020).

Another example of innovative methodology for higher education is called U-Learning. U-Learning is the educational process of learning that can be carried out in any place, context, medium and through any technological device. It is a particular initiative to adapt education to the technological world in which we live (ICTs), which aims to imply the characteristic of ubiquity to teaching. This is a clear case of educational singularity, and the centers that use this type of techniques would be classified as singular in the innovation that this methodology brings. The reader can find a systematic review on the subject in the work of Ramírez et al. (2018)

Likewise, some indicators that have been used for the quantification of technology management in universities, which have been developed in some cases (Rico-Bautista et al., 2022), can also be used to improve the set of variables of our model, which will be explained in Section 2. Our idea is that the model should be dynamic, and include in successive steps the innovation indexes proposed by current research on the subject.

1.2. Updating innovative trends

The concrete innovative projects that are currently being developed around the world and that we have presented in the previous section show that this is a complex and far-reaching new scenario, in which initiatives and trends on innovation in higher education are clearly necessary actors to be taken into account. Non-standard educational Practices have to be taken into account (Fig. 3). Institutions that want to be attractive have to work out which innovative methods would be of interest to their potential students. Of course, this depends on the special situation of each institution (private, public, developed country, global offer...).

The managers of these institutions have to learn to understand the signals of the need for change (Wiedmann et al., 2020), from the local interests of the region in which they are located to the convenience of presenting a project of global interest that aims to attract online students (Ehlers, 2020). Our method is intended to help them as a decision-making tool. The internet platform that we intend to build using the procedure presented here can help them to find out what kind of unique practice they want to implement, as well as to measure how far they are from being innovative centers with respect to the three operational areas that we consider in our model.

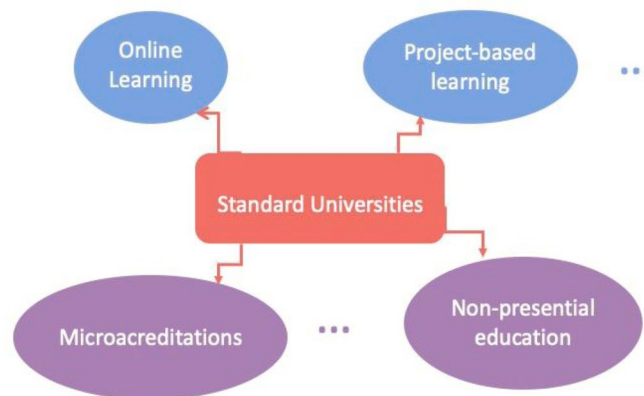


Fig. 3. Standard universities contrast with institutions proposing unusual educational practices, which seek some unique features to distinguish themselves from classical higher education institutions.

We would like to emphasize that our model could serve as a basic reference to help educational institutions find their own way in a future unified global scenario of innovative trends. In our opinion, the future of education will be mainly pluralistic, with many different institutions delivering each type of education in a different way. Managers of higher education institutions have to learn, in view of their own capabilities and constraints, to find their own way to provide high quality education tailored to the requirements of the society they intend to serve.

1.3. Study overview

In this work we are interested in analyzing how these changes that affect economic growth and society can (or should) modify higher education (Co et al., 2023, Díaz-Garcia et al., 2023, Jackson, 2019, Marshall, 2010, Mukul & Büyükořkan, 2023, Pechenkina & Branigan, 2023). Directly related to the two notions of singularity mentioned, but in particular with the second, we understand singularity in university education as the existence of differential practices, generally disruptive, with respect to those traditionally applied in higher education institutions. Some examples are the use of the Internet (online courses) as the main teaching environment (Sisman-Uğur & Kurubacak, 2021), geographical relocation of teaching (time spent on several campuses) (McCabe, 2001), or the substitution of theoretical syllabi and classical teaching methods for direct experience in professional contexts. A paradigmatic example of how a factor, for example, a technology education *from* technology, can completely define an education program is the case of Singularity University, established in Silicon Valley with the intention of providing complementary courses for an elite group of potential executives (Boenig-Liptsin & Hurlbut, 2016).

Adopting a semi-empirical approach in our research, initially based on a sample of centers with characteristics that we have identified as singular, we present here an analysis of the different aspects in which singularity can appear in the practices of higher education institutions. Specifically, the three areas in which singularity can appear are characterized, as well as the variables that may affect it, and after analyzing a sample of centers that present singular characteristics, a general map of singularity is shown, which is classified into four types of universities with different singular practices. A general scheme of the procedure we have used can be seen in Fig. 4.

The methodology used is based on a theoretical study on the singularity observed in universities, which allows us to propose a series of variables surrounding three aspects, which we call models (Educational Model, Organizational Model and Services Model). From the major areas in the operation of educational centers, we have selected the sixteen items that allow evaluation using a progressive method. Our group has a long experience in researching the genuine differential characteristics of this type of institutions, and the selection of these sixteen variables is the result of our effort to provide the group's analysts with a reliable evaluation tool. In fact, each of them can be broken down, for practical use, into other simple items, which are usually easier to score. Adding these items together, we obtain the final scores for each institution of higher education. A sampling of higher education institutions worldwide, using the proposed variables, allows us to analyze the extent to which the variables are appropriate and, above all, to group the centers that carry out unique practices into four categories according to their specific attributes.

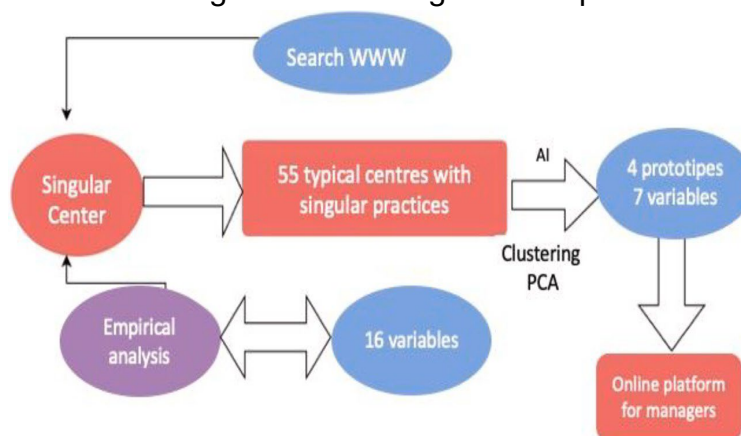


Fig. 4. Block diagram of the proposed model.

The result is a complete methodological proposal for advising schools, which may allow them to direct their innovative projects in the direction they deem appropriate, after finding out the singularity factors used by other schools around the world, and their possible effectiveness in improving their educational offering. The methodology, which includes several steps and involves the collection of a significant amount of information on educational practices worldwide, ultimately aims to facilitate, in a simple but documented way, the strategic decisions universities make. In today's increasingly competitive environment (Muselin, 2018, Rossouw & Goldman, 2023, Vargas, 2023), higher education institutions will need to know what the needs of their students are based on the trends of a globalized labor market, in order to obtain competitive advantages over other schools. Therefore, this article modestly intends to provide new tools to help update and potentially improve the competitiveness of universities by incorporating unique practices.

Our methodology consists of detecting the practices and characteristics that make certain schools around the world special, in comparison to others, and to then organize them into the three commented areas (Models), which will be explained in detail below. After a targeted sampling of a set of schools considered singular according to determined parameters, statistical and artificial intelligence techniques were applied to establish the four groups into which the unique schools are classified, characterizing the properties of each of these groups. In the second step, we proceeded to reduce the variables, using a Principal Component Analysis, in order to provide future researchers with a sampling and classification sheet that is as simple as possible, without losing the ability to discern the kind of singularity they present. The result of these analyses forms the contents of this work.

The following two hypotheses (H) and five exploratory research questions (RQ) were addressed in this study.

H1. Research on educational singularity helps to identify innovative institutions.

H2. The identification of unique variables allows the identification of differential innovation in universities.

RQ1. Is research on singularity an effective method for identifying innovation in Higher Education?

RQ2. Do uniqueness variables clearly identify unique centers? RQ3. Is it possible to develop a model for organizing, classifying and ranking educational uniqueness?

RQ4-5. Is artificial intelligence the ideal tool for determining educational singularity (RQ2)? If so, how will it be validated?

2. Methodology and development. Singular characteristics in higher education

The first step of our research consisted of establishing, from a pragmatic point of view, which characteristics or practices developed by universities could be classified as “singular”. After analyzing the scientific literature related to the subject and that has been exposed in the Introduction, which gives an idea as to what extent the notion of singularity can be elusive, a list was made of the characteristics and practices, in all functional areas of higher education, that could be considered unique or singular. In a second step, we proceeded to gather the data to develop the experimental validation, launching the application of the model. Finally, mathematical analyses that allowed the validation and optimization of the original model were carried out. The ultimate goal of this research is to create an open platform that can be used by managers and directors of higher education institutions to know how they are positioned with respect to their uniqueness compared to the main trends in innovation. In this paper we explain the research and the main results, but not the visualization as an interactive online tool. The use of that platform will be easy, and will be based on the measurement of the distance in our metric model to the centroids of the different clusters that define the prototypes of singular centers. Our mathematical structure allows you to do this by distinguishing the three main aspects of the operating environment of the institutions. On the other hand, managers can also search for centers that have already developed the desired singularity plan, in order to use them as a guide for their own planning. For all the calculations, programming in R was used, specifically, the packages “factoextra”, “NbClust”, and the commands “cor” and “kmeans”.

2.1. Definition of the proposed model on the singularity of the schools

Based on analysis and previous research and after several work meetings, the consideration of several central areas was proposed as an initial outline to organize the singular characteristics/practices of the schools' activity, which were reduced to three: the type of education they offer, the organization as an institution, and the services of all types that they offer to students. To characterize each of these areas, a set of variables was proposed, using our experience and the existing literature on the subject. For example, several concepts that appear repeatedly about disruptive positive aspects on teaching practices today in many education forums professionals about are: flipping the classroom; group work; project-based learning; critical thinking; creativity; character; collaboration; entrepreneurship; student advocacy; social and emotional intelligence; digital literacy; STEM; grit; relevance; mindfulness; kindness; self-agency; decision-making (list taken from the Introduction in Hughes, 2018). These ideas, and others obtained from different sources, were used to propose a set of variables to be considered, which were subsequently used to prepare an evaluation sheet.

Thus, the final model proposed considers three complementary blocks or "models" related to the three main aspects from which singularity can be understood: the Educational Model, Organizational Model, and Services Model. They are each comprised of a number of different factors (6, 5 and 5), for a total of 16, each of which is the result of a weighted sum of different items that are evaluated separately with a real number between 1 and 3, following the criteria of experts based on information available publicly and other sources. Singularity must be measured from several different approaches, and they all must be considered for the use of this information (Fig. 5).

The "models" indicated, which have to do with how each university conceives its overall practices, are the following:

- Educational model. Within this context, different aspects are addressed. We will explain in detail which properties each of them alludes to: Curriculum focus, Learning design and planning, Evaluation model, Teaching actions, Learning resources, Environments.
- Organizational model. In this section, we have the following points of attention: Processes, Agents and roles, Organizational structure, Link with collaborators, Disruptive commitment.
- Services model. This refers to the following aspects: Recipients (Ecosystem), Student services, Enrollment, Student certifications, Extension of the educational model.

The elements listed in each of the models serve as a guide to determine the ways in which information should be gathered. These are the items in which the analyst, in charge of collecting the data, should focus their attention on. Given the need for the evaluation of these capacities to be objective, a rigorous protocol was established in which some sub-items and the properties that were necessary to detect in order to grant a certain score were clearly specified. A count of these raw scores, assigning each item a weight appropriate to its importance, gives each item a score.

The variables that were finally set for our evaluation system were the following (Table 1). We include a full explanation of the concepts to which they refer; we have organised them into the three groups on which the model is based.

this material, a worksheet was prepared and completed for specific schools, as will be explained in the next section.

2.2. Obtaining data for the experimental validation of the model

With the evaluation form created from the indicated variables, several members of the work group worked to assign a score, as mentioned previously, between 1 and 3, regarding the considered level of applicability in each particular variable (1- not observed, 3- fully observed). For each of the variables, the criteria for assigning scores were established, in order to obtain homogeneous results that were not mediated by the analyst. For example, for the first variable, A1 Portfolio and CV, the following criteria were considered, which allow higher scores to be assigned, in increasing order, according to the circumstance indicated in each item, with decimal values accepted for intermediate situations:

1. Standard situation: the curriculum is established by the institution or by broader regulatory frameworks. Therefore, the curriculum of the degrees is static and does not undergo variations from the teaching dynamics. Degree programs are designed according to standard models, based on taxonomies of competencies in use, and “status quo” syllabi. (score = 1).
2. The curriculum has a certain degree of flexibility and is updated regularly, respecting regulatory frameworks, but with constant attention to updating (score = 2).
3. The curriculum is constantly changing, adapting to both the characteristics of the students and the training needs of the market, resulting in a totally flexible system of open courses (score = 3).

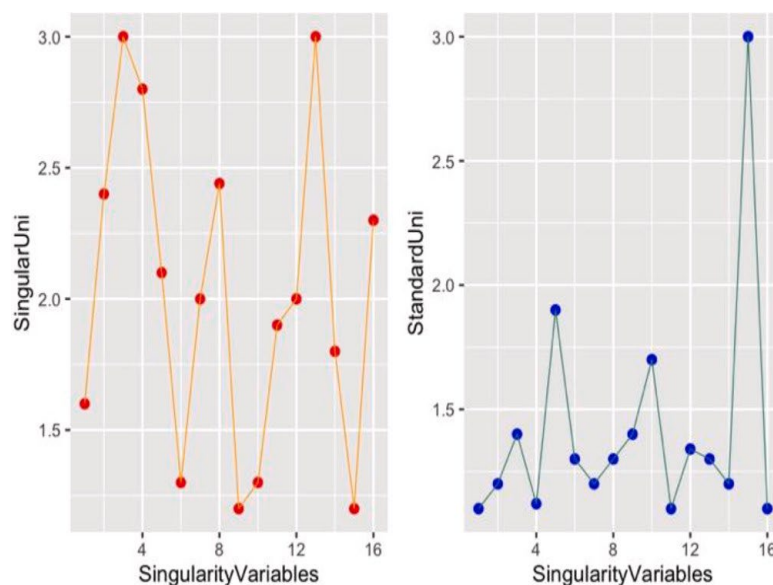


Fig. 5. Comparison of the values of the 16 variables for two universities, one a center with many unique characteristics (left/red), the other a standard university (right/blue). (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

A representative number of universities that could potentially present outstanding scores in the indicated scale were considered, removing those that ultimately did not have

significant differential properties with respect to the standard practices of educational systems worldwide. The final result was a cohort of 57 schools, all over the world, that could be considered potentially singular, and that later, after an analysis to confirm their validity (in which two schools were eliminated due to inconsistencies in the scores), would form the main data corpus for our model. A numerical label was assigned to each school. Each university studied was registered with a vector of 16 coordinates. Each of these coordinates is the score obtained in each item, and represents in the model the level of singularity presented in each of the aspects in which this general characteristic is coded.

The selection of 55 institutions was made following global empirical research on singular practices carried out by higher education institutions. Our idea in developing the model is not to close it with this sample of 55 institutions, but to continue the analysis of educational institutions that should be included to increase the reliability of the model. As we have seen, the finding of four prototypes of “special” institutions is the result of both our search for singular cases in higher education and the metric classification of the sample using a clustering method. We present an open project, so we are in the process of including more institutions and considering other activities that may improve the accuracy of our results. We are also open to changing the scheme of prototypical centers. Rather than presenting the final results of a complete research program, we aim to provide simple decision tools for managers and technicians interested in finding out what kind of innovation should fit their institution: the simplification of showing four prototypes would help them in this task.

2.3. Visualizing the model. Statistical and artificial intelligence elements for their mathematical verification

Once the results of the sampling of singularity in the selected universities were obtained, it was necessary to analyze the scores assigned on the model for characterizing and classifying the singular schools, to study their structure and determine their components, that is, the different profiles in terms of the notion of singularity that can be obtained from the data analysis. The model on which the qualification of these profiles is based aims to cover all the aspects in which a certain higher education institution can be considered unique or singular, in the sense of being outstanding, exceptional, or of “doing things differently”. As said before, singularity, closely linked to educational innovation, is one of the vectors that can bring quality to the instruction provided, thus allowing the school that adopts unique strategies to successfully separate itself from the rest of the educational options.

After building a possible database with elements identified as singular, the next step consisted in the mathematical verification of its viability as the basis of our analytical instrument. For this, it was necessary, first of all, to build a mathematical model in which the information encoded as explained in the previous step, could be compared and used to formally establish the relationships between the universities involved in the model. This step, carefully designed to confirm the validity of our method, was developed taking into account the following aspects.

- (1) Design of the metric model. (a) Establishment of a metric model for the estimation of relative distances between schools. (b) Visualization of the metric properties among the universities considered singular.

- (2) Analysis of groups (clustering) and obtaining identifying characteristics of each of them, to organize and structure the different categories of singularity.
- (3) Analysis of the data's principal components, which would make it possible to determine the most representative original variables, facilitating the simplification in obtaining data for subsequent tests to be carried out on other schools.
- (4) General findings on the viability of the model and its adequacy for studying singularity in other universities.

Once the distances between schools were calculated, a visualization of the results was made. The Euclidean distance between the vectors was used. The first graph below (Fig. 6) gives us a visual idea of the distances between the vectors that describe each of the universities. As can be seen, there are two (31 and 46) that have a significantly large distance from the rest of the schools, and that should be analyzed in detail in a second step.

A dendrogram was also created to structure the set of all the schools according to the distances between them (Fig. 7). Although this was done in more detail later using a grouping-analysis (clustering), this preliminary representation provides a visual picture of the relative distances between higher education institutions

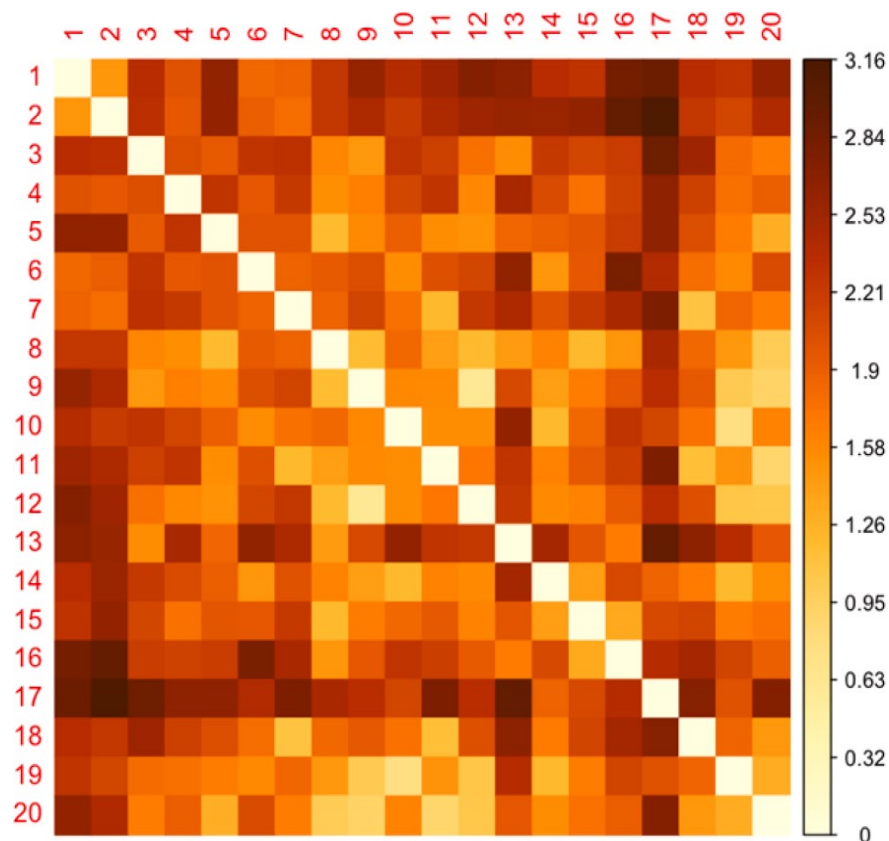


Fig. 6. Heat map of distances between schools according to the established scale (top 20 schools only).

3. Results and discussion

As a result of the data presented, it is possible to further improve the initially proposed model, reducing the number of variables and proposing alternatives for the definition of strategic fields to consider. This made it possible, specifically, to generate a new type of qualification sheet to introduce new schools in the database, and above all, to be able to qualify universities interested in receiving advising on what qualities they currently have, and what steps could be developed to improve its offer, in relation to the existing situation in the international educational environment. The main points of action for the validation on which the improvement of the model should be focused, in view of the analysis carried out on the metric model, were the following:

- Determination of discordant elements in the sample; screening and cleaning of the original database. As was previously mentioned, in addition to some specific corrections of outliers, which must have occurred due to a bad transcription of the results, two universities that distort the analysis were detected (labels 31 and 46), due to their special peculiarities, which were subsequently eliminated.
- Certain doubts also emerged regarding the third proposed model (Services Model) as a component of the overall model, which led to a reconsideration of its validity as an element for qualifying singularity. However, in the end, and as a consequence of the results of the principal component analysis, it was decided to keep a variable of this third model as the main variable.

In the following sections we explain in detail the results obtained, both from the cluster and principal component analysis.

3.1. Cluster analysis

The mathematical cluster analysis results in five specific groups, of which one contains only one school and must be excluded. For this analysis, the commands for the k-means algorithm using R programming were used (for more details as well as a historical analysis of this elementary technique, see Pérez-Ortega et al., 2019). Using the representation of the reduction of squared errors against the number of clusters (Fig. 8), the solution that the optimal number of clusters was 5 was adopted.

Once the group containing only one school was excluded, the other groups were correctly classified (Fig. 9) according to the overall level of singularity observed (high, medium/high, medium/low, and low), although with certain particular characteristics in each case (greater singularity in some of the components of the model). Next, we define in more detail which are the most representative properties of the groups obtained. As a research project on singularity in higher education, the following list of groups is possibly the most relevant result of this article, since it describes the four main areas into which schools can be divided according to the different ways of understanding the incorporation of singular practices at a global level.

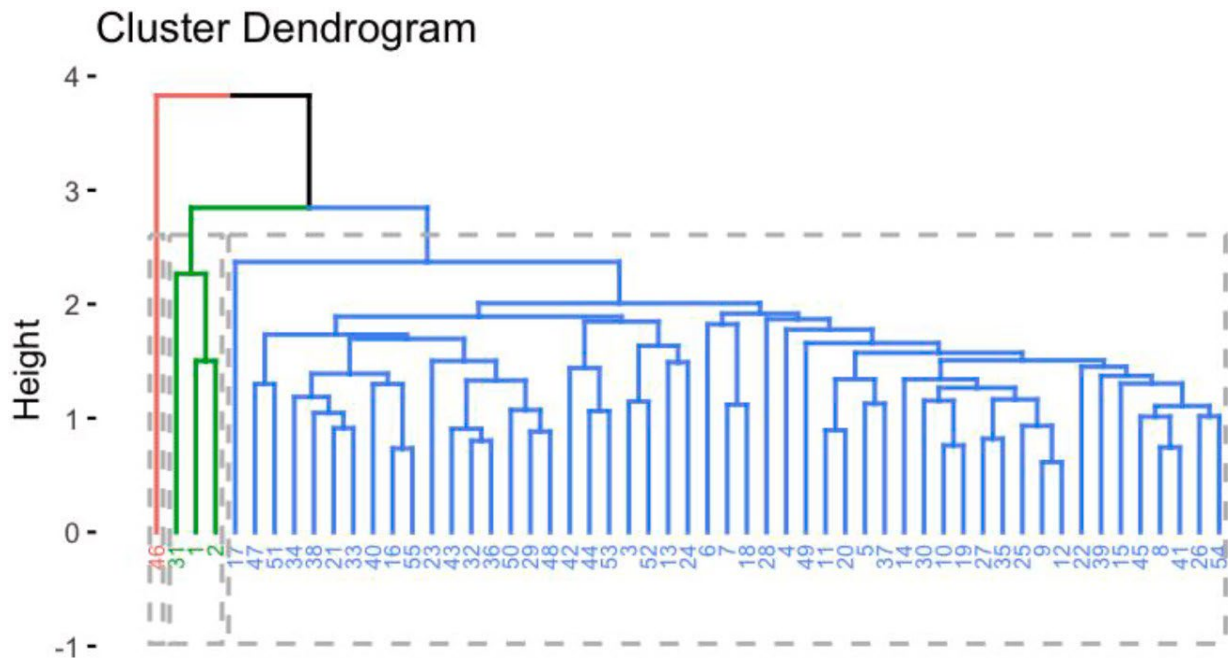


Fig. 7. Cluster dendrogram of schools by proximity.

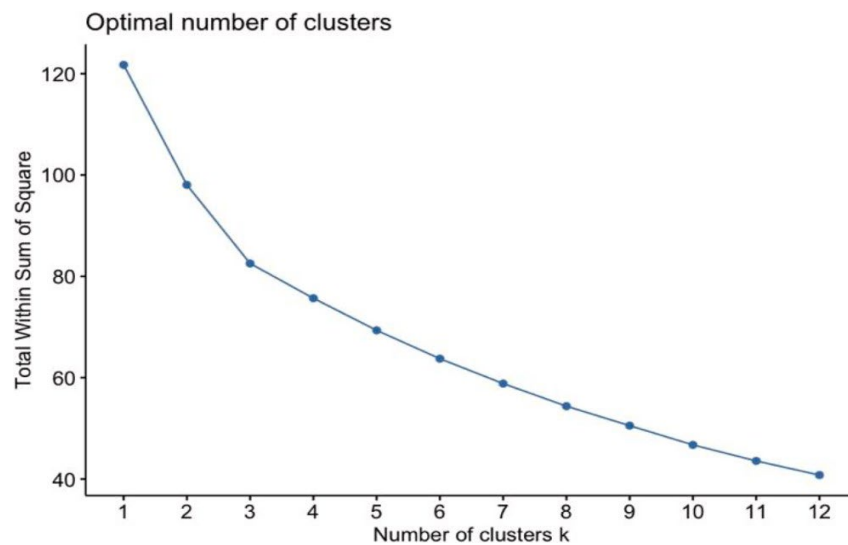


Fig. 8. Reduction of the squared error based on the number of clusters considered.

Group 1. Excellence Group (strength in the Organizational Model) (high level).

The scores of most of the variables stand out with respect to the other groups, except for the variable related to the Evaluation and accreditation model, for which lower values can be observed. The variables related to Agents and roles, Organizational structure, Link with collaborators and Disruptive commitment, all from the Organizational Model, obtain the largest values in the sample in this group, so the Organizational Model seems to be the strong point of Group 1. The Enrollment variable, which in some way can also be associated to the other strong variables for this group, also obtains the maximum values. In the rest of the variables, the scores are similar to those of Groups 2 and 3. We therefore classify the schools in this group as having a high level of global singularity, with special incidence in the

Organizational Model. A characteristic example of this group would be the DigiPen Institute of Technology.

Group 2. Standard-Singularity Group (medium/low level). This is the most common, and it is also made up of universities with relevant singularity factors, but fewer than other groups. Lower values of variables are observed in this group of schools than those for Groups 1 and 3, but higher than Group 5. A direct comparison can be established with Group 3, which will be introduced below. The variables Link with collaborators, Student Services, Enrollment and Student certifications, obtain lower values than in Group 3, although they can still be considered relevant. As in the following group, the scores for the other singularity factors show similar values, around 2 in all cases. The group of schools that are singular in an overall way, with certain deficiencies in singularity in the Services Model, can be considered. An example of this group to highlight is the Royal Roads University.

Group 3. High-Singularity Group (strength in the Services Model) (medium/high level). This is the second largest for the selected sample. As previously mentioned, it is above Group 2 in the variables indicated above. In the Service Model it has a very good score. Almost all the variables have values greater than 2 (between 2 and 2.5), with which we can indicate it as the group of universities with very marked singularity factors, in all areas, although not exceptional. A typical example of this group would be the Open University (Badged environment).

Group 4. Low-Singularity Group (low level). Includes only 4 schools. Although they can still be considered singular, the scores obtained by the schools in this group are lower on average than those of the other groups, especially in the variables (A5 Learning resources, A6

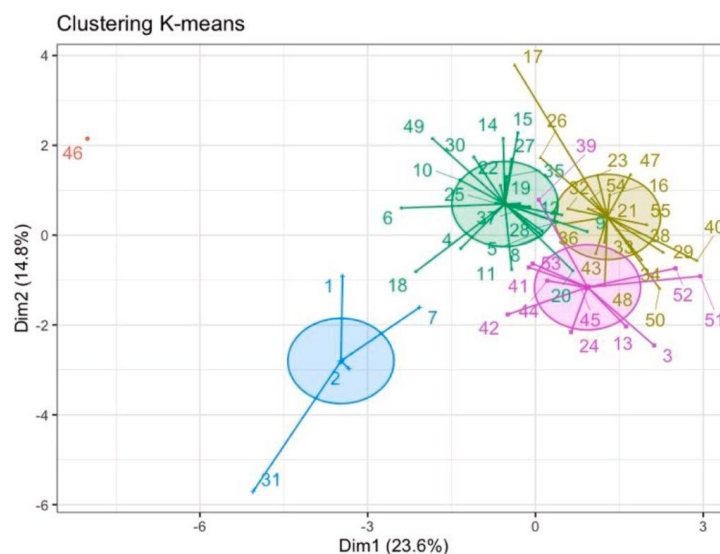


Fig. 9. Groups obtained using mathematical clustering techniques.

Environments, B1 Processes) and (C1 Recipients/Ecosystem, C2 Student services, C3 Enrollment, C4 Student certifications, C5 Extension of the educational business). This indicates deficiencies in aspects related to the Organizational and Service Models. A characteristic example would be Quest University Canada. The characterization of this group includes the Berlin Sch. Creat., which is problematic because it appears to be an outlier (one point off scale). This school could be considered an isolated case, and include the rest of the universities in this group in Group 3, removing Group 4 from the classification.

The cluster analysis gives another singular point as well, which is the NASA educational center (label 31). It has very low values with respect to the variables of the Organizational and Services Models. The other variables show medium values (from 2 to 2.5), and the variable A6 (Environments) has the maximum value, 3. The result seems to indicate that it should not really be considered a normal school as many of the variables evaluated have values of 1, since they don't apply in the case of this school. It should therefore be added, eliminating these variables, to Group 1.

Based on this grouping, we can determine which, among the different fields and variables considered, play a more prominent role in characterizing the singularity of higher education schools. While in all the schools that can be considered as singular, the Formative Model has similar values (although high), the Organizational and Services models seem to be determinant to distinguish between the different aspects that singularity can take. The variables B2 (Agents and roles), B3 (Organizational structure), B4 (Link with collaborators) and B5 (Disruptive commitment), C1 (Recipients/Ecosystem) and to a lesser extent, variables C2 (Student services), C3 (Enrollment and Student certifications) seem to be decisive in this sense. Thus, in general it could be said that the Educational Model makes it possible to determine when a school is singular compared to another that is not, and the Organizational and Services models are what make the difference between

	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16
	0.37 7	0.20 9	0.16 5	0.19 7	0.09 1	0.13 6	0.50 3	0.20 5	0.02 4
	0.19 5	0.39 2	0.00 0	0.18 2	0.28 9	0.25 1	0.005 1	0.01 7	0.20 6
	0.20 2	0.07 7	0.17 3	0.02 1	0.004 1	0.253 1	0.223 1	0.091 2	0.10 2
	0.52 1	0.07 2	0.13 0	0.011 0	0.19 9	0.14 8	0.15 5	0.28 2	0.25 0
	0.24 6	0.08 7	0.024 0	0.062 0	0.16 7	0.08 7	0.17 8	0.32 5	0.15 8
	0.132 1	0.202 3	0.134 1	0.058 4	0.07 5	0.28 9	0.02 0	0.04 5	0.16 8
	0.04 1	0.13 3	0.13 1	0.03 4	0.44 9	0.38 1	0.14 1	0.28 6	0.39 9
	0.04 1	0.03 3	0.03 1	0.16 6	0.07 6	0.06 7	0.14 1	0.14 6	0.03 1

some schools and others. These results will be further explained in the next section.

Regarding the estimate of the error committed, the rate of reduction of the quadratic error involved in the selection of five clusters for the classification of all the centers is 0.56. It represents the compromise (close to 50 %) between having a manageable group of clusters to reliably obtain their characteristic properties and the tendency to reduce the squared error as much as possible, and implies a reasonable level of dispersions of the institutions around the centers representing their main properties.

Principal component Analysis: Dimension reduction

In this section we analyze the set of initial variables defined, in order to select those that are truly representative. This can make it possible to eliminate those that have less influence on the classification of universities according to their singularity in the preparation of a simplified evaluation sheet. To do this, we use a principal component analysis (see, for example, Khot et al., 2023; Jolliffe and Cadima, 2016; Skogholt et al., 2023) performed on the initial database, which can provide a procedure for reducing the number of significant variables, from the initial 16. In any case, it gives us information about the number of variables needed to correctly describe the data. In a first step, before analyzing the PCs, we can search in the correlation matrix of the initial variables to see if any of them are strongly correlated, which would give us a simple exclusion criterium.

Using R programming, we calculated the correlation matrix between the values of the 16 initial variables, considering all the schools sampled. In the program outputs, the variables appear labeled from X1 to X16 in the order in which they were introduced, from A1 to C5. From direct observation of said matrix, it does not seem that very strong relationships between different variables can be deduced. In fact, only two variables (X12-C1 and X16-C5) present correlations greater than 0.6, as can be verified in the matrix (Table 2)..

Table 2
Correlation matrix with respect to the initial

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
X1	1.00						
X2	0	0.23					
X3	0.23	0	0.08				
X4	0	1.00	0.16				
X5	0.08	0.16	1.00				
X6	0.13	0.24	0.06				
X7	0.12	0.14	0.00				
X8	0.16	0.13	0.07				
X9	0.12	0.13	0.00				
X10	0.225	0.08	0.223				
X11		0.01	0.145				
X12	0.20	2	0.20				
X13	5	0.19	0.16				
X14	0.37	5	0.24				
X15	7	5	2				
X16							

Next, we move on to the principal component analysis. In a first step, we determine, from the variance explained by the PCs, the number of modified variables that would be appropriate to consider. Thus, the representation of the variance explained against the number of PCs considered can be seen in Fig. 10. Based on these values and also taking into account the characteristics of the model and the reduction in the number of representative variables, it was considered that 7 PCs could be sufficient, since they would explain almost 80 % of the variance. To explain 90 %, it would be necessary to use 10 PCs, which is also an option. We opted for the first.

For the selection of the most representative variables of the original model, the correlation matrix between the PCs and the initial variables was studied, also taking into account the relative coordinates between both systems. The correlation matrix is shown in Table 3. The values that we find most significant have been marked in red, and in orange those that, while not central, are important for this selection of variables.

Fig. 11 provides a two-dimensional visualization of the result: it represents the relative directions of the original variables with respect to the first two CPs.

If we use this representation of the model, we observe that the two variables that most strongly influence the first two components, maintaining their directionality, are X12-C1 for the first, and X8-B2 (or X7- B1) for the second. If we look at the covariance matrix between the principal components and the original variables, we corroborate that the values of these two variables are indeed the highest, so these two original variables must be kept. The variables X2-A2 and X3-A3 intervene with a high correlation also in the third and fourth PC, although, especially in the case of the third PC, other variables appear with similar correlations. For the fifth PC, the variable X5-A5 shows a high correlation, without there being other variables that show similar relationships, so X5-A5 should also be taken in the initial model. Finally, the variable X9-B3 correlates with the seventh PC, and also contributes to

	[.7]	[.8]	[.9]	[.10]	[.11]	[.12]	[.13]	[.14]	[.15]	[.16]
0.41					0.06	0.03				
3			0.05		9	7		0.193	0.07	0.05
	0.12	5		0.03	10	0.07	0.21			2
	2	6	0.34	9	5	6	4	0.10	0	0.04
0.19	0.01			0.14			0.20	4	0.05	
2	7	0.175		0	0.006	0.10	6	0.14	5	1
0.11				0.25		2	0.02	4		
1	0.39	0.200		7	0.19	0.01	9	0.05	0.04	0.03
0.01	1	0.17		1	4	4	0.20	5	4	6
1	0.05	0.182		0.04	5	0.28	2	0.04	0.13	0.10
0.297	1		0.193		1	1	0.03	0	7	9
		0.25			17		5	0.041	0.029	0.037
0.20	0.038	6		0.03	1	0.175				
9		0.04		4	8	0.110	0.027	0.14	0.05	0.046
0.05	0.36	3		0.36			0.06	3	6	
1	9	0.06		6	0.042	0.284		0.04	0.04	0.133
	0.25	4								

the first and third PCs, so we incorporated it into the model. The sixth PC does not seem to admit a representation in the model by a single original variable in a clear way, with the correlations being widely distributed. We take the variable X10-B4 for the set of original variables, which is the one that shows the highest correlation. After the eighth PC, the representativeness of original variables considered individually is very scattered, therefore, it is not possible to indicate relevant initial variables from this eighth PC. We can also estimate the error committed when this reduction of variables is done. As a result of the Principal Component Analysis we propose to reduce the number of variables to seven, related to the seven principal components that appear first. This explains 80 % of the variance, which means that users opting for this reduced model assume a 20 % error with respect to the original model of sixteen variables.

Summarizing, in a reduced model, the variables that we would take into account would be

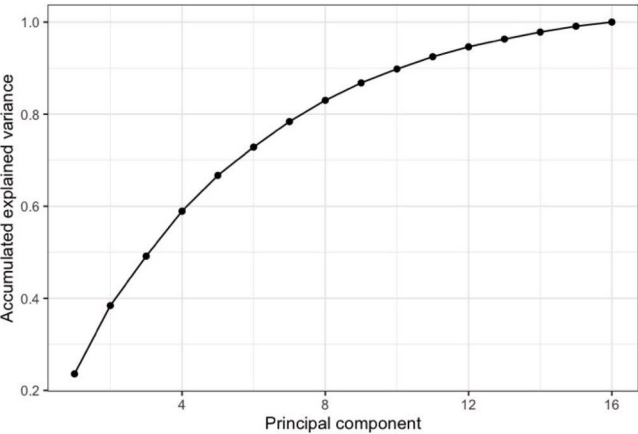


Fig. 10. Accumulated variance explained by each PC.

Table 3
Correlations between the original variables (Xk in rows) and the PCs

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
X1	0.36		0.04		0.34	0.360
X2	7	0.576	0	0.01	0	
X3	0.35		0.09	8		0.27
X4	8	0.205	1	0.70	0.06	0
X5			0.59	3	1	0.16
X6	0.133	0.031	5	0.41	0.36	8
X7			0.495	6	0	
X8	0.14	0.53		0.48		0.04
X9	8	4		1	0.17	0
X10	0.32	0.02	0.422	0.21	6	0.15
X11	7	2	0.449	9	0.63	3
X12	0.08	0.44		0.16	0	
X13	8	6	0.332	8		0.40
X14	0.39	0.60		0.03	0.28	9
X15	4	1	0.48	8	7	0.24
X16	0.30	0.617	3	0.15	0.23	0

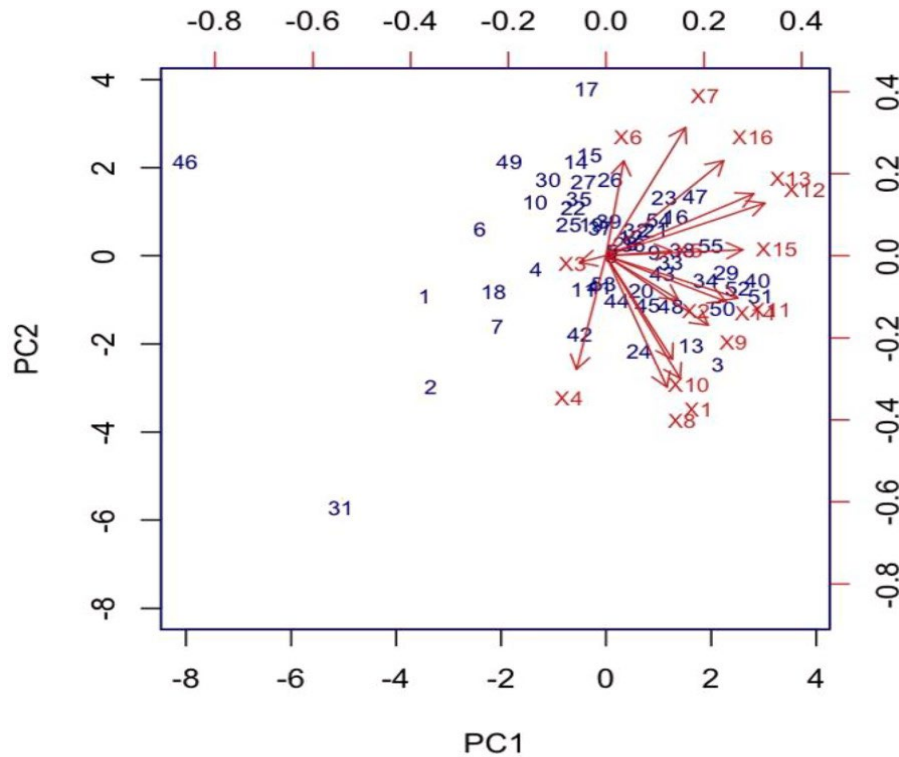


Fig. 11. Representation of the original variables in the first two PCs.

X2 → A2 (Design and planning of learning),
X3 → A3 (Evaluation and accreditation model), X5 → A5 (Learning resources),
X8 → B2 (Agents and roles),
X9 → B3 (Organizational structure), X10 → B4 (Link with collaborators),
X12 → C1 (Recipients/Ecosystem).

Of these, the first three belong to the Educational Model, the second three to the Organizational Model, and only one to the Services Model, although the latter is important because, according to the correlation matrix, it represents the first PC, which is responsible for almost 25 % of the variance explained. For the purposes of the model, this variable X12-C1 could be substituted (or unified for evaluation) with X13-C3 and X15-C4, since the correlations shown with the first PC are also high.

To conclude this section, we must make a few comments on the methodology. The proposed reduction of variables is an approximation to what a simplified model could be, but it is possible that the results, for some sets of schools with specific characteristics, are not optimal. Actually, since our main result, as indicated, is the proposed grouping of singularity into four groups, the hypothesis should be validated that, by increasing the sample of schools studied and using only the seven indicated variables (and grouping in the evaluation the X12-C1, the X13-C2 and the X15-C4), the final grouping of results would be similar to those obtained. We will leave this validation for later studies; in fact, the initial database which we have used and worked on should be periodically updated and increased. We do not claim that our classification of singularity into four groups should remain unchanged: rather we think of it as a dynamic situation, since singularity itself can take different forms in the coming years.

The application of this classification for the design of new strategies for higher education institutions can easily be carried out in the model platform. A typical analysis would be a double assessment of the set of 16 variables for a given institution, one for the current situation and one for the estimation of their values after the innovation to be introduced. In Fig. 12 and Fig. 13, it can be seen whether such changes produce a significant difference with respect to the centre's uniqueness. In Fig. 12, it can be seen that the situation after the proposed innovation does not change: the original situation (label 55) and the new one (label 56) still define an isolated group, different from the four main singularity groups. However, in Fig. 13, the new proposed changes would bring the university into the singularity Group 3 from its initial non-unique position.

Summarizing, the final result of our analysis is that we can justifiably state that there are three major areas of the functioning of higher education institutions that need to be taken into account (Educational, Organizational and Service Models) in order to detect singularities in these institutions that would define different actions in the education of their students. This can be used to compute quantitative indices of how “unique” they are, as well as to provide strategic information on new innovation projects that these institutions would like to implement. This information can be synthesized into sixteen variables, which can be reduced to seven, that would allow centers to know which prototype institutions they can follow as models to deepen their uniqueness projects. The mathematical analysis shows that there are mainly four groups of uniqueness in the set of centers that have been studied (i.e., four ways of being “special”), and interested centers can easily find out which one they belong to (or would like to belong to).

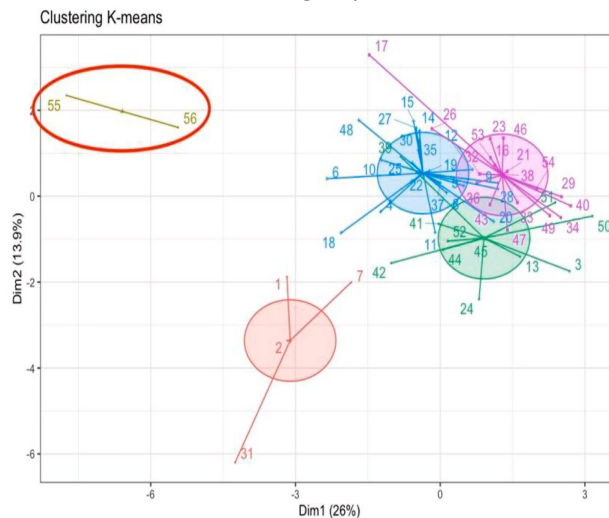


Fig. 12. Original classification of a university (label 55) together with the classification of an attempted innovation plan (label 56). The plan fails to get the result classified as a singular institution.

Regarding RQ1, the proposed tool has been successfully applied to identify centers that develop singular practices: we have checked in the list of universities considered as representatives of singularities and certainly the scores obtained in the sixteen variables allow it (RQ2). Moreover, these variables are structured in three “models” (Educational, Organizational and Services) that synthesize the operational aspects of any higher education institution (RQ3). Finally, artificial intelligence allows the organization obtained in our metric-space model, since clustering naturally provides the determination of the “singularity prototypes”, and PCA gives the option of a dimensional reduction to seven variables for a quick check, if preferred by the model user.

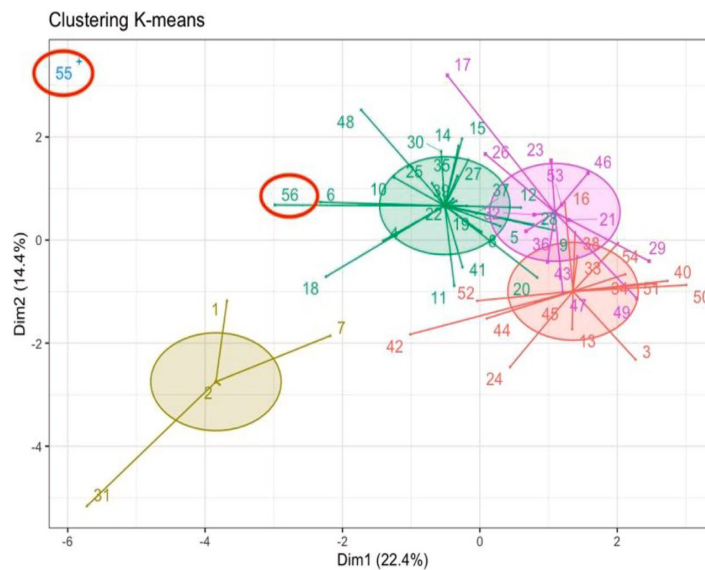


Fig. 13. Original classification of a university (label 55) together with the classification of an attempted innovation plan (label 56). In this case, the plan does get the institution classified as a singular institution, namely in Group 2.

4. Conclusions

Singularity in higher education, in terms of differentiated properties between schools, is a vague concept, which can be observed in the practices of universities in different ways and at different levels. The results of this work are intended to be used as a tool for advising higher education institutions. After assessing their capabilities and strategic purposes in innovation, the managers of these institutions can find out which innovation cluster they wish to belong based on their description and also on the numerical values they have obtained in their self- assessment. The institutions that we propose as representative of each of these groups can serve as a guide for their structural designs. Also, the list of variables and the values they have obtained in evaluating their own characteristics can serve as a general informative outline of what points they have to take into account in their own innovation plan in order for their center to become “singular” in the desired sense.

Following an empirical investigation of the singular practices that can be found around the world in higher education, we identified fifty- five centers that could be used to describe the global scenario of innovative initiatives. We evaluated them by means of a closed description of their properties using sixteen variables organized around three major aspects of the centers’ functioning. Using artificial intelligence techniques, we found that these sixteen variables can be reduced to seven, and we found four large groups with well-defined properties. They can be considered in a sense as prototypes of innovative centers that develop unique practices, and can be used by interested managers of higher education institutions for the design of their own strategies. Let us point out two main conclusions.

H1. Research on educational singularity helps to identify innovative institutions.

Given the difficulty of working from closed and easily verifiable definitions, we have chosen for its study to propose an initial hypothesis of structuring the characteristics of singularity in three models (Educational Model, Organizational Model and Services Model), each of which is described by a number of between 5 and 6 variables.

H2. The identification of singularity variables allows the identification of differential innovation in universities.

To validate the model and obtain useful conclusions, an experimental evaluation study has been carried out, using the proposed variables, of a selected sample of schools considered singular. In a second step, the structure of the set of schools has been studied using a metric model, which allowed us to perform a three-step analysis of the results: mapping of distances between schools, cluster analysis, and principal component analysis.

Our study provides two main results, which are the following.

- 1) The first is the classification of higher education institutions that carry out singular practices into four groups. They are the following: Excellence Group (strength in the Organizational Model) (high level), Standard-Singularity Group (medium/low level), High-Singularity Group (strength in the Service Model) (medium/high level), and Low-Singularity Group (low level).
- 2) The second is the establishment and proposal to redefine the most significant variables among those initially proposed. They are those related to: Design and planning of learning (A2), Evaluation and accreditation model (A3), Learning resources (A5), Agents and roles (B2), Organizational structure (B3), Link with collaborators (B4), and Recipients/Ecosystem (C1). This proposal must be verified and qualified in subsequent studies, both experimental and mathematical.

In addition to the theoretical knowledge provided by our study, our aim is for it to be above all a practical tool for higher education institutions that intend to incorporate unique practices. Based on the four models which are used to classify the schools, other universities can analyze what type of innovation they want to incorporate. In addition, from the proposed and optimized variables, the schools can understand what aspects they must attend to for this incorporation (Fig. 12 and Fig. 13).

The database of all the marks of the selected schools could serve as a reference for implementing new strategies for educational institutions interested in improving their “singularity offer”. The procedure for doing so is straightforward and simple. The new institution can self-assess itself on the sixteen variables. Then, using the description we have made in this article, they can find which is the category (prototype) in which they could be classified, finding also some schools that belong to the same category and that could serve as a real reference to start their innovation update. As mentioned in the Introduction, we are working on the construction of an online platform that can be used by managers of higher education institutions to carry out their own innovation plan using our mathematical model.

Singularity is not just an abstract theoretical concept. Based on the empirical analysis carried out in our research, it is possible to redefine it and turn it into an operational concept. The results provided in this work are intended to be the foundation of a strategy-design tool for higher education schools interested in introducing singular practices into their operations. Although we understand that the information provided can be improved through new research, this work is, to the best of our knowledge, the first attempt to specify a university innovation advisory model based on the notion of singularity. The adaptation of higher education in a global context of technological and social change must be constant and permanent, and the schools of the future must have adequate instruments that allow them to obtain advice on the direction they should choose in their strategic approaches.

5. References

- Aghion, P., Jones, B. F., & Jones, C. I. (2018). Artificial intelligence and economic growth. In *The economics of artificial intelligence: An agenda (Ch.9)* (pp. 237–282). University of Chicago Press.
- Ahmed, E. M. (2022). *Modelling Digital Economy Implications on Long-Run Economic Development*. IntechOpen: Digital Transformation-Towards New Frontiers and Business Opportunities.
- Andriushchenko, K., Kovtun, V., Cherniaieva, O., Datsii, N., Aleinikova, O., & Mykolaiets, A. (2020). Transformation of the educational ecosystem in the singularity environment. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 19(9), 77–98. <https://doi.org/10.26803/ijlter.19.9.5>
- Auxier, R. (2018). The coming revolution in (higher) education: Process, time, and singularity. In: A. Stoller & A. Kramer, E. (Eds.) *Contemporary Philosophical Proposals for the University* (pp. 217–260). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72128-6_11.
- Badiozaman, A., Fatimawati, I., Leong, H. J., & Wong, W. (2022). Embracing educational disruption: A case study in making the shift to a remote learning environment. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 14(1), 1–15. <https://doi.org/10.1108/JARHE-08-2020-0256>
- Ball, S. J., & Grimaldi, E. (2022). Neoliberal education and the neoliberal digital classroom. *Learning, Media and Technology*, 47(2), 288–302. <https://doi.org/10.1080/17439884.2021.1963980>
- Bao, L., & Xu, T. (2022). From Psychology Management Innovation and Education Reform in the Digital Age: Role of Disruptive Technologies. *Frontiers in Psychology*, 13, Article 888383. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.888383>
- Bolliger, D. U., & Wasilik, O. (2009). Factors influencing faculty satisfaction with online teaching and learning in higher education. *Distance education*, 30(1), 103–116. <https://doi.org/10.1080/01587910902845949>
- Boenig-Liptsin, M., & Hurlbut, J. B. (2016). Technologies of transcendence at Singularity University. In *Perfecting Human Futures* (pp. 239–267). Wiesbaden: Springer VS.
- Callaghan, V., Miller, J., Yampolskiy, R., & Armstrong, S. (2017). Technological singularity. *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54033-6>
- Chaka, C. (2022) Is Education 4.0 a sufficient innovative, and disruptive educational trend to promote sustainable open education for higher education institutions? A review of literature trends. *Frontiers in Education*. *Frontiers*, 2022. p. 824976. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.824976>.
- Co, M. J., Kerbage, S. H., Willetts, G., Garvey, L., Bhattacharya, A., Croy, G., & Mitchell, B. (2023). Students coping with change in higher education: An overview. *Educational Research Review*, Article 100508. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100508>
- Díaz-García, V., Montero-Navarro, A., Rodríguez-Sánchez, J. L., & Gallego-Losada, R. (2023). Managing Digital Transformation: A Case Study in a Higher Education Institution. *Electronics*, 12(11), 2522. <https://doi.org/10.3390/electronics12112522>
- Ehlers, U.-D. (2020). *Future skills: The future of learning and higher education*. BoD–Books on Demand.
- Fernandez-Antolin, M. M., del Río, J. M., & Gonzalez-Lezcano, R. A. (2021). Building performance simulation tools as part of architectural design: Breaking the gap through software simulation. *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 1227–1245. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09641-7>

- Fischer, C., Pardos, Z. A., Baker, R. S., Williams, J. J., Smyth, P., Yu, R., ... Warschauer, M. (2020). Mining Big Data in Education: Affordances and Challenges. *Review of Research in Education*, 44(1), 130–160. <https://doi.org/10.3102/0091732X20903304>
- Füloöp, M. T., Breaz, T. O., Topor, I. D., Ionescu, C. A., & Dragolea, L. L. (2023). Challenges and perceptions of e-learning for educational sustainability in the “new normality era”. *Frontiers in Psychology*, 14, 1104633. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1104633>
- Giacomolli, N. J. (2023). Conhecimento e saber na era digital: Riscos, desafios e limites. *Cadernos de Direito Actual*, 20, 8–22. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7918391>
- Goldin, C., & Katz, L. (2009). *The race between education and technology*. Cambridge MA: Harvard University Press.
- Gomez, M. J., Caldero’n, M., S’anchez, V., Clemente, F. J. G., & Ruip’erez-Valiente, J. A. (2022). Large scale analysis of open MOOC reviews to support learners’ course selection. *Expert Systems with Applications*, 210, Article 118400. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118400>
- Güler, M. G., Geçici, E., Ko’rog’lu, T., & Becit, E. (2021). A web-based decision support system for examination timetabling. *Expert Systems with Applications*, 183, Article 115363. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115363>
- Harkins, A. M., & Kubik, G. H. (2006). Leapfrogging toward the “singularity”: Innovative knowledge production on market-driven campuses. *On the Horizon*, 14(3), 99–107. <https://doi.org/10.1108/10748120610690672>
- Hoffmann, C. H. (2023). A philosophical view on singularity and strong AI. *AI & Society*, 38, 1697–1714. <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01327-5>
- Horvath, K., & Steinberg, M. (2023). Social classification and the changing boundaries of learning. A neopragmatic perspective on social sorting in digital education. *Learning, Media and Technology*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/17439884.2023.2219900>
- Horvath, K., Steinberg, M., & Frei, A. I. (2023). Bridging inquiry and critique: A neo- pragmatic perspective on the making of educational futures and the role of social research. *Learning, Media and Technology*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/17439884.2023.2193412>
- Hughes, C. (2018). Singularity. In *Educating for the Twenty-First Century: Seven Global Challenges (Ch.2)*. Brill (pp. 23–44).
- Hutson, J., Jeevanjee, T., Vander Graaf, V., Lively, J., Weber, J., Weir, G., ... Edele, S. (2022). Artificial Intelligence and the Disruption of Higher Education: Strategies for Integrations across Disciplines. *Creative Education*, 13, 12. <https://doi.org/10.4236/ce.2022.1312253>
- Jach, E. A., Selznick, B. S., & Trolan, T. L. (2023). Transforming Applied Learning Opportunities to Online Education: A Synthesis-To-Practice Approach. *American Journal of Distance Education*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/08923647.2023.2231807>
- Jackson, N. C. (2019). Managing for competency with innovation change in higher education: Examining the pitfalls and pivots of digital transformation. *Business Horizons*, 62, 761–772. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2019.08.002>
- Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: A review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374, 20150202. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- Jones, M. L., & Regner, L. (2016). Users or Students? Privacy in University MOOCs. *Science and Engineering Ethics*, 22, 1473–1496. <https://doi.org/10.1007/s11948-015-9692-7>
- Kattan, R. B., Macdonald, K., & Patrinos, H. A. (2018). Automation and labor market outcomes. The pivotal role of high-quality education. *World Bank Policy Research Working Paper*, 8474. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-8474>
- Kenny, R.F. & Hartley Gunter, G.A. (2020). Designing Instruction for the Age of Singularity: A Transactional View as to How Knowledge Is Synthesized. In: Hokanson, B., Clinton, G., Tawfik, A., Grincewicz, A., Schmidt, M. (eds) *Educational Technology Beyond Content. Educational Communications and Technology: Issues and Innovations*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-37254-5>.

- Khot, A., Neubauer, M., & Roy, A. (2023). A Detailed Study of Interpretability of Deep Neural Network based Top Taggers. *Machine Learning: Science and Technology*.
<https://doi.org/10.1088/2632-2153/ace0a1>
- Knox, J., Williamson, B., & Bryne, S. (2019). Machine Behaviourism: Future Visions of 'Learnification' and 'Datafication' Across Human and Digital Technologies. *Learning, Media and Technology*, 31–45. <https://doi.org/10.1080/17439884.2019.1623251>
- Kultaeva, M. (2020). *Intercultural discourse in the philosophy of education: Theoretical reflection between generality and singularities* (pp. 80–95). Tom VIII: Pedagogika Filozoficzna.
- Kurzweil, R. (2005). *The singularity is near: When humans transcend biology*. Penguin.
- Lameras, P., Tsiatsos, T., Petridis, P., Tolis, D., Liarokapis, F., Anastasiadou, D., Protopsaltis, A., Hendrix, M. & Arnab, S. (2015). Creative thinking experimentations for entrepreneurship with a disruptive, personalised and mobile game-based learning ecosystem. In 2015 International Conference on Interactive Mobile Communication Technologies and Learning (IMCTL), pp. 348-352. *IEEE*, 2015. <https://doi.org/10.1109/IMCTL.2015.7359617>.
- Lu, C. H. (2021). The impact of artificial intelligence on economic growth and welfare. *Journal of Macroeconomics*, 69, Article 103342. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2021.103342>
- Makridis, C. A., & Mishra, S. (2022). Artificial intelligence as a service, economic growth, and well-being. *Journal of Service Research*, 25, 505–520. <https://doi.org/10.1177/10946705221120218>
- Manetti, A., Lara-Navarra, P., & S´anchez-Navarro, J. (2022). Design process for the generation of future education scenarios. [El proceso de dise˜no para la generaci3n de escenarios futuros educativos]. *Comunicar*, 73, 33–44. <https://doi.org/10.3916/C73-2022-03>
- Marshall, S. (2010). Change, technology and higher education: Are universities capable of organisational change? *Research in Learning Technology*, 18(3), 179–192. <https://doi.org/10.14742/ajet.1018>
- Mart´ınez-Mart´ınez, S., & Lara-Navarra, P. (2015). El big data transforma la interpretaci3n de los medios sociales. *El profesional de la informaci3n*, 23, 575–581. <https://doi.org/10.3145/epi.2014.nov.03>
- McCabe, L. T. (2001). Globalization and internationalization: The impact on education abroad programs. *Journal of Studies in International Education*, 5, 138–145. <https://doi.org/10.1177/102831530152004>
- M´endez, V. G., Suelves, D. M., M´endez, C. G., & Mas, J. A. R. L. (2022). Future teachers facing the use of technology for inclusion: A view from the digital competence. *Education and Information Technologies*, 28, 9305–93231. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11105-5>
- Mitchell, K. (2021). Disruptive Innovation: Designing a Shifting Pedagogy for Creative Disciplines in Higher Education Learning. International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics. Springer International Publishing, 2021.
- Mukul, E., & Bykzkan, G. (2023). Digital transformation in education: A systematic review of education 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 194, Article 122664. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122664>
- Murchan, D., & Siddiq, F. (2021). A call to action: A systematic review of ethical and regulatory issues in using process data in educational assessment. *Large-scale Assessments in Education*, 9, 25. <https://doi.org/10.1186/s40536-021-00115-3>
- Musselin, C. (2018). New forms of competition in higher education. *Socio-Economic Review*, 16(3), 657–683. <https://doi.org/10.1093/ser/mwy033>
- Mrsepp, P., & Jakubik, M. (2022). Rationality of Wisdom-Inquiry and Redefining the Tasks of Universities. *Balkan Journal of Philosophy*, 14(1), 41–52.

- Lewis, T., Marginson, S., & Snyder, I. (2005). The network university? Technology, culture and organisational complexity in contemporary higher education. *Higher Education Quarterly*, 59(1), 56–75. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2273.2005.00281x>
- Oke, A., & Araujo Pereira Fernandes, F. (2020). Innovations in teaching and learning: Exploring the perceptions of the education sector on the 4th industrial revolution (4IR). *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6, 31. <https://doi.org/10.3390/joitmc6020031>
- O'Lemmon, M. (2020). The Technological Singularity as the Emergence of a Collective Consciousness: An Anthropological Perspective. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 40, 15–27. <https://doi.org/10.1177/02704676209810>
- Patrinos, H. A. (2021). The Learning Challenge in the Twenty-first Century. In *Media, Technology and Education in a Post-Truth Society: From Fake News, Datafication and Mass Surveillance to the Death of Trust* (pp. 39–53). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1080/02607476.2023.2212453>.
- Pechenkina, E., & Branigan, E. (2023). Exploring staff and student experiences of learning management system transition. *Educational Research*, 65, 82–98. <https://doi.org/10.1080/00131881.2022.2147854>
- Pérez-Ortega, J., Almanza-Ortega, N. N., Vega-Villalobos, A., Pazos-Rangel, R., Zavala- Díaz, C., & Martínez-Rebollar, A. (2019). The K-means algorithm evolution. In: *Introduction to Data Science and Machine Learning (Ch. 5, 69-90)*. IntechOpen, London.
- Peruzzo, F., & Allan, J. (2022). Rethinking inclusive (digital) education: Lessons from the pandemic to reconceptualise inclusion through convivial technologies. *Learning, Media and Technology*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/17439884.2022.2131817>
- Psacharopoulos, G., & Patrinos, H. A. (2018). Returns to investment in education: A decennial review of the global literature. *Education Economics*, 26(5), 445–458. <https://doi.org/10.1080/09645292.2018.1484426>
- Rahm, L., & Rahm-Skågeby, J. (2022). Imaginaries and problematisations: A heuristic lens in the age of artificial intelligence in education. *British Journal of Educational Technology*. <https://doi.org/10.1111/bjet.13319>
- Ramírez Montoya, M. S., McGreal, R., & Obiageli Agbu, J.-F. (2022). Horizontes digitales complejos en el futuro de la educación 4.0: Luces desde las recomendaciones de UNESCO. *RIED-Revista Iberoamericana De Educación a Distancia*, 25(2), 09–21. <https://doi.org/10.5944/ried.25.2.33843>
- Ramírez-Montoya, M. S., Castillo-Martínez, I. M., Sanabria-Z, J., & Miranda, J. (2022). Complex thinking in the framework of Education 4.0 and Open Innovation—A systematic literature review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(1), 4. <https://doi.org/10.3390/joitmc8010004>
- Reckwitz, A. (2017). *Die Gesellschaft der Singularitäten: Zum Strukturwandel der Moderne*. Berlin: Suhrkamp.
- Rico-Bautista, D., Guerrero, C. D., Collazos, C. A., Maestre-Gongora, G., Sánchez-Velásquez, M. C., Medina-Cárdenas, Y., ... Swaminathan, J. (2022). Key Technology Adoption Indicators for Smart Universities: A Preliminary Proposal. In *Intelligent Sustainable Systems: Selected Papers of WorldS4 2021* (Volume 1, pp. 651–663). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6309-3_61.
- Rossouw, D., & Goldman, G. A. (2023). Technology and collaboration as strategic drivers shaping higher education. *The Journal for Transdisciplinary Research in Southern Africa*, 19(1), 10. <https://doi.org/10.4102/td.v19i1.1307>
- Sandberg, A. (2013). An overview of models of technological singularity. *The Transhumanist Reader: Classical and Contemporary Essays on the Science, Technology, and Philosophy of the Human Future*, 376–394. <https://doi.org/10.1002/9781118555927.ch36>
- Serradell-Lopez, E., Lara-Navarra, P., & Martínez-Martínez, S. (2023). The Pareto Principle in virtual communities of learning. *Computers in Human Behavior*, 138, Article 107444. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107444>

- Shah, D., Patel, D., Adesara, J., Hingu, P., & Shah, M. (2021). Integrating machine learning and blockchain to develop a system to veto the forgeries and provide efficient results in education sector. *Visual Computing for Industry, Biomedicine, and Art*, 4(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s42492-021-00084-y>
- Sisman-Uğur, S., & Kurubacak, G. (2021). The Reflections of Technological Singularity on Open and Distance Learning Management. In *Present and Future Paradigms of Cyberculture in the 21st Century* (pp. 18–34). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-8024-9.ch002>.
- Skogholt, J., Liland, K. H., Næs, T., Smilde, A. K., & Indahl, U. G. (2023). Selection of principal variables through a modified Gram-Schmidt process with and without supervision. *Journal of Chemometrics*, e3510. <https://doi.org/10.1002/cem.3510>
- Stecula, K., & Wolniak, R. (2022). Advantages and disadvantages of e-learning innovations during COVID-19 pandemic in higher education in Poland. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(3), 159. <https://doi.org/10.3390/joitmc8030159>
- Tan, S. (2023). Exploiting Disruptive Innovation in Learning and Teaching. In *Learning Intelligence: Innovative and Digital Transformative Learning Strategies: Cultural and Social Engineering Perspectives* (pp. 149–176). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9201-8_4.
- Terry, O. (2020). Disruption innovation and theory. *Journal of Service Science and Management*, 13(03), 449. <https://doi.org/10.4236/jssm.2020.133030>
- Tomei, G., Pieroni, M. F., & Tomba, E. (2022). Network analysis studies in patients with eating disorders: A systematic review and methodological quality assessment. *International Journal of Eating Disorders*, 55(12), 1641–1669. <https://doi.org/10.1002/eat>
- Ugur, S. S., & Kurubacak-Meric, G. (2020). Open Universities in the Future with Technological Singularity Integrated Social Media. *Emerging Technologies and Pedagogies in the Curriculum*, 413–428. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0618-5_24
- Urbano, C. (2019). Similitudes and singularities of higher education systems in the Mediterranean countries: Historical construction, policy and evolution of key indicators. *Region: The Journal of ERSA*, 6(1), 25–44. <https://doi.org/10.18335/region.v6i1.207>
- Vargas, V. R. (2023). Intra-organisational sustainable development policy integration processes in higher education through staff networks: A case study from the United Kingdom. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 24(9), 178–196. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-05-2022-0160>
- Walker, N. (2023). Prioritising Content to Enhance Preservice teachers' Preparedness for Inclusive Education: Implications for Online Learning. *International Journal of Whole Schooling*, 19(1), 1–29.
- Wang, L., Sarker, P., Alam, K., & Sumon, S. (2021). Artificial Intelligence and Economic Growth: A Theoretical Framework. *Scientific Annals of Economics and Business*, 68(4), 421–443. <https://doi.org/10.47743/saeb-2021-0027>
- Wenham, M. (1987). Singular problems in science and science education. *Journal of Philosophy of Education*, 21(1), 47–58. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9752.1987.tb00142.x>
- Wiedmann, T., Lenzen, M., Keyßer, L. T., & Steinberger, J. K. (2020). Scientists' warning on affluence. *Nature Communications*, 11(1), 3107. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16941-y>
- Xu, Z. (2022). The Influence of Robot-Assisted Industry Using Deep Learning on the Economic Growth Rate of Manufacturing Industry in the Era of Artificial Intelligence. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/4594858>
- Zovko, V. (2014). Long Range Prospects of Education—from Now until Singularity. *Interdisciplinary Description of Complex Systems: INDECS*, 12(2), 161–175. <https://doi.org/10.7906/INDECS.12.2.5>

4.3. Artículo. Explorando la singularidad en la educación superior: innovar para adaptarse a un futuro incierto.

Basado en la metodología del capítulo anterior, este estudio profundiza en cómo la singularidad permite a las instituciones educativas adaptarse estratégicamente a futuros inciertos, alineando la teoría con prácticas reales.

Lara-Navarra P., Ferrer-Sapena A., Sánchez-Pérez E. y Coronado-Ferrer A. (2025). Redefiniendo la configuración de la opinión pública en la era digital: análisis computacional de dinámicas mediáticas y sociales: Análise Computacional de Dinâmicas Midiáticas e Sociais. *Estudios sobre el Mensaje Periodístico*, 31(2), 431-444. <https://doi.org/10.5209/emp.100391>

Esta investigación presenta un modelo de análisis diseñado para detectar, organizar y clasificar la singularidad en la educación superior basado en estudios de futurización. Para ello, se recopilan evidencias con el fin de identificar rasgos diferenciales en el campo educativo, lo que permite a las universidades tomar decisiones estratégicas en entornos complejos.

El estudio se fundamenta en técnicas de análisis respaldadas por investigaciones futurísticas para identificar tendencias y organizaciones innovadoras en diversos contextos educativos. Estas singularidades se clasifican y organizan mediante una propuesta metodológica mixta que combina investigación confirmatoria y la recopilación de datos cualitativos y cuantitativos.

Los resultados del estudio proporcionan una visión de 55 organizaciones de educación superior con características singulares, destacando aspectos importantes de cada una de ellas. Además, se valida la utilidad del instrumento desarrollado como una herramienta crucial que permite a las universidades revisar y adaptar constantemente sus prácticas educativas, manteniéndolas actualizadas y respondiendo a los avances sociales y tecnológicos en un mundo en constante cambio.

Asimismo, la investigación busca fomentar un debate sobre el papel futuro de las universidades como actores en una sociedad dinámica, compleja e incierta. Esto resalta la importancia de que las universidades estén preparadas para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades que surgen en este contexto cambiante.

Explorando la singularidad en la educación superior: innovar para adaptarse a un futuro incierto

Pablo Lara-Navarra - *Universitat Oberta de Catalunya (España)* Jordi Sánchez-Navarro – *Universitat Oberta de Catalunya (España)* Àngels Fitó-Bertran - *Universitat Oberta de Catalunya (España)* Jose López-Ruiz - *Universitat Oberta de Catalunya (España)* Cris Girona - *Universitat Oberta de Catalunya (España)*

1. Introducción

En un mundo caracterizado por su complejidad, dinamismo e incertidumbre, adquiere una relevancia fundamental que las instituciones universitarias lleven a cabo una revisión constante de sus prácticas educativas, con el propósito de mantenerse actualizadas y ajustarse a los cambios y evoluciones de la sociedad (Guàrdia et al., 2016, 2021; Manetti et al., 2022a, 2022b). Además, en este contexto, las instituciones de educación superior deben promover entornos que aborden de manera efectiva los desafíos que plantea la sociedad actual, siempre enfocadas en la mejora de un ecosistema universitario que se encuentra ante un futuro caracterizado por más incógnitas que certezas (Baig et al., 2023). Con este propósito en mente, las universidades se ven en la necesidad de comprender la amplitud e impacto de los cambios para crear espacios distintivos y transformadores con el potencial de revolucionar los sistemas educativos (Patterson et al., 2022).

En este marco, el presente estudio plantea la consecución de dicho objetivo mediante la exploración del concepto de “singularidad educativa”, que se erige como un marco conceptual para analizar los factores que convierten a una institución educativa en un proyecto diferenciado. Asimismo, es imperativo reconocer que las características que definen la singularización pueden manifestarse de diversas maneras y trascender el modelo pedagógico tradicional de las instituciones, lo que nos conduce a la imperiosa necesidad de desarrollar nuevos enfoques analíticos en el ámbito educativo (Cai, 2017; Ramírez-Montoya et al., 2022).

Partiendo de esta base, el propósito fundamental de la presente investigación radica en establecer un marco de estudio destinado a caracterizar el concepto de singularidad en el ámbito educativo. El sustento teórico de este estudio se encuentra anclado en el trabajo seminal de Wenham (1987) titulado “Singular Problems in Science and Science Education”. Para lograr este cometido, se plantea un modelo de análisis que se orienta hacia la identificación, organización y clasificación de la singularidad educativa, y se apoya en las investigaciones previas de Wenham (1987) y Andriushchenko et al. (2020).

El objetivo final de esta indagación es proporcionar a las instituciones universitarias un conjunto de herramientas innovadoras que les faculten para enfrentar y adaptarse a los desafíos del cambio. Este enfoque se fundamenta en la premisa de que la capacidad de identificar la singularidad educativa se erige como un elemento esencial para mejorar la adaptabilidad de dichas instituciones frente a las dinámicas evoluciones en los ámbitos social, cultural, demográfico, económico, tecnológico y de mercado (Manetti et al., 2022a) y, en última instancia, para fortalecer su capacidad de respuesta ante dichos cambios (Gros y Lara, 2009).

La propuesta de esta investigación consiste en definir y delimitar la singularidad en el campo de la educación, como un punto de inflexión en la forma en que se realiza y se organiza la educación superior. Así, el estudio se enfoca en la recopilación de evidencias que ayuden a detectar rasgos diferenciales en el universo de la educación superior, con el fin último de que las universidades puedan tomar decisiones estratégicas para dar respuestas en los entornos complejos en los que

operan. Nuestra investigación se sustenta en los estudios sobre el futuro (Decoufle, 1974; Godet, 2001; Mojica, 2005; Brown y Kuratko, 2015; Kuosa, 2010, 2016; Berenskoetter, 2011; Ito y Howe, 2016), combinados con bases teóricas y metodológicas del análisis conceptual (Meyer y Mackintosh, 1994) para establecer un instrumento de clasificación y organización de la singularidad educativa. En suma, planteamos explorar las tendencias en la educación superior como espacio de generación de innovación para resolver desafíos frente al nuevo e incierto escenario global (Guàrdia et al., 2016; Manetti et al., 2022a).

El propósito primordial de este estudio es, por tanto, detectar tendencias en el sistema educativo superior que permitan la identificación de instituciones con prácticas distintivas, aquellas que pueden ser consideradas singulares. Los resultados obtenidos proporcionarán una visión enriquecedora de aquellas universidades que se destacan por sus características únicas, contribuyendo a destacar aspectos sobresalientes en cada una de ellas. Adicionalmente, se persigue la meta de fomentar un debate acerca del futuro de las universidades como instituciones fundamentales en el apoyo a una sociedad caracterizada por su dinamismo, complejidad e incertidumbre.

2. Metodología de investigación

La presente investigación se propone definir y delimitar el concepto de singularidad como un elemento distintivo y motor de cambio en el contexto de la educación superior. El enfoque metodológico propuesto se basa en la utilización de una metodología mixta que combina la investigación confirmatoria con la recopilación de datos cualitativos. Este método se fundamenta en un análisis respaldado por estudios prospectivos con el fin de detectar tendencias que conduzcan a la identificación de instituciones innovadoras en diversos contextos educativos (Gough, 1990; Hicks, 2012; Hicks y Slaughter, 1998; Toffler, 1974). Partimos de la premisa de que la prospectiva es un proceso que emplea herramientas analíticas para identificar tendencias y establecer posibles escenarios futuros (Manetti et al., 2022b).

En el ámbito de la educación superior, las metodologías de futurización se asocian comúnmente con cambios radicales o reformas sustanciales en áreas como el trabajo académico, el currículo, la enseñanza, el aprendizaje y la tecnología (Cai, 2017). La literatura científica respalda la sólida conexión entre los conceptos de futurización y educación (Menéndez et al., 2022), demostrando que las metodologías orientadas a la definición de escenarios futuros poseen el potencial de transformar profundamente la educación (Bodinet, 2016; Gee y Esteban-Guitar, 2019; Hicks, 2012). De esta manera, se establece una asociación clara y robusta entre los métodos prospectivos y conceptos como “educación”, “aprendizaje”, “programas formativos”, “currículum”, “alfabetización” y “pedagogía”, junto con otros términos como “centros”, “universidad”, “profesores” o “estudiantes” (Menéndez et al., 2022). A continuación, se describen los pasos propuestos para el desarrollo de la investigación:

- Identificación de temas clave relacionados con las tendencias y prácticas innovadoras
- Realización de una revisión bibliográfica de estudios que abordan dichos temas.
- Selección de una muestra representativa de estudios para el análisis cualitativo.
- Extracción de datos cualitativos mediante la codificación y categorización de la información.
- Análisis de los datos cualitativos utilizando técnicas de análisis temático y/o análisis de contenido, con el fin de identificar patrones, tendencias y relaciones entre los conceptos clave.
- Desarrollo de una rúbrica basada en los resultados del análisis cualitativo.
- Diseño de entrevistas con expertos, validar los resultados del análisis cualitativo.
- Presentación de los resultados del análisis.
- Discusión y conclusiones de las implicaciones para la educación superior.

En resumen, este proceso de investigación sigue una serie de pasos secuenciales, cada uno con un objetivo específico. La investigación busca, en síntesis, detectar tendencias que estén relacionadas con prácticas singulares en la educación superior, con el propósito de analizar posteriormente en profundidad las instituciones educativas. En este contexto, se plantean las siguientes preguntas de investigación, las cuales, en conjunto, exploran cómo detectar tendencias, identificar instituciones singulares y determinar el grado de singularidad de una universidad:

- PI.1. ¿Cómo se pueden identificar las tendencias en la educación superior?
- PI.2. ¿Es factible descubrir nuevos modelos de educación superior a partir de las tendencias identificadas?
- PI.3. ¿Cómo se pueden organizar y clasificar las instituciones de educación superior con características diferenciadoras?
- PI.4. ¿Cómo se puede establecer el grado de singularidad de una universidad?

Responder a estas preguntas nos permitirá validar un enfoque riguroso y sistemático para explorar la singularidad, la futurización, y la educación superior, con el objetivo de ofrecer un sistema para la organización y clasificación de prácticas diferenciales en las instituciones de educación superior.

3.Resultados

La investigación se inicia con la identificación de temas y conceptos clave relacionados con las tendencias en la educación superior, poniendo especial énfasis en la búsqueda de prácticas singulares en educación, a partir de la revisión de la producción bibliográfica en el periodo 2015-2020. La indagación se realiza en la base de datos ERIC, con las siguientes ecuaciones de búsqueda: “Educación Superior AND Prácticas innovadoras AND Informes de investigación”, que nos ofrece 107 documentos en el periodo mencionado; “Educación Superior AND Prácticas innovadoras AND Informes descriptivos”, que arroja un resultado de 49 documentos; “Educación Superior AND Tendencias AND Tecnología AND Informes de investigación”, con un total de 170 trabajos; “Educación Superior AND Tendencias AND Tecnología AND Informes descriptivos” que nos proporciona 64 documentos. El cuerpo documental se completa con búsquedas en Google Scholar, cuya validez para este tipo de enfoques de investigación ha sido mostrada, tanto en términos de cobertura para revisiones sistemáticas (Gehanno et al., 2013), como en términos académicos de precisión, autoridad, objetividad, actualidad, inclusión y relevancia (Howland et al., 2009).

Tabla 1. Tendencias en educación superior detectadas

Aprendizaje autorregulado	Aprendizaje basado en la indagación	Aprendizaje basado en proyectos y problemas (ABPP)	Aprendizaje rizomático	Autenticidad
Comunidad de interés y práctica	Educación orientada a competencias	Enfoque de aprendizaje metacognitivo	Entorno de aprendizaje inteligente	Entorno personal de aprendizaje
E-portfolio	Gamificación	Insignias digitales	Inteligencia artificial	Internet de las cosas
Juegos serios	Modularidad	Movilidad virtual	Mundos virtuales	Portabilidad de datos
Realidad aumentada	Realidad virtual	Reconocimiento del aprendizaje abierto y no formal	Redes sociales para la educación	Robótica aplicada a la educación

Para almacenar, compartir archivos y crear anotaciones en la fase de análisis documental se utiliza el sistema de gestión de referencias Mendeley. A continuación, se realiza una selección de una muestra representativa de estudios para el análisis cualitativo. En la etapa de cribado se eliminan documentos duplicados y se establecen criterios de selección, como el hecho de que los informes cuenten con participantes de varios países o instituciones, contengan metaanálisis y ofrezcan muestras amplias respecto a estudios de casos concretos. Una vez identificados los temas más destacados se establece que las tendencias clave son aquellas que aparecen en más de dos fuentes. Cabe señalar en este punto que nuestra propuesta se centra en estudiar las instituciones vinculadas a las tendencias, más que profundizar en las tendencias.

Durante el proceso de extracción de datos se codifica y categoriza la información recogida, empleando técnicas de análisis de contenido, con el fin de identificar tendencias en el sistema educativo superior, que nos ayudan a detectar instituciones con prácticas que sean susceptibles de ser consideradas singulares. En el transcurso de la indagación se identifican 25 tendencias (Tabla 1) vinculadas con 110 instituciones de Europa, Estados Unidos, Canadá y Australia, además de organizaciones de carácter supraterritorial. En el proceso de análisis se observa que varias universidades mencionadas en los documentos de referencia son consideradas instituciones inspiradoras para otros centros, lo cual nos conduce a redimensionar el universo de universidades a 55 centros que terceros consideran líderes competitivos en el sistema universitario mundial (Tabla 2).

Una vez identificadas las tendencias, se extraen las instituciones vinculadas a éstas, y se inicia la etapa de investigación para desarrollar una rúbrica que sirva como instrumento de referencia para analizar los elementos diferenciadores de cada organización. El propósito de esta rúbrica es establecer la contribución disruptiva de la educación superior a la sociedad, así como estudiar los modelos de innovación, desarrollo y transferencia de conocimiento de los centros analizados.

Dado que el proceso de observación pone especial énfasis en cómo las organizaciones de educación superior abordan e institucionalizan grandes retos, y ante la dificultad manifiesta de encontrar ejemplos, es necesario recurrir a otras fuentes para establecer las variables de singularidad de la rúbrica que presentaremos a continuación. Por un lado, una referencia de apoyo es el modelo de trabajo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, que establece objetivos y metas universales y transformadores de gran alcance (Southern, 2020).

Tabla 2. Instituciones seleccionadas para el análisis

Arizona State University (Global F. A, M-Open edX)	Berlin School of Creative Leadership	of	Coursera	DigiPen Institute of Technology	Duke-NUS Medical School (National University of Singapore)
ECIU University	École 42		edX	Estonian Entrepreneurship University of Applied Sciences	Fabrica Benetton
Harvard University	Hyper Island		IE University	Kaospilot	Karolinska Institutet
Knowmads Business School	Lomonosov Moscow State University		Massachusetts Institute of Technology (MIT)	McGill University	Minerva Schools at KGI
Monash University	Mondragon Unibertsitatea / Team Academy LEINN		NASA Int.	Open Australia Universities	Pontificia Universidad Católica de Chile
Princeton University	Queen's University		Queensland University of Technology	Quest University	Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT Creds)
Royal Roads University	Schumacher College		Stanford D.School. Hasso Plattner Institute of Design	Tecnológico Monterrey	The Accelerator School, School of Computing + Student Opportunities
The University of Jerusalem	Hebrew of (Badged OpenLearn,	The Open University Courses Open	The Schulich School of Business	The Institute	Sustainability The University of Auckland

	degree)						
The University of Tokyo (Todai)	The Wharton School of University Pennsylvania	THNK. School of Creative Leadership	Tsinghua University	Udacity			
Universidad de los Andes	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	University of Alberta (for credit MOOCs)	University of Bradford (School of Pharmacy and Medical Sciences)	University of Buckingham			
University of Cape Town	University of Melbourne	University of the People	University of Toronto	Western Governors University			

Por otro lado, nos basamos en el informe Índice de Innovación Global, que clasifica las economías mundiales según su nivel de innovación (Torres-Samuel et al., 2020). Este informe utiliza alrededor de 80 indicadores y tiene como objetivo capturar las diferentes dimensiones de la innovación. Estas fuentes nos proporcionan una base sólida para evaluar y analizar los programas, estrategias y planes de innovación en las instituciones de educación superior.

A partir de los resultados del análisis sintético de los trabajos mencionados, se comienza el proceso de fundamentación de la rúbrica, utilizando metodologías de futurización en educación superior (Menéndez et al., 2022). Para alcanzar el objetivo, se opta por talleres presenciales fundamentados en competencias de investigación, pensamiento crítico y creativo, y trabajo colaborativo. En estos talleres se utiliza el método DeflyCompass, que permite generar escenarios de futuro combinados con la disciplina del diseño para los retos planteados (Manetti et al., 2022b).

En estas sesiones de trabajo se emplea la técnica de mapa mental con etiquetas removibles Manual Thinking (Huber y Veldman, 2015), una herramienta eficaz para visualizar procesos, contextualizar ideas y ordenar pensamientos, que facilita el trabajo en equipo y que resulta útil para acompañar las fases de creatividad, exploración, priorización, organización y prototipación de escenarios de manera dinámica y estructurada. A continuación, se recurre al sistema de votación a través de puntos rojos, técnica que consiste en distribuir un número limitado de puntos para que cada asistente ejerza un voto. Al colocar puntos, los participantes en los talleres votan individualmente sobre la importancia de los escenarios.

Al final de las dos sesiones de trabajo se establecen tres campos de interés: modelo formativo, gestión organizativa y experiencia de servicio, definidos por 15 factores (Tabla 3) vinculados a nueve megatendencias: la volatilidad creciente de los negocios, el cambio del poder económico global, el crecimiento constante de la población mundial, el aumento de la expectativa de vida, la crisis de los sistemas de gobernanza, la democratización de la personalización, la estandarización de patrones culturales, las nuevas tecnologías especialmente vinculadas con la inteligencia artificial y la hiperconectividad. Como resultado de la indagación prospectiva se establecieron los tres escenarios reflejados a continuación.

Tabla 3 *Tendencias innovadoras a partir de escenarios*

Modelo Formativo	Gestión Organizativa	Experiencia de Servicio
A1. Enfoque curricular	B1. Procesos	C1. Destinatarios/Ecosistema
A2. Diseño del aprendizaje	B2. Agentes y roles	C2. Servicios al estudiante
A3. Modelo de evaluación	B3. Estructura organizativa	C3. Matrícula
A4. Acción docente	B4. Modelo relacional	C4. Certificación estudiante
A5. Recursos de aprendizaje	B5. Compromiso disruptivo	C5. Extensión educativa

Fuente: elaboración propia.

Para complementar y validar los resultados del análisis cualitativo, se realizan consultas a 25 expertos en educación y tecnologías de aprendizaje para identificar áreas adicionales de interés, a través de una sesión de grupo focal basada en el taller de escenarios futuros docentes (Manetti et al., 2022b). Esta sesión tiene como objetivo imaginar escenarios futuros para el aprendizaje en educación superior. En las consultas a los participantes emergen aspectos positivos, negativos y posibilidades de interés en los escenarios de futuro, además de una lluvia de ideas sobre prácticas emergentes en la educación superior. A continuación, se presenta un resumen de la configuración de los escenarios definidos a partir de los talleres y las entrevistas a expertos.

Modelo formativo

En este escenario el objetivo es identificar las diferencias entre las diversas instituciones de educación superior en términos de estrategia y diseño curricular. Se busca evidencias de implementación de ciclos de actualización o adaptación en tiempo real del portafolio educativo a las demandas formativas del mercado laboral. Además, se tienen en cuenta factores como la diversidad y flexibilidad de los programas y planes de estudio, la personalización, adaptabilidad y modularidad de los contenidos. En este escenario se analiza:

- El diseño y la planificación del aprendizaje, la integración de metodologías innovadoras como las metodologías activas, el flipped classroom, etc.
- Uso del aprendizaje colaborativo, la adopción de recursos educativos diversos en diferentes formatos, como inmersivos, gamificados, etc., y un sistema de evaluación multimodal que incluye la hetero, auto y coevaluación.
- La combinación de tecnología y pedagogía en las aulas, los planes de estudio y la infraestructura física y digital del centro para crear valor para los estudiantes.
- El impacto y los beneficios de nuevas formas de organizar y ejercer el acompañamiento docente adaptadas a cada modelo educativo.

Gestión Organizativa

Los indicadores se centran en indagar en aquellos procesos no docentes que tengan un componente de transformación, ya sea tecnológico, organizativo o de generación de conocimiento, y que contribuyan visiblemente a cambiar de manera original y disruptiva la actividad y el rendimiento de la institución. Se consideran, entre otros, los siguientes elementos:

- Procesos de configuración de la cadena clave: se evaluaron los procesos internos considerados críticos para el funcionamiento de la institución y que impactan directamente en su especialidad o singularidad.
- Procesos externalizados estratégicamente que puedan generar un impacto profundo en la organización: nuevas figuras, roles de desempeño y formas de intermediación que contribuyen a ejercer de manera diferente la actividad académica o de gestión, promoviendo una mayor interacción entre ambas dimensiones.
- Modelos novedosos de relación y participación entre personas y/o comunidades que aportan valor a la institución: grupos destacados en la generación y transmisión de conocimiento que contribuyen a la excelencia académica y al avance institucional.

- Estructura organizativa y de toma de decisiones adaptativa que permite interaccionar en sintonía con los retos estratégicos y la complejidad del contexto tecnoeducativo, con especial enfoque en las organizaciones abiertas e innovadoras. Esto implica basarse en datos y tomar decisiones fluidas y autónomas.
- Perfil disruptivo de la institución de transformación en su entorno y la sociedad.

Experiencia de Servicio

En el análisis de este ámbito, buscamos identificar una serie de características especiales de los estudiantes de nuevo ingreso, así como rasgos competenciales comunes de los graduados. Algunos ejemplos de estos rasgos son: habilidades creativas, conciencia ecológica y capacidad de ser agentes de cambio, entre muchos otros. Además, otro factor importante es el modelo de catalización de la innovación, es decir, la estrategia ejercida por la institución para impulsar la creación y transferencia de conocimiento de manera ágil y transparente, con el objetivo de obtener un máximo impacto.

También evaluamos las redes de influencia de la organización, analizando su capacidad para atraer “insumos” como matrícula, financiación, talento, empleadores, colaboraciones, etc., así como el impacto de sus programas y actividades entre las comunidades de la institución educativa. En cuanto a los servicios orientados al estudiante, prestamos especial atención a los procesos de admisión, gestión de matrícula y otros servicios de apoyo a la carrera del estudiante que fomenten su desarrollo vocacional desde el inicio de su etapa educativa.

Además, exploramos formas de acompañamiento y estrategias personalizadas que mejoren la experiencia del estudiante, aprovechando tecnologías como el data mining, analytics, inteligencia artificial, servicios electrónicos, asistentes virtuales, recursos y portales en línea. Con relación a la matrícula, investigamos procesos flexibles, simplificados y personalizados que se centren en las necesidades del estudiante.

También examinamos programas de ayuda financiera para estudiantes, con el objetivo de aumentar y promover la inclusión. La medición también incluyó sistemas de acreditaciones y registros de aprendizaje extendidos, utilizando sistemas de certificación flexibles, abiertos y modulares, como las microcredenciales, que respondan a las nuevas demandas sociales y laborales sin comprometer la calidad de la formación.

Generación de la rúbrica

En el acto de construcción de los componentes de la rúbrica para medir los factores de singularidad en relación con los escenarios anteriormente comentados, nos interesamos por nuevos sistemas de clasificación centrados en la innovación y que van más allá de las métricas tradicionales. En este sentido, nos fijamos en el modelo del ranking WURI (World’s Universities with Real Impact).

Este ranking evalúa los programas de investigación y educación de las universidades considerando sus contribuciones innovadoras y enfoques creativos (Steiner y Posch, 2006; Manzoni, 2022; Peris-Ortiz et al., 2023). Un aspecto que nos llama la atención del WURI y que coincide con los objetivos de nuestra investigación es que, además de considerar las universidades tradicionales acreditadas, también incluye aquellas con modelos educativos menos convencionales, como Minerva Schools at KGI en Estados Unidos y Ecole 42 en Francia, que ofrecen modelos pedagógicos innovadores y atraen una gran demanda de matriculación entre un público joven interesado en las nuevas profesiones digitales de la cuarta revolución industrial.

Además, los tres criterios de innovación, implementabilidad e impacto utilizados por WURI para medir cada una de sus seis categorías de análisis: aplicación industrial, espíritu emprendedor, valor ético, movilidad estudiantil y apertura para el intercambio, gestión de la crisis y cuarta revolución industrial; sirven de inspiración para establecer las dimensiones de nuestra rúbrica.

La rúbrica se divide en tres dimensiones: Implementación, Innovación e Impacto, con tres grados de puntuación. Estas dimensiones nos ayudan a medir cada factor de singularidad. Para fundamentar la puntuación extraemos información principalmente de memorias, políticas y normativas institucionales (académicas, organizativas, de personal, etc.), planes estratégicos (educativos, de investigación, de innovación, de sostenibilidad medioambiental, de digitalización, de internacionalización, etc.), anuarios e informes sobre el estado del centro y sus dependencias, catálogos de programas, manuales, publicaciones y noticias en prensa, artículos académicos y todo tipo de documentos públicos vinculados a la organización.

Implementación

Esta dimensión se centra en investigar el grado de institucionalización de los factores de singularidad dentro del contexto del elemento analizado, así como los recursos utilizados para su funcionamiento. Al igual que las otras dimensiones, se evalúa de manera amplia, con el objetivo de determinar si el factor se encuentra en fase de planificación, experimentación como proyecto o si ya se ha institucionalizado en las estructuras internas de la organización.

Aunque esta tarea resulte complicada, también nos proponemos averiguar la forma en que el factor se conecta con la estrategia y políticas del centro, su relación con otros procesos del modelo, los servicios del entorno que activa, su aparente sostenibilidad y si su implementación ha sido progresiva a través de iniciativas internas o impulsada desde el exterior.

Innovación

Esta dimensión se sustenta en la definición proporcionada por la OCDE y Eurostat (2005), que describe la innovación como la implementación de un producto (bien o servicio), proceso o método de marketing u organizativo nuevo o significativamente mejorado en las prácticas empresariales, el lugar de trabajo o las relaciones exteriores.

En nuestra evaluación, valoramos el componente de innovación presente en cada uno de los factores del elemento, así como el grado de creación (novedad) o adopción de innovaciones que contenían. Buscamos identificar, por ejemplo, la incorporación de nuevos o transformados servicios o productos formativos, enfoques y métodos de enseñanza, organización del trabajo y del personal, integración de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en los procesos educativos, entre otros. El objetivo, por tanto, es verificar que la innovación genera cambios en el modelo de la institución, aportándole un valor diferencial que facilite su adaptación a contextos de cambio acelerado (Marcet, 2016).

Impacto

El objetivo de esta dimensión es verificar y valorar los efectos que el factor de singularidad provoca en el elemento analizado, así como su influencia en los demás dominios del modelo. Se busca determinar cómo los resultados aparentes satisfacen las demandas sociales, organizacionales, formativas, etc., y cómo repercuten de manera positiva en la notoriedad, posicionamiento y reputación de la organización. Para la evaluación de estos modelos se asignó un nivel numérico de singularidad. Estos niveles son:

Nivel 1. El elemento no es diferencial. En este elemento la universidad se comporta como el estándar o simplemente, el elemento no aplica por ser inexistente o por no disponer de datos.

Nivel 2. Se detecta cierta diferenciación respecto al estándar pero esta singularidad no influye significativamente en la diferenciación de la universidad. Probablemente sea una singularidad provocada o subsidiaria de otra singularidad más determinante.

Nivel 3. La diferenciación respecto al estándar es un rasgo diferencial determinante que impacta significativamente en la diferenciación de la universidad.

Aplicación de la rúbrica

Tras establecer las dimensiones y niveles de la rúbrica, se inicia el proceso de análisis de las 55 instituciones recogidas en el proceso de detección de tendencias y nos adentramos en la fase de la búsqueda y recogida de información de los centros elegidos, para poder profundizar en la descripción de sus características y poder establecer los rasgos diferenciales en los distintos contextos analizados (Tabla 4).

Es importante destacar que los tres escenarios establecidos para el análisis de las organizaciones están estrechamente interrelacionados, como se pudo observar en la mayoría de los casos analizados. En general, se encontró que un modelo formativo singular suele ir acompañado de un sistema de gestión organizativa y una experiencia de servicio particulares.

Para poder identificar y evaluar la singularidad de cada uno de estos tres modelos, se estableció una situación estándar de referencia en las universidades que nos servirá como base para reconocer los centros singulares. Una vez que se definieron las tres dimensiones, se desarrolló la rúbrica de singularidad completada con el nombre y descripción de cada factor o indicador, los elementos estándar y niveles de singularidad a considerar en cada caso.

Una vez obtenidos los resultados del muestreo cualitativo de singularidad en los centros superiores seleccionados, el siguiente paso es realizar un análisis matemático de las puntuaciones asignadas en el modelo de caracterización y clasificación de las instituciones singulares. Posteriormente, se procedió a verificar matemáticamente su viabilidad como base de nuestro instrumento analítico. Cabe destacar que el modelo de calificación de estos perfiles tiene como objetivo abarcar todos los aspectos en los que una determinada institución de educación superior puede ser considerada única o singular, como se mencionó anteriormente. Para lograr esto, en primer lugar, se construye un modelo matemático en el cual la información codificada pueda ser comparada y utilizada para establecer formalmente las relaciones entre las universidades implicadas en el modelo.

Tabla 4
Aplicación de la rúbrica

	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
1	2	3	3	2	2	2	2	3	1	2	3	1	2	2	3
2	3	3	2	3	2	2	2	2	2	3	3	2	3	2	3
3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	3	2	3
4	2	3	3	2	3	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3
5	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2
6	2	3	2	2	2	3	2	1	2	3	2	2	3	2	2
7	2	3	2	3	2	2	3	2	2	3	3	2	3	2	3
8	2	3	3	2	2	2	2	2	1	3	3	1	3	2	3
9	3	2	3	2	2	3	2	2	2	3	2	2	3	2	2
10	3	2	2	2	2	3	2	2	1	3	3	1	3	2	3
11	3	2	2	2	2	2	3	2	2	3	3	2	3	2	3
12	3	3	2	3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2
13	3	2	2	3	2	2	2	2	1	3	2	1	3	2	2
14	2	3	2	2	2	2	3	2	3	3	2	3	3	2	2
15	2	2	3	3	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2
16	2	3	2	3	2	3	3	2	1	2	3	1	2	2	3
17	2	2	2	2	2	3	2	1	2	2	3	2	2	2	3
18	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3	2	2	3	3	2
19	3	3	2	3	3	3	2	2	1	2	2	1	2	3	2
20	3	3	2	2	2	2	2	3	2	3	3	2	3	2	3
21	2	3	3	2	2	3	2	2	1	2	3	1	2	2	3
22	2	3	2	3	2	2	2	2	1	3	3	1	3	2	3
23	2	3	2	2	2	2	3	2	2	3	3	2	3	2	3
24	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3
25	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	2	3	2	3
26	3	3	2	2	2	2	3	2	2	3	3	2	3	2	3
27	2	3	2	2	2	3	2	2	2	3	3	2	3	2	3
28	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2

29	2	3	2	2	2	3	2	2	2	3	3	2	3	2	3
30	2	3	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2
31	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3
32	3	3	2	3	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	3
33	2	3	2	3	2	3	2	2	3	2	3	3	2	2	3
34	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	3	2	3	2	3
35	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	3
36	2	3	2	3	2	3	2	2	1	3	3	1	3	2	3
37	2	2	2	1	1	3	1	3	1	2	2	1	2	1	2
38	2	3	2	2	2	2	2	3	1	3	3	1	3	2	3
39	3	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3	2	3	2	3
40	3	3	2	2	3	2	2	2	2	3	3	2	3	3	3
41	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2
42	3	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	3	3	2
43	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2
44	2	3	2	2	3	3	2	2	2	2	3	2	2	3	3
45	3	3	2	3	2	2	2	2	3	2	3	3	2	2	3
46	3	3	3	2	3	2	3	2	1	2	2	1	2	3	2
47	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2
48	3	3	2	3	2	1	3	2	2	2	3	2	2	2	3
49	3	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	3	2	2
50	3	3	2	2	2	3	2	2	1	2	3	1	2	2	3
51	2	3	3	2	2	3	2	2	1	3	2	1	3	2	2
52	3	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3	2	3	2	3
53	2	3	3	2	2	2	2	3	1	2	3	1	2	2	3
54	2	2	2	2	3	3	2	2	1	2	3	1	2	3	3
55	2	2	2	2	2	3	2	1	2	3	3	2	3	2	3

Fuente: elaboración propia.

En este caso, hemos aplicado un análisis de componentes principales (Jolliffe y Cadima, 2016) a nuestra base de datos inicial con el objetivo de reducir el número de variables significativas, que inicialmente eran 15. Este análisis nos proporciona un procedimiento para determinar el número de variables que describen de manera adecuada los datos. Utilizando el lenguaje de programación R, calculamos la matriz de correlaciones entre los valores de las 15 variables iniciales, considerando todas las instituciones muestreadas. En los resultados del programa, las variables se etiquetan como X1 a X15, en el orden en que se introdujeron inicialmente, y se agrupan en las categorías A1 a C5. Al examinar directamente esta matriz, no se observan relaciones muy fuertes entre las diferentes variables como se muestra en la Tabla 5. Por lo tanto, no parece apropiado excluir ninguna variable inicial utilizando este criterio, validándose el modelo de análisis propuesto.

Tabla 5. Matriz de correlación con respecto a las variables iniciales

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15
X1	1.000	0.230	0.088	0.136	0.127	-0.225	-0.205	0.377	0.209	0.165	0.197	0.091	0.136	0.503	0.205
X2	0.230	1.000	0.164	0.249	0.141	0.084	-0.012	0.195	0.392	0.000	0.289	0.251	-0.005	0.017	0.206
X3	0.088	0.164	1.000	-0.063	-0.007	-0.223	-0.145	-0.202	0.077	-0.173	0.021	-0.004	-0.253	-0.223	-0.091
X4	0.136	0.249	-0.063	1.000	0.130	0.066	-0.168	0.521	-0.072	0.130	-0.011	-0.199	-0.148	-0.155	-0.282
X5	0.127	0.141	-0.007	0.130	1.000	0.110	0.335	0.246	0.087	-0.024	0.167	0.087	0.178	0.325	0.158
X6	-0.225	0.084	-0.223	0.066	0.110	1.000	0.198	-0.132	-0.202	-0.134	0.075	0.289	-0.020	0.045	0.168
X7	-0.205	-0.012	-0.145	-0.168	0.335	0.198	1.000	-0.041	-0.133	-0.131	0.449	0.381	0.141	0.286	0.399
X8	0.377	0.195	-0.202	0.521	0.246	-0.132	-0.041	1.000	0.085	0.398	0.076	0.067	0.199	0.146	0.031
X9	0.209	0.392	0.077	-0.072	0.087	-0.202	-0.133	0.085	1.000	0.187	0.447	0.132	0.285	0.333	0.073
X10	0.165	0.000	-0.173	0.130	-0.024	-0.134	-0.131	0.398	0.187	1.000	0.335	0.113	0.201	0.329	-0.047
X11	0.197	0.182	0.021	-0.011	-0.062	-0.058	-0.034	0.166	0.447	0.335	1.000	0.386	0.331	0.328	0.314
X12	0.091	0.289	-0.004	-0.199	0.167	0.075	0.449	0.076	0.398	0.109	0.544	1.000	0.310	0.302	0.625
X13	0.136	0.251	-0.253	-0.148	0.087	0.289	0.381	0.067	0.132	0.113	0.544	0.365	1.000	0.474	0.510
X14	0.503	-0.005	-0.223	-0.155	0.178	-0.020	0.141	0.199	0.285	0.201	0.331	0.351	0.435	1.000	0.027
X15	0.205	0.017	-0.091	-0.282	0.325	0.045	0.286	0.146	0.333	0.329	0.328	0.474	0.435	0.248	1.000

Fuente: elaboración propia.

4. Discusión

La finalidad de este trabajo es invitar a la academia a iniciar un debate en el mundo de la educación sobre el concepto de singularidad, con el propósito de generar un nuevo marco de estudio y análisis propio bajo esta perspectiva, que trascienda la singularidad en tecnología, economía, matemáticas o física. Para lograrlo, ha sido necesario rastrear la literatura académica en la que los conceptos de educación y singularidad estén estrechamente vinculados, y lamentablemente, los ejemplos son escasos. Como hemos indicado, nuestra investigación parte del trabajo de Wenham (1987) titulado “Singular Problems in Science and Science Education”, publicado en el Journal of Philosophy of Education, en el que se aborda la necesidad de desarrollar el concepto de singularidad en el área de educación. Este artículo representa uno de los pocos documentos en los que se establece un marco de estudio de la singularidad desde el ámbito educativo, y nos ha inspirado la base teórica para crear un modelo de análisis que facilita la detección, organización y clasificación, permitiéndonos caracterizar la singularidad en la educación superior. Una vez establecida la parte teórica, hemos iniciado el proceso de caracterización de la singularidad educativa, buscando identificar cambios e ilustrar ejemplos con instituciones que presentan rasgos diferenciadores en su práctica educativa.

Por otro lado, encontramos un problema relacionado con la estrecha vinculación entre tendencias y la tecnología, lo cual desvía el enfoque del concepto de singularidad en el ámbito de la educación. Por ejemplo, cuando se incorporan conceptos como escenarios de futuro y futurización, puede dar la impresión de que estamos hablando exclusivamente de la singularidad tecnológica. Sin embargo, es importante señalar que estos términos no necesariamente se refieren a la singularidad tecnológica, como es el caso en este trabajo. Existe una extensa literatura que asocia las tendencias, los escenarios de futuro y la futurización con el campo de las ciencias sociales (Decoufle, 1974; Godet, 2001; Mojica, 2005; Brown y Kuratko, 2015; Kuosa, 2010, 2016; Berenskoetter, 2011; Ito y Howe, 2016) y más específicamente, con el ámbito educativo (Menéndez et al., 2022; Manetti et al., 2022b).

En lo que respecta a las preguntas de investigación planteadas, nuestros resultados permiten ofrecer las siguientes respuestas:

PI.1. ¿Cómo podemos detectar las tendencias transformadoras en la educación superior?

Para detectar las tendencias transformadoras en la educación superior, es necesario llevar a cabo un análisis exhaustivo de los cambios y avances en diversas áreas relevantes. La educación superior está en constante evolución para adaptarse a las demandas cambiantes de la sociedad, los avances tecnológicos y las necesidades del mercado laboral. Mediante la revisión de investigaciones, informes y casos de estudio, se han identificado 25 patrones emergentes, innovaciones pedagógicas y cambios significativos en la forma en que se imparte la educación superior.

PI.2. ¿Es posible detectar nuevos modelos de educación superior a partir de las tendencias observadas?

Al detectar y analizar las tendencias transformadoras en la educación superior, se han identificado inicialmente 110 organizaciones educativas, reduciéndose posteriormente a 55 que están implementando cambios incrementales o disruptivos. Estas tendencias reflejan transformaciones en la forma en que se enseña y se aprende, así como en la estructura y organización de las instituciones educativas. A través de la observación de estas tendencias, es posible identificar nuevas formas de educación superior y comprender cómo están transformando el panorama educativo.

PI.3. ¿Cómo podemos analizar la forma en que las universidades introducen la singularidad?

Para analizar la introducción de la singularidad en las universidades, es necesario examinar de manera detallada los elementos del modelo pedagógico, organizativo y de servicios que utilizan. Cada universidad tiene su propio enfoque único y diferenciador en cuanto a cómo imparte la enseñanza, organiza su estructura y ofrece servicios a los estudiantes. Al estudiar estos aspectos, se puede comprender cómo se diferencian y generan singularidad en comparación con otras instituciones. Esto implica revisar los programas académicos, las estrategias de gestión, la estructura organizativa, los enfoques de enseñanza y aprendizaje, así como la calidad y diversidad de los servicios ofrecidos a los estudiantes.

PI.4. ¿Cómo podemos evaluar el grado de singularidad de las universidades?

Evaluar el grado de singularidad de las universidades implica analizar diversos aspectos que las distinguen de otras instituciones. Esto incluye considerar su enfoque pedagógico único, la diferenciación de su modelo organizativo en comparación con otras universidades, la originalidad de los servicios y programas ofrecidos, así como la percepción de terceros sobre su liderazgo y excelencia en el ámbito universitario. El grado de singularidad puede ser determinado mediante el análisis comparativo de indicadores relevantes, como la innovación educativa, la reputación académica, la empleabilidad de los graduados y el impacto en la sociedad. Además, se pueden tener en cuenta evaluaciones externas, reconocimientos y premios recibidos por la universidad en relación con su singularidad y su contribución al campo de la educación superior.

5. Conclusiones

La búsqueda de diferenciación en la educación superior es un fenómeno que está reconfigurando la percepción de la educación por parte de estudiantes, docentes y centros educativos. Esta transformación está íntimamente influenciada por una amalgama de factores sociales y tecnológicos, lo que implica que las universidades deben estar preparadas para adaptarse a esta evolución. Se requiere, por ende, un análisis exhaustivo de los factores que influyen en esta búsqueda de singularidad, así como una comprensión profunda de cómo estos cambios repercuten en el acceso y la calidad de la educación. Solo a través de este enfoque integral, las instituciones universitarias podrán anticiparse y prepararse para el futuro en el que la singularidad se consolida como una realidad.

Como previamente se ha señalado, la singularidad, estrechamente ligada a la innovación y a la tecnología educativa, representa uno de los componentes que pueden elevar la calidad de la enseñanza y permitir que las instituciones educativas destaquen de manera exitosa. Mediante nuestro marco de investigación, hemos logrado una comprensión profunda de las tendencias sociales y tecnológicas que pueden estar influyendo en la educación superior. Asimismo, hemos comprendido cómo el entorno educativo se modifica mediante la adopción de nuevos modelos, y hemos identificado, organizado y clasificado los elementos de singularidad en la educación superior. Esto engloba el análisis de cómo la singularidad está generando impactos en el ecosistema universitario y cómo las universidades pueden prepararse para adoptar la singularidad de manera efectiva. En este contexto, nuestro trabajo busca estimular el debate, abordando la singularidad conforme a la conceptualización de Wenham, con el propósito de involucrar a un mayor número de académicos en la caracterización de la singularidad para fomentar cambios sustantivos en la educación superior.

En lo que respecta a las líneas de trabajo futuras, contemplamos la creación de una herramienta de análisis que permita transformar las singularidades detectadas en elementos cruciales para la implementación de modificaciones en las instituciones de educación superior. Además, esperamos que este trabajo contribuya a iniciar un proceso de creación de grupos de trabajo especializados en esta temática, estableciendo una red académica para la futurización y la singularidad en las instituciones de educación superior.

6. Referencias

- Andriushchenko, K., Kovtun, V., Cherniaieva, O., Datsii, N., Alenikova, O. y Mykolaiets, A. (2020). Transformation of the educational ecosystem in the singularity environment. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 19(9), 77-98. <https://doi.org/10.26803/ijlter.19.9.5>
- Baig, M., González-Ceballos, I. y Esteban- Guitart, M. (2023). Universidades 360. La vinculación de tiempos, espacios y agentes sociales, educativos y comunitarios. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 23(74). <https://doi.org/10.6018/red.540591>
- Beran, T. y Violato, C. (2005). Rating of university teacher instruction: How much do student and course characteristics really matter? *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 30, 593-601. <https://doi.org/10.1080/02602930500260688>
- Berenskoetter, F. (2011). Reclaiming the vision thing: Constructivists as students of the future. *International Studies Quarterly*, 55(3), 647-668. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2478.2011.00669.x>
- Bodinet, J. C. (2016). Pedagogies of the futures: Shifting the educational paradigms. *European Journal of Futures Research*, 4(21), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s40309-016-0106-0>

- Brown, T. J. y Kuratko, D. F. (2015). The impact of design and innovation on the future of education. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 9(2), 147-151. <https://doi.org/10.1037/aca0000010>
- Cai, Y. (2017). From an analytical framework for understanding the innovation process in higher education to an emerging research field of innovations in higher education. *Review of Higher Education*, 40(4), 585-616. <https://doi.org/10.1353/rhe.2017.0023>
- Decoufle, A. C. (1974). *La prospectiva*. Oikos-tau. <https://bit.ly/3wFADZM>
- Fernández, J. (2008). *Valoración de la calidad docente*. Editorial Complutense.
- Gee, J. y Esteban-Guitart, M. (2019). Designing for deep learning in the context of digital and social media. [El diseño para el aprendizaje profundo en los medios de comunicación sociales y digitales]. *Comunicar*, 58, 9-18. <https://doi.org/10.3916/C58-2019-01>
- Gehanno, J.-F., Rollin, L. y Darmoni, S. (2013). Is the coverage of Google Scholar enough to be used alone for systematic reviews. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 13(7). <https://doi.org/10.1186/1472-6947-13-7>
- Godet, M. (2001). *Creating futures* Economica. <https://bit.ly/3wBsiHP>
- Gough, N. (1990). Futures in Australian education: Tacit, token and taken for granted futures. *Futures*, 22(3), 298-310. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(90\)90149-C](https://doi.org/10.1016/0016-3287(90)90149-C)
- Gros Salvat, B. y Lara Navarra, P. (2009). Estrategias de innovación en la educación superior: el caso de la Universitat Oberta de Catalunya. *Revista Iberoamericana de Educación*, 49, 223-245. <https://doi.org/10.35362/rie490681>
- Guàrdia, L., Clougher, D., Anderson, T. y Maina, M. (2021). IDEAS for Transforming Higher Education: An Overview of Ongoing Trends and Challenges. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 22(2), 166-184. <https://doi.org/10.19173/irrodL.v22i2.5206>
- Guàrdia, L., Witthaus, G., Girona, C. y Padilla, B. (2016). *Next Generation Pedagogy: IDEAS for Online and Blended Higher Education*. Final report of the FUTURA project. <http://hdl.handle.net/10609/51441>
- Guerrero, C. (2018). Evaluación de la calidad de la innovación docente. En *Contenidos universitarios innovadores* (pp. 159-164). GEDISA.
- Hicks, D. (2012). The future only arrives when things look dangerous: Reflections on futures education in the UK. *Futures*, 44, 4-13. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.08.002>
- Hicks, D. y Slaughter, R. (1998). *Futures education*. *World yearbook of education* 1998.
- Kogan Page. <https://bit.ly/39ZYb3Z>
- Howland, J. L., Wright, T. C. y Boughan, R. A., (2009). *How Scholarly Is Google Scholar? A Comparison of Google Scholar to Library Databases*. Faculty Publications. 1263. <https://doi.org/10.5860/0700227>
- Huber, L. y Veldman, G. J. (2015). *Manual thinking*. Empresa Activa
- Ito, J. y Howe, J. (2016). *Whiplash: How to survive our faster future*. Grand Central Publishing. <https://bit.ly/3BTnX3A>
- Jolliffe I. T. y Cadima J. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*, 374, Article ID: 20150202. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- Kuosa, T. (2010). Futures signals sense-making framework (FSSF): A start-up tool to analyse and categorise weak signals, wild cards, drivers, trends and other types of information. *Futures*, 42(1), 42-48. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2009.08.003>
- Kuosa, T. (2016). *The evolution of strategic foresight: Navigating public policy making*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315558394>
- Loukkola, T., Peterbauer, H. y Gover, A. (2020). *Exploring Higher Education Indicators*. European University Association. <https://eua.eu/downloads/publications/indicators%20report.pdf>
- Manetti, A., Lara-Navarra, P. y Sánchez-Navarro, J. (2022a). Design process for the generation of future education scenarios. [El proceso de diseño para la generación de escenarios futuros educativos]. *Comunicar*, 73, 33-44. <https://doi.org/10.3916/C73-2022-03>
- Manetti, A., Lara-Navarra, P. y Sánchez-Navarro, J. (2022b). Possibilities for futurecasting: designing a digital map of trends. *Artnodes*, 30, 1-10. <https://doi.org/10.7238/artnodes.v0i30.401218>
- Manzoni, J. F. (2022). Real learning, Real impact. En *The Value & Purpose of Management Education* (pp. 124-131). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003261889-20>

- Marcet, X. (2016). Más allá de la innovación: una nueva época de menos ruido y más nueces. *Sintetia*. <https://www.sintetia.com/mas-alla-de-la-innovacion-una-nueva-epoca-de-menos-ruido-y-mas-nueces/>
- Menéndez-Alvarez-Hevia, D., Urbina-Ramírez, S., Forteza-Forteza, D. y Rodríguez-Martín, A. (2022). Contributions of futures studies to education: A systematic review. [Contribuciones de los estudios de futuros para la educación: Una revisión sistemática]. *Comunicar*, 73, 9-20. <https://doi.org/10.3916/C73-2022-01>
- Meyer, I. y Mackintosh, K. (1994). Phraseme analysis and concept analysis: Exploring a symbiotic relationship in the specialized lexicon. En W. Martin (Eds.), *Proceedings of the 6th EURALEX International Congress* (pp. 339-348). Euralex. <https://bit.ly/3M68u4N>
- Mojica, F. J. (2005). *La construcción del futuro. Concepto y modelo de prospectiva estratégica*. Books, Universidad Externado de Colombia, Facultad de Administración de Empresas, edition 1, volume 1, number 26, January. <https://bit.ly/3G4IRA6>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE y Oficina Europea de Estadística EUROSTAT. (2005). *Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre Innovación*. European Communities: Grupo Tragsa.
- Patterson, E., Pugalia, S. y Agarwal, R. (2022). Innovation Management as a Dynamic Capability for a Volatile, Uncertain, Complex and Ambiguous World. En *Innovation* (pp. 378-396). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429346033-23>
- Peris-Ortiz, M., García-Hurtado, D. y Román, A. P. (2023). Measuring knowledge exploration and exploitation in universities and the relationship with global ranking indicators. *European Research on Management and Business Economics*, 29(2), 100212. <https://doi.org/10.1016/j.iedeen.2022.100212>
- Ramírez-Montoya, M. S., McGreal, R. y Obiageli Agbu, J.-F. (2022). Horizontes digitales complejos en el futuro de la educación 4.0: luces desde las recomendaciones de UNESCO. *RIED- Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 25(2), 09-21. <https://doi.org/10.5944/ried.25.2.33843>
- Southern Voice (2020). *Estado global de los ODS: tres niveles de acción decisivos (Reporte 2019)*. Southern Voice.
- Steiner, G. y Posch, A. (2006). Higher education for sustainability by means of transdisciplinary case studies: an innovative approach for solving complex, real-world problems. *Journal of Cleaner Production*, 14(9-11), 877-890. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.054>
- Toffler, A. (1974). *Learning for tomorrow: The role of the future in education*. Random House
- Torres-Samuel, M., Vásquez Stanescu, C., Luna Cardozo, M., Amelec, V. y Crissien Borrero, T. (2020). *Eficiencia técnica de la investigación y desarrollo, ciencia y tecnología, educación e innovación en países Latinoamericanos*. Corporación Universidad de la Costa. <https://hdl.handle.net/11323/8230>
- Vásquez Zamora, L. G., Herrera Vinelli, I. P., Cobeña Talledo, R. A. y Peralta Beltrán, A. R. (2023). Gestión del proceso de innovación de las prácticas de enseñanza en instituciones educativas. *RECIMUNDO*, 7(1), 468-477. [https://doi.org/10.26820/recimundo/7.\(1\).enero.2023.468-477](https://doi.org/10.26820/recimundo/7.(1).enero.2023.468-477)
- Velasco, L. C., Estrada, L. I., Pabón, M. y Tójar, J. C. (2019). Evaluar y promover las competencias para el emprendimiento social en las asignaturas universitarias. *REVESCO. Revista de Estudios Cooperativos, Segundo Cuatrimestre*, 131, 199- 223. <https://doi.org/10.5209/REVE.63561>
- Wenham, M. (1987). Singular Problems in Science and Science Education. *Journal of Philosophy of Education*, 21(1), 47-58. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9752.1987.>

4.4. Artículo. The Future of Higher Education: Trends, Challenges and Opportunities in AI-Driven Lifelong Learning in Peru

Finalmente, este capítulo analiza específicamente el impacto de la inteligencia artificial en la educación superior, proporcionando ejemplos concretos de cómo aplicar los enfoques previamente discutidos en contextos específicos y anticipando tendencias y desafíos globales.

Lara-Navarra P., Ferrer-Sapena A., Sánchez-Pérez E. y Coronado-Ferrer A. (2025). Redefiniendo la configuración de la opinión pública en la era digital: análisis computacional de dinámicas mediáticas y sociales: Análise Computacional de Dinâmicas Midiáticas e Sociais. *Estudios sobre el Mensaje Periodístico*, 31(2), 431-444. <https://doi.org/10.5209/emp.100391>

Este estudio analiza las tendencias futuras del aprendizaje a lo largo de la vida en el contexto peruano. Utilizando el modelo DeflyCompass, una herramienta de inteligencia artificial, se identificaron las principales tendencias que afectan a la evolución de los estudios de posgrado, incluido el impacto de la IA generativa en la personalización de la educación, la transformación del trabajo y el crecimiento de la Generación Z como actores clave en el entorno educativo.

La metodología aplicada combina un enfoque mixto cualitativo y cuantitativo, basado en la opinión de expertos -45 participantes de siete universidades públicas/privadas del Perú-, la técnica de proyecciones semánticas, el uso de buscadores generalistas y bases de datos especializadas, y otros recursos de gestión digital como el análisis de perfiles de Google Scholar y las herramientas de diseño de campañas de marketing online.

En concreto, se analizaron un total de 150 artículos científicos y 300 artículos de fuentes generalistas. Este enfoque permitió seleccionar, analizar y cuantificar las principales tendencias de la educación superior en el Perú y evaluar su potencial impacto en el desarrollo futuro de las escuelas de posgrado, específicamente en el caso de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).

Los resultados ponen de manifiesto la importancia de adaptar los estudios de postgrado a las nuevas demandas, como la adopción de la IA generativa, la adaptación de la educación personalizada y la integración de las tecnologías digitales para potenciar el crecimiento personal y profesional de los estudiantes. También destaca la necesidad de incorporar estrategias que aborden la transformación del trabajo, con un enfoque en el desarrollo de habilidades digitales y la preparación para un entorno laboral en constante cambio.

El estudio proporciona así una guía para las universidades peruanas sobre cómo adaptar sus programas de posgrado a las tendencias emergentes, promoviendo una educación flexible y tecnológicamente avanzada que responda a las necesidades de los futuros profesionales

The Future of Higher Education: Trends, Challenges and Opportunities in AI-Driven Lifelong Learning in Peru

Pablo Lara-Navarra ^{*}, Antonia Ferrer-Sapena , Eduardo Ismodes-Cascón , Carlos Fosca-Pastor and Enrique A. Sánchez-Pérez

1. Introduction

Lifelong learning is facing major challenges in a rapidly evolving global context due to digitalisation, the development of artificial intelligence, the transformation of work and demographic changes [1]. In this scenario, universities seek to remain at the forefront by adapting to emerging trends and preparing future professionals for an increasingly complex and dynamic environment [2,3,4]. Various studies have highlighted the importance of understanding emerging trends in postgraduate education in order to adapt training programmes to the needs of the 21st century [5]. In its report on the future of education, UNESCO highlights the need for a new social contract for education based on the principles of inclusion, equity and social justice. According to this institution, incorporating futuristic trends into the study of education is crucial to meet the challenges of an increasingly uncertain and complex world [4].

These trends enable education systems not only to adapt to technological and economic changes, but also to serve as catalysts for social change, promoting equity and sustainable development [6]. It is emphasised that education must be a common good, capable of fostering sustainable development and social cohesion in an increasingly uncertain and complex world [7]. Knowledge of global trends is essential to ensure that educational institutions can offer programmes that not only meet local needs but are also internationally competitive [3]. This means anticipating changes in the global labour market, such as the growing demand for digital and transversal skills [2,8,9,10].

In the area of postgraduate education, the trends observed enable the alignment of curricula with international standards, facilitate academic and professional mobility and ensure that students have the necessary skills to participate in an increasingly interconnected economy [10,11,12]. The literature also highlights the need for universities to anticipate technological changes and student expectations, and to implement pedagogical innovations that improve the quality and relevance of graduate programmes [2,13]. According to data from the Peruvian higher education market, the number of postgraduate students has increased by 30% in the last decade, driven by the growing demand for professional training in an increasingly competitive work environment [14]. This expansion also reflects the need for education to become a public project and a common good, to ensure that higher education is accessible to all and contributes to a more just and equitable future [15,16]. However, there is still a significant gap in the quality and accessibility of graduate programmes, which poses a challenge for universities seeking to provide quality education in line with market needs [13].

Various studies have identified several key trends for the future of education, including the need to promote education as a common good; to promote lifelong learning, especially in postgraduate education, which should be seen as a crucial stage in lifelong learning; to adopt cooperative and solidarity-based pedagogies; and to develop competencies for sustainability [17,18,19]. Lifelong learning is essential to maintain the relevance of professionals in a dynamic labour market and to promote active and responsible citizenship [20,21]. These trends are in line with the objectives of most Peruvian universities, which are to anticipate the demands of the labour

market and the expectations of students, and to guarantee training that contributes to sustainable development and social equity [14,22,23]. This study is framed by the need to understand these futurisation trends and how they can influence educational provision. Futures trends refer to long-term changes and projections that affect both the structure and content of graduate programmes [24].

In the case of Peru, it is crucial to anticipate the demands of the labour market and the expectations of students, integrating the personalisation of learning, the adoption of new technologies and the development of digital skills. Generation Z, an increasingly influential group in the field of education, presents new challenges and opportunities to redefine pedagogical strategies and teaching methods [25]. Continuous training and lifelong learning are essential to ensure that professionals can update their skills and adapt to new market and societal demands [10,11].

This is particularly relevant for postgraduate education, where programmes should provide flexible and adaptable learning opportunities that enable students to remain competitive in a constantly evolving work environment. This study aims to analyse and understand these trends using advanced artificial intelligence tools, content analysis and semantic projections. By combining qualitative and quantitative methods, it aims to provide a strategic guide for universities to proactively respond to the challenges of a changing environment and ensure relevant, innovative and forward-looking postgraduate education. Specifically, the objectives of this document are as follows.

- To identify the key challenges that Peruvian universities must address in the coming years concerning the future of education.
- This analysis aligns with global educational trends while considering specific factors that could influence the strategic goals of universities in Peru.
- To present an analytical methodology that integrates conceptual analysis, natural language processing and quantitative techniques based on semantic projections, enabling a more in-depth approach to foresight for strategic planning.

2. Methodology

The methodology used in this study combines a qualitative and quantitative mixed approach, with the aim of identifying and analysing futuristic trends affecting graduate education in Peru [26]. Advanced artificial intelligence tools (such as generative AI, natural language processing utilities, word embeddings), text analytic tools (e.g., Voyant 4.0, NotebookLM 2024) and related instruments (like Semrush), along with semantic projections, were used to ensure a comprehensive understanding of emerging trends and their relevance to educational offerings.

The purpose of using these tools is to process information gathered from scientific articles, technical reports, open searches using general search engines like Google, and other sources, in order to synthesize the data that will be useful for the subsequent steps of our analytical method. While the other AI tools mentioned are well-known and widely used in scientific research, semantic projections require a more detailed explanation, as their application within this framework is less common. A semantic projection is an index that provides a sharing coefficient between multiple terms, typically a real number between 0 and 1, which represents the degree to which two semantic terms (such as words, short phrases or tokens) share semantic environments. A typical example

would be, given a term (e.g., “gold”) and a semantic environment represented by a set of related words (referred to as the “universe”), such as metals: silver, zinc, etc., we fix a specific repository of scientific papers (e.g., arXiv) and compute the number of documents in which two terms (e.g., “gold” and “silver”) appear together, divided by the number of documents where the first term (gold) appears alone.

The central idea of this method is to measure the “sharing rate” of two selected terms within a corpus of documents. This is understandable when we combine terms linked to established trends, such as “Environmental sustainability”, which are widely accepted and present in our trend database, with other terms referring to specific aspects of the analysis target, such as “Student motivation”. If that ratio, normalized by the specific search term (“Student motivation”), is large, it follows that this search term shares the positive nature of the trend we have assumed in our catalogue of well-established trends (in this case, “Environmental sustainability”). Note that this sharing rate can be accurately calculated once the measurement framework is established, such as using the documents in arXiv, or open searches with the Google engine.

The specific procedure we employ is based on what we call the Defly Compass framework, which involves determining a list of trends [27] that is periodically updated and categorized into several groups, following an adapted version of the ASPECT scheme (Arts, Science, Population, Economy, Culture, Technology). Using various methods, which will be explained below in relation to the research reported here, we identify the main trends concerning the six fields in the standard ASPECT scheme [28]. Subsequently, a process involving natural language processing and other AI tools determines and quantifies the key trends relevant to the development of higher education in Peru, which is the focus of this study.

As mentioned above, the initial study and research design were carried out in the specific context of the PUCP, with other universities being considered in a second phase. Although the approach could be considered a case study, we believe that the partial and overall conclusions can be perfectly extrapolated to the entire Peruvian university context.

2.1. Participants

The analysis involved a group of 45 experts, including planning directors, graduate deans and vice-rectors from the Peruvian higher education system (specifically, from 7 public/private universities). This group, referred to as the seed group and represented in the study as Group 0, provided valuable insights into the key trends in postgraduate education. These experts were chosen based on their extensive academic experience and expertise in educational innovation and strategic development.

2.2. Data Collection

The first step involved an initial selection of trends from the list provided by the Defly Compass model. The members of Group 0 individually evaluated which trends were most relevant for the study of higher education in Peru by assigning scores to each trend, as will be explained in the next section.

Then, an extensive documentary approach was employed for data collection, analyzing approximately 150 academic documents and 300 articles from general sources related to higher education and emerging trends, reviewing their content and obtaining keywords and concepts

through automatic language analysis using tools such as Voyant and specific R programs for natural language processing. This number of documents was considered enough to identify the main search topics and terms needed for the next steps of the analysis. They were sourced using both general and specialized search engines, including Google Scholar, Scopus, Web of Science, DOAJ, arXiv, ResearchGate and others, to provide a comprehensive overview of academic and scientific trends. Also, the selected experts prioritized key reports for strategic decision-making. For instance, essential reports on higher education, such as “The Future of Higher Education” (2024) and the “Educause Horizon Report” (2023), were chosen. The search of documents focused on terms directly related to trends in higher education, strategic planning, the Peruvian university system and similar areas.

To define the search terms, we conducted an initial study of digital marketing campaigns. Approximately 200 specific samples of online marketing campaigns from Peruvian universities were gathered, which included analysis of user behaviour, ad performance, and search trends related to higher education in Peru. This analysis was carried out using digital marketing tools such as Google Ads and the Semrush platform. The insights gained from this data helped better account for the preferences of potential graduate students and market demands. This information was used to define the analytical terms for later stages of the study, where semantic projections were applied to identify the sharing rates between emerging trends and specific terms related to the Peruvian higher education context. Thus, the result of the data collection process was the determination of a set of relevant topics concerning futures of higher education in Peru, as well as a related list of concepts/terms describing them.

2.3. Data Analysis

Data analysis was carried out in two main phases, using advanced artificial intelligence techniques (word embeddings) to measure semantic proximity between concepts and to identify key relationships between emerging trends. In the qualitative phase, content analysis and thematic analysis were used to identify patterns and trends in the collected data, with ChatGPT 4o and Voyant 4.0 used to extract key information from the documents and provide a detailed view of emerging themes. The use of ChatGPT, supported by recent studies [29,30,31], proved effective in identifying emerging themes and producing coherent summaries. The quantitative phase involved an analysis of the text using semantic projections and data mining [9]. This phase included the use of tools such as Google Trends, Google Ads and Semrush, which provided data on the popularity and evolution of key terms in the field of Peruvian graduate education. Search trends were also analysed to correlate the relevance of emerging trends with interest and demand in the field of education. Specifically, semantic projections were used to analyse the relationships between the key terms identified and their future impact on graduate education in Peru. Key trends identified include the increasing demand for flexible learning modalities, the expansion of micro-credentials and the growing importance of artificial intelligence, as well as the dissolution of the dichotomy between online and face-to-face teaching.

2.4. Validation of Results

The final results were presented to a group of experts (including some members of Group 0), who discussed the validity of the findings. Due to the nature of the research, immediate validation is not possible, as the results represent future trends that cannot be verified at present.

3. Results

The study on emerging trends reveals key dynamics to transform the higher education sector in Peru, through an in-depth analysis of the main global trends combined with artificial intelligence tools together with the knowledge of the experts of Group 0. Let us describe the results obtained at each step.

Step 1. Initial selection of trends. The analytical process began with the evaluation of 276 global trends [9], which were reduced to 69 through an initial filtering process based on potential impact criteria. A second selection, based on the expertise of the members of Group 0, led to the identification of 30 macro trends expected to significantly impact higher education in Peru in the coming years. This process was carried out as follows. The experts rated each trend on a scale from 0 to 5. Then, the mean and standard deviation of the 45 scores assigned to each trend were calculated, and the selection of trends was made by applying a scoring threshold (mean greater than 4 and standard deviation less than 1). This criterion was used to identify the most relevant trends. This was the starting point of a process that, through an analysis of external factors, the use of digital marketing tools and strategic documents, along with the selected trends, led to the creation of future scenarios for lifelong learning in Peru, specifically for the case of PUCP. **Table 1** shows the results.

Table 1. Selected trends.

1. Customisation	11. Staying in education longer	21. Business mash-ups
2. Personalisation	12. Direct democracy	22. Labor shortages
3. Individualisation	13. Population Aging	23. Hyperconnectivity
4. Empowerment	14. Gen Z Rising	24. Greater Interconnectedness
5. Multiculturalism	15. Customised learning	25. Applied Adaptive AI
6. Beyond Globalisation	16. Rising levels of education	26. Synthetic media
7. Digital Culture	17. Changing Business Volatility	27. AI risks for business
8. Digital Natives	18. Service Economy	28. Intelligent environments
9. New ways of Working	19. Knowledge-based economy	29. Technology Convergence
10. Reimagine work	20. Innovation as a key driver	30. Digital Self-actualisation

Table A1 in **Appendix A** presents the submatrix of the first 15 scores for the 30 selected trends, listed in the same order as in the previous table. It shows that the scores in each row are relatively similar.

The similarity of the cosine, which does not take the average value of the vector but 0 as a reference, is very high in all cases, demonstrating how similar the assessments of the six evaluators are, although with differences. The average value of the cosine was 0.9960342 with respect to the mean. The selection of the 30 trends highlights aspects related to individuality, the social and

economic changes of post-globalisation, and the influence of artificial intelligence expected in the coming years that will affect many aspects of life, and, specifically, in education. Also considered are foreseeable changes in the economy, increasingly based on the service sector, related to volatility, globalization and other aspects.

Step 2. Trend analysis using digital marketing tools. This section presents the evaluation of the most frequently searched terms related to higher education, master's degrees and doctorates in Peru, with a focus on PUCP. Advanced digital marketing tools were used, primarily Semrush, which analyses user searches without relying solely on Google, and Google's Google Ads tool. Both tools (Semrush and Google Ads) enable us to estimate the most relevant terms for assessing the potential impact of futurisation trends within the specific contexts we are interested in—in this case, higher education in Peru and at PUCP.

The results are sorted by the volume of searches (in units of volume of information, not in number of searches). We present only those results that give non-zero scores, although some examples of results that give practically no results are indicated to illustrate the type of analysis that has been done. It should be noted that what is quantified is what people are looking for when they search for information on the internet with the selected terms. In the framework of digital marketing, this is essential to be able to assign a price to each search term for the advertising of a certain product, which is the business of the usual search engines on the internet. It is important that Semrush works with concepts, and not only with the specific terms that are used, which gives more generality to the information obtained. Consistent with the approaches of other reports, we selected combinations of terms related to higher education and location (**Figure A1** in **Appendix A**).

We consider searches with higher scores to be more relevant. The "Trends" column tracks the monthly evolution of searches over the past year; as shown, there are no significant increases, so this information is not considered particularly important. The reference search we used for the semantic projections, "Educación Superior Perú," has a low search volume, which is expected, as it is too broad a phrase for most users to search for. However, "doctorado Perú" and "Maestría Perú" show a much stronger presence. Some of the terms associated with PUCP show similar or higher search volumes, highlighting the central role PUCP plays in higher education, particularly in master's and doctoral programmes in Peru.

Below, we present an analysis to compare the results from Step 1 on trends. When we analyse the results with Semrush, we find the terms appearing in **Table 2** as related to the ones given in Step 1. The sharing rate of these terms, computed by means of semantic projections of these terms with the composed term "higher education Peru" in the same way that will be explained below, gives the numerical values appearing in the table. It should be noted that the information presented here does not reflect its relative presence on the internet, since internet users do not search for general topics or abstract descriptive terms, but for specific questions that they want to find in order to obtain specific information or a service. Therefore, it is not expected that the search concepts presented here coincide with the results of the quantification of the trend terms in Step 1, but that they complement the information obtained there.

In summary, the futurisation terms related to the transformation of work and education, the connections between education and the economy, the role of digital elements in education and citizen participation are reinforced. However, topics such as the environment and multiculturalism

are notably absent from the 30 trends selected by Group 0, despite showing significant search activity in the context described in this section, as observed through the Semrush tool.

Table 2. List of trends highlighted in the results of Step 1 with their relative scores. The averages of semantic projections based on open searches in Google, Google Scholar and some scientific repositories are shown.

Continuing Education	0.6	Labour innovation	0.45	Personalisation	0.35	Global education	0.2
Personal growth	0.55	Digital services	0.42	Digital culture	0.35	Citizen participation	0.18
Service Economy	0.55	Artificial Intelligent	0.4	Virtual Media	0.35	Artificial Intelligence	0.15
Knowledge Economy	0.5	Education Industry	0.35	Personalised Services	0.2	AI-Generated Content	0.15
Transformation	0.5	AI Risk Management	0.35	Online Self-Realisation	0.2	Gen Z	0.12

Step 3. Detection of main concepts by means of semantic projections. As outlined in [Section 2](#), the semantic projection method involves identifying and quantifying the overlaps between selected search terms, which represent the key factors in the issues under study [\[32\]](#). We employed the ASPECT analysis model [\[28\]](#), which categorizes general topics (Arts, Society, Education, etc.), a framework that will be explained in detail later. This method enables trends to be grouped by category, allowing for easier measurement of their relative importance. In our case, it helped clarify how macro-trends impact various aspects of educational development at PUCP. Below, we show the selected trends by each of the categories of ASPECT, together with the graphics that were used to select them (only the items with higher scores are presented in these figures).

(A) Arts, Lifestyle, Entertainment, Culture and Sport: Customisation, Personalisation, Individualisation, Digital self-actualisation, New ways of working, Reimagine work ([Figure 1](#)).

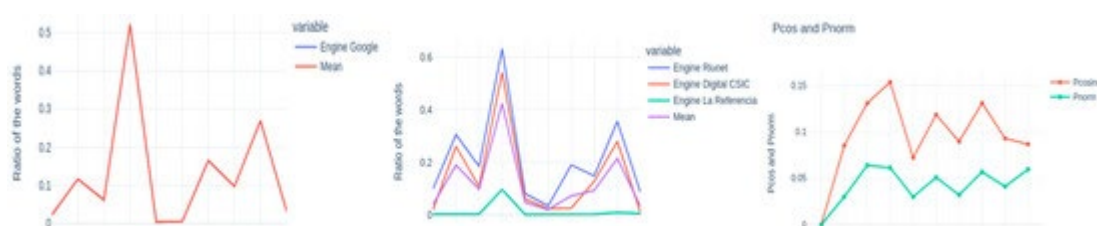


Figure 1. Semantics projections in Arts, Lifestyle, Entertainment, Culture and Sport computed using Google search are shown. On the X-axis, the words and short phrases listed in (A) are used.

The graphic appears twice on the left side, with both versions being nearly identical, though they were generated at different times to demonstrate stability. The final graph on the right displays the other semantic projections constructed using the distances between sentences (Word2vec) in the dataset and the term itself, offering additional insights that complement the semantic projections.

(S&P) Society, Politics, Ethics, People and Psyche: Empowerment, Direct democracy, Multiculturalism, Beyond globalisation, Population aging, Gen Z rising ([Figure 2](#)).

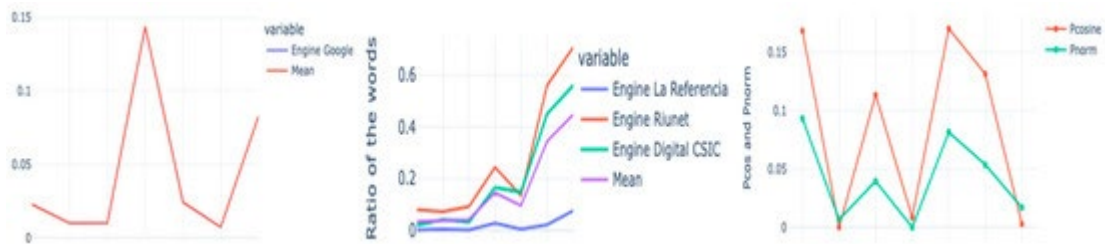


Figure 2. Semantics projections in Arts, Lifestyle, Entertainment, Culture and Sport.

(E) Education: Staying in education longer, Customised learning, Rising levels of education around the world, Digital self-actualisation, Knowledge-based economy (**Figure 3**).

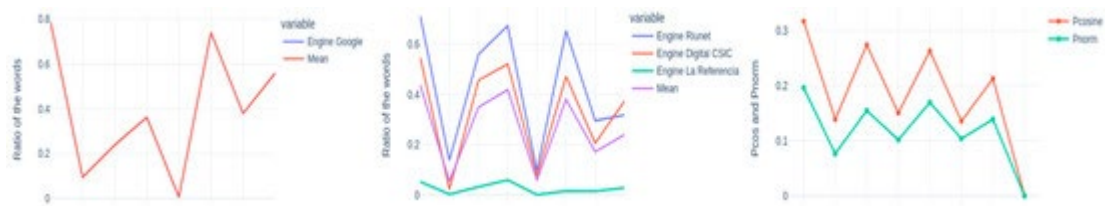


Figure 3. Semantics projections in Education.

(C) Competitors, Market and Constraints: Beyond globalisation, Changing Business Volatility, Service Economy, Knowledge-based economy, Innovation as a key driver and competition factor, Business mash-up, Labour shortages, Business Security Risk Management with Artificial Intelligence, New ways of working, Reimagine work (**Figure 4**).



Figure 4. Semantics projections in Competitors, Market and Constraints.

(T) Technologies, Sciences and Inventions: Digital culture pervading all daily life, Digital natives, Hyperconnectivity, Greater Interconnectedness, Applied Adaptive AI and Automation (even for creativity), Synthetic media, New Interface and Intelligent environments, Technology convergence, Digital self-actualisation (**Figure 5**).

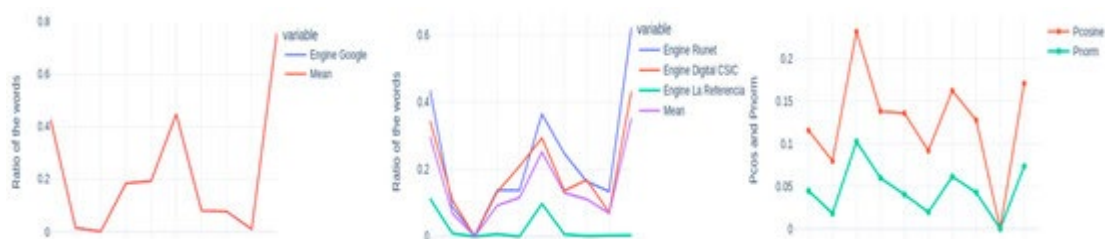


Figure 5. Semantics projections in Technologies, Sciences and Inventions.

From the numerical information provided by these figures for each trend, we will set the relevant trends that have to be taken into account for the design of scenarios in the final section.

Step 4. Reports for strategic decision-making. With the aim of completing the analysis with other relevant sources of information, we also analyse six documents on higher education selected by the group of experts using Delphi methodology [33,34], which focus both on the international context and on local aspects. The reports are the following: *Global Citizenship Education for a More Just and Equitable World* [16]; *The Future of Higher Education* [8]; *Horizon Report: Teaching and Learning Edition* [35]; *Catalysing Education 4.0: Investing in the Future of Learning for a Human-Centric Recovery* [13]; *The Future of Higher Education in a Disruptive World* [2]; *Reimagining Our Futures Together: A New Social Contract for Education* [4].

The objective is to provide a clear synthesis of the key ideas and highlight the most important issues identified. In the second part, the findings from this analysis are compared with the conclusions from earlier steps and specific elements that contrast with the trend analysis results. The goal is to align the conceptual insights and quantifications from our tool (presented in Step 3) with the most significant issues highlighted by experts in the six reports under review, emphasizing areas of agreement and divergence.

The aim is to detect which trends identified by Group 0 are reinforced by the six analysed reports. To achieve this, both the content of the texts and an automatic analysis of the six reports were combined using two complementary methodologies: generative AI and formal text analysis. The first methodology leverages generative AI, using tools like ChatGPT (alternatively NotebookLM) to analyse and synthesise the main ideas in each report.

The second uses formal text analysis software (such as Voyant), which allows for counting term occurrences, identifying word correlations, and extracting various formal data from the texts. By integrating these analyses, comparing ideas, proposals and solutions on education issues, we identified the main descriptors and compared them with our previous findings.

The results can be summarised in the following topics to be understood in the context of higher education, which, in a sense, synthesise the main results: Artificial Intelligence (AI), Human Approach to Education, Lifelong Learning, Democratization of Knowledge, Educational Evolution, Teaching Flexibility, Emerging Technologies, Skills Development, Personalisation of Learning Digital Competencies, Innovation in Education, Global and Social Challenges, Change and Disruption, Demographic Shifts, Student Experience, Fostering the Innovation Ecosystem, Environmental and Social Sustainability, Research and Development, Funding Accessibility and Equity in Education, Remote and Collaborative Learning Approaches.

Table 3 is the result of the frequentist analysis of all the documents in the corpus. They are sorted according to the frequency of occurrence, which is indicated on the right.

Table 3. Frequentist analysis of the main keywords.

Terms	Count	Terms	Count	Terms	Count	Terms	Count
global	1276	jobs	485	abilities	362	transformation	258
skills	1193	higher	482	years	351	retention	257
share	1155	skill	465	key	351	machine	255
education	1136	outlook	453	upskilling	337	service	252
learning	1063	reskilling	448	economic	327	hiring	246
surveyed	1009	growth	446	roles	323	comprehensive	239
organizations	959	effect	441	services	320	experience	229
talent	912	workers	436	world	319	student	225
job	903	digital	432	dei	318	potential	220
training	850	technology	430	teaching	311	inclusion	219
net	731	labour	408	average	306	source	217
business	620	students	399	environmental	302	ordered	214
data	611	social	393	managers	301	hours	213
companies	584	workforce	386	churn	299	consumers	212
impact	562	thinking	386	availability	299	online	210
industry	522	ai	376	new	291	displacer	207
improve	510	expected	374	economy	286	creative	207
future	502	management	371	institutions	281	components	206
development	487	report	362	percent	275	analytical	205
technologies	485	abilities	362	change	272	lifelong	199

This has been obtained by counting terms in the six documents, eliminating empty words according to the usual text analysis procedures (see **Figure A2** in **Appendix A** for an illustrative word cloud).

Some relevant data can be highlighted. There is a greater frequency of terms that express actions that indicate the trend towards an education more focused on personal learning and the acquisition of skills (training, learning), as opposed to a more traditional teaching based on teaching and knowledge acquisition (teaching, knowledge). The dominant frequency of terms regards the acquisition of skills and abilities (skills, talent, reskilling), as opposed to the teaching of knowledge content.

The widespread presence of terms related to work and business (job, business, companies, labour, workforce, etc.) is not only a consequence of the fact that one of the five reports deals with the future of work, but also because they appear in the specific education reports. Technology appears as a relevant item, accompanied or not by terms also with an important presence related to the digital world and AI (net, technologies, digital, technology, online, etc.).

Very significant specific terms frequently appear, which can be interpreted directly with regard to the associated concepts. We highlight the following as representative of the topics on which the texts are focused, and which appear in descending order of frequency. All of them can be understood without further explanation: Environmental; Machine; Attitudes; Diversity; Thinking; Experience; Resilience; Ethics; Transformation; Inclusion; Empathy; IA; Creative; Lifelong; Quality; Accessibility.

We can highlight the following topics related to certain couples, listed in descending order by frequency. It is possible to find others at the time when it is necessary to study a specific topic. The following list only indicates some majority relationships and their possible interpretation.

1. Education as a search for and development of talent: talent-availability; talent-development; talent-detection.
2. Education based on the development of skills and abilities, which implies a paradigm shift towards practical approaches in teaching: skills-knowledge; skills-share; training-comprehensive; skills-engagement; share-reskilling; skills-training; skills-cognitive; skills-self
3. Turn towards the knowledge-based economy and promoted through economic and social achievements: education-attainment; organizations-knowledge.
4. Education and new technologies: Education-technologies; education-workforce; education-4.0.

Step 5. Resulting scenarios. Each method used in the previous steps produced a list of potential trends (some prioritised by numerical rates) that must be considered for future higher education strategy in Peru. Now is the time to consolidate these findings and present a comprehensive view of what the future may hold. Specifically, three scenarios were projected, outlining the possible evolution of higher education based on current trends.

- Adaptability and flexibility scenario: it is projected that, by 2030, 40% of programmes will use hybrid and flexible formats, allowing students to better manage their work and educational commitments.
- Integration of digital services scenario: by 2030, it is expected that the use of digital services and AI-based tools will increase by 50%, optimising the educational experience and improving administrative management.
- Ecosystem collaboration and networking scenario: a 30% increase in collaboration between educational institutions and actors in the productive sector is expected by 2030, promoting joint projects that enrich graduate education programmes.

Results of the trend analysis by thematic group:

- **Adaptability:** Adaptability is essential for educational institutions wishing to adapt to new student demands. By 2030, 40% of programmes are expected to adopt a hybrid format, demonstrating the growing need for personalisation and flexibility in educational approaches.
- **Digital services:** The adoption of digital services, including AI-based tools, is expected to grow by 50%, improving the efficiency and accessibility of educational programmes.
- **People and Culture:** This group focuses on student empowerment and active participation. Gen Z, a demographic seeking more dynamic and personalised learning experiences, showed a preference for digital content in 65% of cases.
- **Ecosystems:** Collaborative networks between educational institutions and the productive sector are essential for innovation. A 30% increase in inter-institutional agreements and joint projects is expected, which will enrich the PUCP's educational offer.
- **Collaboration:** Cooperation between the different actors in the education ecosystem will be key to innovation. This collaboration includes not only academic institutions, but also companies in the productive sector that can support the development of skills relevant to the labour market.
- **Work transformation:** The work environment is being transformed by digitalisation and automation, which requires graduate education to provide advanced competencies in these areas. Students need to develop specific skills to navigate an increasingly automated labour market

4. Discussion

This study has identified a number of emerging trends that have the potential to significantly transform graduate education in the Peruvian context in general and at the Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) in particular. These trends were identified through a mixed approach that combined generative AI tools, natural language processing tools and digital marketing resources, as well as our specific method based on semantic projections (Defly Compass). The aim of the analysis was to identify patterns of change and opportunities for innovation that would guide the educational offer towards a more flexible, personalised approach, oriented towards the demands of the current labour market [29,30,31].

Our multidimensional approach allowed us to accurately identify the six key trends that could significantly impact graduate education at PUCP and in Peru. These are the adaptability of learning models, the expansion of micro-credentials, the use of artificial intelligence to personalise learning, the demands of Generation Z, the transformation of work and the development of digital skills, and the disruption of the face-to-face–online dichotomy [36,37,38,39,40]. Each of these trends will then be developed and argued.

A) Adaptability of Learning Models and Expansion of Micro-credentials. The analysis showed a growing preference for adaptive and flexible learning models in response to students' need to balance their studies with their personal and work commitments [41,42]. Between 2021 and 2023, according to data from Google Trends and Semrush, interest in flexible modalities will increase by 38% [43,44], while demand for micro-credentials will increase by 42%. This increase

reflects a clear need for educational programmes that offer a more flexible structure, allowing students to acquire specific competencies quickly and efficiently [45].

Micro-credentials are presented as a strategic opportunity for PUCP, as they allow for constant updating of skills and better alignment with labour market demands [46]. Short programmes, targeted at specific competencies, are particularly attractive to professionals who want to improve their skills without committing to longer and more expensive programmes. This not only responds to global trends, but also positions PUCP as an institution ready to offer innovative educational solutions [36,39].

The increasing demand for micro-credentials represents a significant opportunity for PUCP to expand its academic offerings and adapt to global trends. Students increasingly value flexibility and the ability to acquire specific competencies in a short period of time, suggesting that the university should consider developing short, modular programmes that allow for rapid, internationally recognised certifications [30]. This strategy will not only facilitate the integration of students into the workforce, but will also allow the university to position itself as a leader in educational innovation [37,38,40].

This trend has been implemented through various recent initiatives that demonstrate its relevance for postgraduate higher education in Peru. One of these is the intermediate certification of the first year of a Master's degree as a specialisation programme (Specialisation Diplomas at PUCP).

B) Generative Artificial Intelligence. The use of generative artificial intelligence (GAI) to personalise learning has been identified as a key factor in improving the educational experience at PUCP [29,31]. AI-based tools, such as personalised recommendation systems, can help identify individual student needs and adapt educational content to their rhythms and preferences [47]. This has the potential to optimise teaching, allowing resources to be used more efficiently and students to have a more effective and engaging learning experience [5].

The use of artificial intelligence not only facilitates the creation of personalised learning paths, but also enables the analysis of large amounts of educational data, which helps to predict behaviour and adjust pedagogical strategies in real time [37,38,40]. In this sense, ChatGPT and Voyant have been used to identify how AI can be implemented to improve the educational experience, demonstrating that advances in this area can have a direct positive impact on the teaching–learning process [48,49].

The personalisation of learning through AI allows for an approach that is more tailored to the individual needs of students, thereby improving the effectiveness of the educational process [30]. This student-centred approach is key to the transformation of higher education, and PUCP has the opportunity to lead this change in Peru [1]. The adoption of AI technologies will not only improve the quality of teaching, but will also allow the university to compete globally in terms of educational innovation [45].

C) Gen Z and New Learning Models. Generation Z, a cohort born in a digital context, presents new challenges and opportunities for higher education. Analysis shows that 65% of Gen Z students prefer more dynamic and interactive learning formats that involve digital tools and are customisable [50]. These students want more engaging, interactive and personalised educational experiences that meet their expectations for immediacy and access to real-time information [48,49]

This shift in student preferences means that PUCP must transform its teaching methods, integrate digital technologies more deeply and develop more flexible and dynamic learning environments [37,38,40]. Furthermore, Gen Z has a high affinity for social platforms and digital media, suggesting that institutions that do not adopt these formats risk losing their competitiveness in attracting new students [32,47].

Institutions must adapt to the expectations of Gen Z to attract and retain these students. This means offering greater integration of digital tools, such as interactive learning platforms, that are accessible and adaptable. PUCP has the opportunity to position itself as an innovative institution that meets the demands of modern students and attracts a new generation of students who value flexibility and digital access [48,49,50].

D) Work Transformation and Digital Skills. The transformation of work, driven by digitalisation and automation, is redefining the skills required for future professionals [51]. Advanced digital skills such as data analysis, programming and software development will be essential to adapt to an increasingly automated and data-driven work environment. Data from digital marketing analytics shows an increasing demand for these skills, highlighting the importance of PUCP integrating this knowledge into its graduate programmes [45].

PUCP should anticipate these changes in the labour market and offer programmes that incorporate advanced digital skills [51]. This will not only better prepare students for new work challenges, but also strengthen the university's competitiveness by offering academic programmes that directly respond to the needs of the productive sector [52]. The integration of advanced digital skills will enable students to be more competitive in the global labour market.

E) Disrupting the Face-to-Face and Online Dichotomy. One of the most notable trends to emerge from the analysis was the growing disruption of the dichotomy between face-to-face and online teaching. The data showed that, between 2021 and 2023, there will be a 30% increase in interest in hybrid learning modalities. This approach allows for the best of both worlds: face-to-face interaction with flexible access to online resources. For PUCP, this trend represents an opportunity to consolidate its leadership in higher education by designing programmes that integrate digital and face-to-face components in a fluid manner [5]. Hybrid modalities not only meet students' expectations, but also allow for greater inclusiveness, as students can access courses from anywhere and at any time. This flexible approach is particularly relevant in a context such as Peru, where inequalities in access to education remain a challenge.

This trend has been strongly adopted in postgraduate studies in Peru since the pandemic. There are several factors inherent in the country's specific situation that favour its very rapid adoption. The first factor is the profile of the postgraduate student in Peru: almost all postgraduate students are part-time students, i.e., they work and study at the same time. The second factor is that Peru is a centralised country where postgraduate education is concentrated in the capital. As a result, the adoption of a hybrid modality in postgraduate education has been a very strong trend in the post-pandemic era.

The adoption of hybrid modalities allows PUCP to extend its reach by offering programmes that are accessible to a greater number of students without compromising the quality of educational interaction [5]. This flexibility is key to attracting new students who are looking for a balance between the convenience of digital access and the benefits of face-to-face interaction.

This study has provided a broad overview of the emerging trends that will affect postgraduate education at PUCP in the coming years. Micro-credentials, artificial intelligence, hybrid formats and personalisation of learning stand out as key areas that the university should focus on to adapt to the changing demands of students and the labour market [32,47,48,49]. By adapting its programmes to these trends, PUCP will not only strengthen its position as a leading institution in Peru, but will also be able to compete globally in terms of educational innovation [45,51].

5. Conclusions

The result of the analysis of the future of postgraduate education at the PUCP, which in principle can be extrapolated to the Peruvian university system, allows us to understand different aspects that will be crucial for the strategic design of universities in the coming years. The main methodological aspects of the study are presented below, followed by the direct conclusions on the variables that will influence higher education. The methodology used, included and related the following four main elements: semantic forecasting (semantic projections) based on academic databases such as Google Scholar, arXiv and Digital CSIC, which allowed an in-depth understanding of emerging trends based on the analysis of relevant scientific publications [43,44]; digital marketing analysis using tools such as Google Trends, Google Ads and Semrush to monitor the evolution of demand for specific educational trends in the digital environment [32,47]; classification of trends using the ASPECT model [28], which organises trends into six main thematic groups; and validation strategy documents prepared by Group 0 experts who assessed the relevance and stability over time of the trends identified.

With regard to higher education in Peru, the main conclusions are as follows. Adaptive and flexible educational models are on the rise, reflecting the need for students to balance their studies with personal and professional responsibilities. This scenario favours the growth of micro-credentials, which allow specific skills to be acquired in an agile and efficient way, in line with the demands of the labour market. For PUCP, the integration of these short and modular programmes represents a strategic opportunity to consolidate its leadership in educational innovation, improve the employability of students and attract more professionals.

Artificial intelligence (AI) also plays a key role in personalising learning. AI-based tools, such as recommendation systems and the analysis of educational data, make it easier to tailor content to students' individual needs, optimise resources and improve the educational experience. For their part, Generation Z, digital natives, are demanding more dynamic, interactive and personalised learning formats that take advantage of digital technologies and meet their expectations for immediacy. This provides an opportunity to innovate by integrating interactive digital platforms and flexible methodologies to attract and retain young people.

In terms of the labour market, digitalisation and automation have changed the skills required. The demand for skills such as programming, data analysis and software development underlines the importance for universities to include these areas in their graduate programmes. In this way, students will be better prepared for the challenges of the labour market and universities will gain global competitiveness.

Finally, hybrid modalities that combine face-to-face and online teaching have gained popularity, especially in the post-pandemic context. This approach offers flexibility and accessibility and corresponds to the profile of Peruvian graduate students, who tend to work and study at the

same time. The adoption of hybrid programmes makes it possible to broaden the scope of university teaching, promote inclusiveness and maintain high standards of educational interaction.

In conclusion, the adoption of a working methodology based on micro-credentials, personalisation through AI, dynamic formats for Generation Z, advanced digital skills and hybrid modalities will allow Peruvian universities to adapt to the changing demands of the market and the expectations of new students.

Appendix A

Key	Results	Trends
posgrados pucp	1300	0.84,0.68,0.68,0.53,0.53,1.00,0.68,0.84,0.68,0.68,0.68,0.8
maestría pucp	880	0.68,0.77,0.55,0.55,0.55,0.68,0.68,0.55,0.55,0.55,0.68,1.00
doctorado Perú	590	0.82,0.82,0.67,0.54,0.67,0.82,0.82,0.82,0.82,0.67,0.82,1.00
maestría Perú	590	0.72,0.72,0.59,0.59,0.59,0.59,0.59,0.59,0.59,0.59,0.59,1.00
doctorado pucp	390	0.66,0.66,0.54,0.66,0.66,0.66,0.66,0.66,0.66,0.66,0.81,1.0
maestría Lima	110	0.43,0.52,0.52,0.43,0.43,0.43,0.52,0.52,0.43,0.43,0.43,1.00
posgrados Perú	40	0.02,0.35,0.02,0.02,0.02,0.02,0.08,0.02,0.02,1.00,0.02,0.35
doctorado Lima	10	0.18,0.18,0.82,0.64,0.64,0.64,0.09,0.18,0.09,1.00,0.27,0.09
diplomatura Lima	0	0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.0
diplomatura Perú	0	0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.0
educación superior Lima	0	0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.0
posgrados Lima	0	0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.0

Figure A1. Normalised evolution of searches by term, as provided by Semrush.



Figure A2. Word cloud displaying the most relevant terms from the textual analysis of the specialised reports on education.

References

- Abulibdeh, A.; Zaidan, E.; Abulibdeh, R. Navigating the confluence of artificial intelligence and education for sustainable development in the era of Industria 4.0: Challenges, opportunities, and ethical dimensions. *J. Clean. Prod.* **2023**, *437*, 140527. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)
- KPMG International. The Future of Higher Education in a Disruptive World. 2020. Available online: <https://kpmg.com/xx/en/what-we-do/industries/government/education/the-future-of-higher-education-in-a-disruptive-world.html> (accessed on 1 February 2025).
- Lara-Navarra, P.; Sánchez-Pérez, E.A.; Ferrer-Sapena, A.; Fitó-Bertran, À. Singularity in higher education: Methods for detection and classification. *Expert Syst. Appl.* **2024**, *239*, 122306. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)
- UNESCO. *Reimagining Our Futures Together: A New Social Contract for Education*; United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: Paris, France, 2021. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)
- Garrison, D.R.; Kanuka, H. Blended Learning: Uncovering its Transformative Potential in Higher Education. *Internet High. Educ.* **2004**, *7*, 95–105. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)
- Rasa, T. Education and the Future: Four Orientations. *Eur. J. Educ.* **2024**, *60*, e12884. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)
- Toukan, E.; Tawil, S. A new social contract for education: Rebuilding trust in education as a common good. *Prospects* **2024**, *54*, 259–275. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)
- Little, A. The Future of Higher Education. 2024. Available online: https://www.adlittle.com/sites/default/files/reports/ADL_Future_of_higher_education_2024.pdf (accessed on 1 February 2025).
- Manetti, A.; Lara-Navarra, P.; Sánchez-Navarro, J. El proceso de diseño para la generación de escenarios futuros educativos. *Comun. Rev. Científica Iberoam. Comun. Educ.* **2022**, *30*, 33–44. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)
- Ojan, M.P.; Lara-Navarra, P.; Sánchez-Navarro, J. Profiling soft skills in the labour market: The case of communication. In *Research and Innovation Forum 2023*; Visvizi, A., Troisi, O., Corvello, V., Eds.; RIIFORUM 2023; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2024. [\[Google Scholar\]](#)
- Belchior-Rocha, H.; Casquilho-Martins, I.; Simões, E. Transversal competencies for employability: From higher education to the labour market. *Educ. Sci.* **2022**, *12*, 255. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)
- Brown, P.; Lauder, H.; Ashton, D. *The Global Auction: The Broken Promises of Education, Jobs, and Incomes*; Oxford University Press: Oxford, UK, 2020. [\[Google Scholar\]](#)
- World Economic Forum. Catalysing Education 4.0: Investing in the Future of Learning for a Human-Centric Recovery. 2022. Available online: <https://www.weforum.org/publications/catalysing-education-4-0-investing-in-the-future-of-learning-for-a-human-centric-recovery/> (accessed on 1 February 2025).

Lavado, P.; Martínez, J.; Yamada, G. *¿Una Promesa Incumplida? La Calidad de la Educación Superior Universitaria y el Subempleo Profesional en el Perú*; Working Paper Series, DT 2014 021; Banco Central del Perú: Lima, Peru, 2014. [\[Google Scholar\]](#)

Center on Education Policy. For the Common Good: Recommitting to Public Education in a Time of Crisis. Center on Education Policy. 2020. Available online: <https://www.cep-dc.org/displayDocument.cfm?DocumentID=147> (accessed on 1 February 2025).

United Nations. Global Citizenship Education for a More Just and Equitable World. United Nations. 2022. Available online: <https://www.un.org/en/academic-impact/global-citizenship-education-more-just-and-equitable-world> (accessed on 1 February 2025).

Cebrián, G.; Junyent, M.; Mulà, I. Competencies in Education for Sustainable Development: Emerging Teaching and Research Developments. *Sustainability* **2020**, *12*, 579. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)

Locatelli, R. Education as a Public and Common Good: Reframing the Governance of Education in a Changing Context. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 2018. Available online: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261614> (accessed on 1 February 2025).

Tikly, L. The future of Education for All as a global regime of educational governance. *Comp. Educ. Rev.* **2017**, *61*, 22–57. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)

Branica, V.; Opačić, A. Lifelong learning between professional identity, structural changes, and professional regulation in social work. In *The Routledge International Handbook of Social Work Teaching*, 1st ed.; Routledge: London, UK, 2024; p. 16. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)

Håkansson Lindqvist, M.; Mozelius, P.; Jaldemark, J.; Cleveland Innes, M. Higher education transformation towards lifelong learning in a digital era—A scoping literature review. *Int. J. Lifelong Educ.* **2023**, *43*, 24–38. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)

Jaimes Campos, M.A.; Campos Cornejo, L.L. Labor expectations from students of private and public universities in Peru. *Int. J. Educ. Policy Res. Rev.* **2019**, *6*, 139–144. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)

Saenz Rivera, P.Y.; Yangali Vicente, J.S. Factors influencing the labour market insertion of undergraduate graduates from Peruvian universities. *Turk. J. Comput. Math. Educ.* **2021**, *12*, 4740–4749. [\[Google Scholar\]](#)

Hansen, P.; Sivesind, K.; Thostrup, R. Managing expectations by projecting the future school: Observing the Nordic future school reports via temporal topologie. *Eur. Educ. Res. J.* **2021**, *20*, 860–874. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)

Lissitsa, S. Generations X, Y, Z: The effects of personal and positional inequalities on critical thinking digital skills. *Online Inf. Rev.* **2025**, *49*, 35–54. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)

Creswell, J.W.; Creswell, J.D. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*; Sage Publications: Oaks, CA, USA, 2017. [\[Google Scholar\]](#)

- Manetti, A.; Ferrer-Sapena, A.; Sánchez-Pérez, E.A.; Lara-Navarra, P. Design trend forecasting by combining conceptual analysis and semantic projections: New tools for open innovation. *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.* **2021**, *7*, 92. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- Font-Cot, F.; Lara-Navarra, P.; Serradell-López, E.; Manetti, A. Design-driven external analysis: A framework for adaptation and innovation in digitally native enterprises. *J. Infrastruct. Policy Dev.* **2024**, *8*, 4173. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- Cantú-Ortiz, F.J.; Galeano Sánchez, N.; Garrido, L.; Terashima-Marin, H.; Brena, R.F. An artificial intelligence educational strategy for the digital transformation. *Int. J. Interact. Des. Manuf.* **2020**, *14*, 1195–1209. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- Floridi, L.; Chiriatti, M. GPT-3: Its Nature, Scope, Limits, and Consequences. *Minds Mach.* **2020**, *30*, 681–694. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- Ghnemat, R.; Shaout, A.; Al-Sowi, A.M. Higher education transformation for artificial intelligence revolution: Transformation framework. *Int. J. Emerg. Technol. Learn.* **2022**, *17*, 4–20. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- Hakimi, M.; Katebzadah, S.; Fazil, A.W. Comprehensive Insights Into E-Learning in Contemporary Education: Analyzing Trends, Challenges, and Best Practices. *J. Educ. Teach. Learn.* **2024**, *6*, 86–105. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- Cabero Almenara, J.; Infante Moro, A. Empleo del método Delphi y su empleo en la investigación en comunicación y educación. *Edutec Rev. Electrón. Tecnol. Educ.* **2014**, *48*, a272. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- Gil, B.; Pascual-Ezama, D. La metodología Delphi como técnica de estudio de la validez de contenido. *An. Psicol./Ann. Psychol.* **2012**, *28*, 1011–1020. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- EDUCAUSE. EDUCAUSE Horizon Report: Teaching and Learning Edition. 2023. Available online: <https://library.educause.edu/resources/2023/5/2023-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition> (accessed on 1 February 2025).
- Alexander, A.; Manolchev, C. The future of university or universities of the future: A paradox for uncertain times. *Int. J. Educ. Manag.* **2020**, *34*, 1143–1153. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- Arar, K.; Tlili, A.; Schunka, L.; Salha, S.; Saiti, A. Reimagining Educational Leadership and Management Through Artificial Intelligence: An Integrative Systematic Review. *Leadersh. Policy Sch.* **2025**, *24*, 4–26. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- Francis, N.J.; Jones, S.; Smith, D.P. Generative AI in higher education: Balancing innovation and integrity. *Br. J. Biomed. Sci.* **2025**, *81*, 14048. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Hafezi, R.; Ghaboulia Zare, S.; Taghikhah, F.R.; Roshani, S. How universities study the future: A critical view. *Futures* **2024**, *163*, 103439. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- Polat, M.; Karataş, İ.H.; Varol, N. Ethical Artificial Intelligence (AI) in Educational Leadership: Literature Review and Bibliometric Analysis. *Leadersh. Policy Sch.* **2025**, *24*, 46–76. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

Varadarajan, S.; Koh, J.H.L.; Daniel, B.K. Correction: A systematic review of the opportunities and challenges of micro-credentials for multiple stakeholders: Learners, employers, higher education institutions and government. *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.* **2023**, *20*, 13. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)

Wihendro, H.L.; Warnars, H.S.; Prabowo, H.; Sfenrianto. Understanding the definitions of microcredentials in higher education: Systematic literature review. In Proceedings of the 2024 International Conference on TVET Excellence & Development (ICTeD), Melaka, Malaysia, 16–17 December 2024; pp. 188–194. [\[CrossRef\]](#)

Grybauskas, A.; Pilinkienė, V.; Lukauskas, M.; Stundžienė, A.; Bruneckienė, J. Nowcasting Unemployment Using Neural Networks and Multi-Dimensional Google Trends Data. *Economies* **2023**, *11*, 130. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)

Ye, C.; Kim, Y.; Cho, Y.-N. Digital Marketing and Analytics Education: A Systematic Review. *J. Mark. Educ.* **2024**, *46*, 32–44. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)

Davenport, T.H.; Kirby, J. *Only Humans Need Apply: Winners and Losers in the Age of Smart Machines*; Harper Business: New York, NY, USA, 2016. [\[Google Scholar\]](#)

Baker, T.; Smith, L. *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*; Brookings Institution Press: Washington, DC, USA, 2019. [\[Google Scholar\]](#)

Samala, A.D.; Rawas, S.; Criollo, C.S.; Bojic, L.; Prasetya, F.; Ranuharja, F.; Marta, R. Emerging technologies for global education: A comprehensive exploration of trends, innovations, challenges, and future horizons. *SN Comput. Sci.* **2024**, *5*. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)

Hernandez-de-Menendez, M.; Escobar Díaz, C.A.; Morales-Menendez, R. Educational experiences with Generation Z. *Int. J. Interact. Des. Manuf.* **2020**, *14*, 847–859. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)

Seemiller, C.; Grace, M. Generation Z: Educating and engaging the next generation of students. *J. Educ. Pract.* **2023**, *22*, 21–26. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)

Twenge, J.M. *iGen: Why Today's Super-Connected Kids Are Growing Up Less Rebellious, More Tolerant, Less Happy—and Completely Unprepared for Adulthood*; Atria Books: New York, NY, USA, 2017. [\[Google Scholar\]](#)

Brynjolfsson, E.; McAfee, A. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*; W.W. Norton & Company: London, UK, 2014. [\[Google Scholar\]](#)

Davenport, T.H.; Prusak, L. *Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know*; Harvard Business Review Press: Brighton, MA, USA, 2018. [\[Google Scholar\]](#)

5. Discusión.

El modelo DeflyCompass emerge como una propuesta metodológica innovadora que integra prospectiva estratégica, análisis de singularidades y técnicas de inteligencia artificial para la identificación y clasificación de instituciones de educación superior en entornos VUCA (Volatilidad, Incertidumbre, Complejidad y Ambigüedad) (Lara-Navarra et al., 2025). Esta discusión examina sistemáticamente cada una de las tres hipótesis de investigación propuestas, validándolas a través del análisis riguroso de los documentos adjuntos y la evidencia empírica presentada.

H1: Validez y confiabilidad del marco metodológico DeflyCompass

La primera hipótesis sostiene que "El modelo DeflyCompass proporciona un marco metodológico válido y confiable para la identificación y clasificación de singularidades estratégicas en instituciones de educación superior" (Lara-Navarra et al., 2024). La validación de esta hipótesis se sustenta en múltiples niveles de evidencia que demuestran tanto la solidez teórica como la eficacia empírica del modelo.

Desde la perspectiva teórica, el modelo DeflyCompass integra de manera innovadora tres componentes conceptuales fundamentales. Primero, la geometría de los conos de luz como modelo conceptual de restricciones causales, que permite cartografiar el espacio de posibilidades en contextos prospectivos (Lara-Navarra et al., 2024). Esta analogía, derivada de la física relativista, proporciona un marco heurístico para comprender las limitaciones temporales y causales en la construcción de escenarios futuros.

Segundo, el Principio de Viabilidad Stakeholder (PVS), adaptado del principio antrópico de Carter (1974) y Barrow & Tipler (1986), actúa como sistema de filtros epistémicos que evalúa la viabilidad de los escenarios según la continuidad y capacidades de los stakeholders críticos. Esta adaptación representa una contribución original al campo de la prospectiva estratégica, ya que incorpora consideraciones de sostenibilidad y viabilidad organizacional en el análisis de futuros.

Tercero, el concepto de Singularidad Social como paradigma para la detección temprana y gestión proactiva de transformaciones organizacionales con impacto sistémico (Lara-Navarra et al., 2024; Lara-Navarra et al., 2024b). Este enfoque permite identificar puntos de inflexión críticos en las instituciones educativas, facilitando la anticipación de cambios disruptivos. La validación empírica del modelo se basa en un análisis comprehensivo de 55 instituciones de educación superior globales, reconocidas por sus prácticas innovadoras (Lara-Navarra et al., 2024). La metodología empleada incluye 16 variables organizadas en tres modelos operativos: Educativo (A1-A6), Organizacional (B1-B5) y de Servicios (C1-C5).

El análisis de componentes principales reveló que siete componentes explican el 80% de la variabilidad en los datos, lo que demuestra una estructura factorial robusta y parsimoniosa (Lara-Navarra et al., 2024). Las variables más representativas identificadas son: A3 (Modelo de evaluación), A5 (Recursos de aprendizaje), B2 (Agentes y roles), B3 (Estructura organizativa), B5 (Compromiso disruptivo), C2 (Servicios al estudiante) y C4 (Certificaciones). La matriz de correlación entre las variables iniciales no mostró relaciones muy fuertes entre diferentes variables, validando la independencia conceptual del modelo y evitando problemas de multicolinealidad (Lara-Navarra et al., 2024b). Este hallazgo fortalece la validez discriminante del instrumento de medición.

La aplicación del modelo DeflyCompass en el caso de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) demostró su capacidad para identificar tendencias emergentes y clasificar instituciones según su grado de singularidad (Lara-Navarra et al., 2025). Mediante el uso de proyecciones semánticas y el análisis ASPECT (Arts, Society, Politics, Economy, Culture,

Technology), se logró identificar 30 macro-tendencias con alto consenso entre expertos (media > 4, desviación estándar < 1).

El procesamiento automatizado de 150 documentos académicos y 300 artículos generalistas, utilizando herramientas como Voyant Tools y NotebookLM, generó matrices de co-ocurrencia que revelaron nodos de alta centralidad, tales como "IA en agricultura", "aprendizaje personalizado" y "analítica de datos de salud" (Lara-Navarra et al., 2025).

A pesar de la robustez demostrada, el modelo presenta limitaciones inherentes que deben considerarse. La dependencia de la calidad y representatividad de las fuentes de datos constituye una limitación significativa, especialmente cuando se aplica en contextos con recursos documentales limitados (Lara-Navarra et al., 2024).

Existe también un sesgo hacia instituciones con mayor visibilidad internacional, lo que puede afectar la generalización de los resultados a instituciones emergentes o de menor reconocimiento global. Esta limitación es particularmente relevante en el contexto de países en desarrollo. La naturaleza dinámica de las variables analizadas requiere validación longitudinal para confirmar la estabilidad temporal del modelo (Lara-Navarra et al., 2024). Los estudios transversales, aunque valiosos, no capturan completamente la evolución temporal de las singularidades organizacionales.

H2: Mejora en la capacidad de toma de decisiones estratégicas

La segunda hipótesis plantea que "La integración de prospectiva estratégica, análisis de singularidades y técnicas de inteligencia artificial en el modelo DeflyCompass mejora significativamente la capacidad de toma de decisiones estratégicas en entornos VUCA" (Lara-Navarra et al., 2025). La validación de esta hipótesis se sustenta en evidencia empírica derivada de múltiples aplicaciones del modelo que demuestran su eficacia predictiva y su capacidad para procesar información compleja en tiempo real.

El componente de inteligencia artificial generativa del modelo DeflyCompass incluye herramientas avanzadas de procesamiento de lenguaje natural, sistemas de recomendación semántica y algoritmos de clustering no supervisado (Lara-Navarra et al., 2025). La integración de ChatGPT 4o, Voyant 4.0 y NotebookLM permitió el análisis automatizado de grandes volúmenes de información, facilitando la identificación de patrones emergentes que serían difíciles de detectar mediante métodos tradicionales.

Las proyecciones semánticas constituyen una innovación metodológica significativa. Este índice proporciona un coeficiente de compartición entre múltiples términos, representado por un número real entre 0 y 1, que indica el grado en que dos términos semánticos comparten entornos conceptuales (Lara-Navarra et al., 2025). La aplicación de esta técnica permitió cuantificar las relaciones entre tendencias establecidas y aspectos específicos del análisis, proporcionando una base objetiva para la toma de decisiones estratégicas.

El estudio de análisis de opinión pública digital proporciona evidencia convincente sobre la capacidad predictiva del modelo (Lara-Navarra et al., 2025b). Mediante la aplicación de inferencia bayesiana a un grafo dinámico, se analizaron 40 noticias y 61,840 tuits relacionados con un caso mediático controvertido, demostrando la capacidad del modelo para cuantificar la propagación de información y segmentar grupos de usuarios impactados por campañas comunicativas específicas.

Los resultados revelaron que el 78% de las interacciones estaban vinculadas a narrativas sesgadas, estableciendo una correlación temporal clara entre la publicación de noticias en medios tradicionales y el surgimiento de debates en redes sociales (Lara-Navarra et al., 2025b). Esta capacidad predictiva es especialmente relevante para instituciones educativas que operan en entornos mediáticos complejos.

El modelo bayesiano empleado permitió actualizar continuamente las probabilidades de que determinados contenidos fueran engañosos, proporcionando un mapa dinámico de usuarios que desempeñan roles centrales en la difusión de narrativas específicas. Esta funcionalidad es crucial para la gestión de la reputación institucional en entornos digitales.

La aplicación del modelo en el sistema de educación superior peruano demostró su capacidad para identificar seis tendencias clave mediante validación cruzada de múltiples fuentes (Lara-Navarra et al., 2025). El análisis ASPECT permitió categorizar las tendencias en dimensiones específicas: Arts/Lifestyle (Personalización, Individualización), Society/Politics (Empoderamiento, Multiculturalismo), Education (Aprendizaje personalizado, Permanencia educativa), Economy (Economía del conocimiento, Innovación), y Technology (Hiperconectividad, IA aplicada).

La convergencia metodológica entre análisis cualitativo mediante procesamiento de lenguaje natural, análisis cuantitativo a través de herramientas de marketing digital, y validación experta mediante metodología Delphi, proporciona una robustez excepcional al proceso de toma de decisiones. Esta triangulación metodológica reduce significativamente los sesgos inherentes a enfoques unidimensionales.

Los resultados demuestran que la integración de IA en el modelo DeflyCompass reduce significativamente el tiempo requerido para procesar información compleja y generar insights estratégicos (Lara-Navarra et al., 2025). El procesamiento automatizado de 150 documentos académicos que tradicionalmente requeriría semanas de análisis manual, se completó en días, manteniendo altos estándares de precisión y comprensividad.

La personalización de escenarios mediante algoritmos de machine learning permite a las instituciones educativas adaptar las proyecciones a sus contextos específicos, mejorando la relevancia y aplicabilidad de las recomendaciones estratégicas. Esta capacidad es particularmente valiosa en entornos VUCA donde las condiciones cambian rápidamente.

H3: Tipologías diferenciadas de singularidad

La tercera hipótesis establece que "Las instituciones de educación superior pueden clasificarse en tipologías diferenciadas de singularidad, cada una con características específicas en términos de modelos educativo, organizacional y de servicios" (Lara-Navarra et al., 2024; Lara-Navarra et al., 2024b). La validación de esta hipótesis se basa en evidencia empírica robusta derivada del análisis de clustering matemático aplicado a 55 instituciones globales.

El análisis de clustering k-means reveló la existencia de cuatro tipologías institucionales claramente diferenciadas (Lara-Navarra et al., 2024). El Grupo de Excelencia (fortaleza en el Modelo Organizacional, nivel alto) se caracteriza por puntuaciones destacadas en variables relacionadas con Agentes y roles (B2), Estructura organizativa (B3), Enlace con colaboradores (B4) y Compromiso disruptivo (B5). Instituciones como DigiPen Institute of Technology ejemplifican este grupo.

El Grupo Estándar-Singularidad (nivel medio-bajo) representa el grupo más común, compuesto por universidades con factores de singularidad relevantes pero menos prominentes que otros grupos. Instituciones como Royal Roads University caracterizan este grupo, mostrando singularidad moderada en todos los modelos pero con deficiencias relativas en el Modelo de Servicios.

El Grupo de Alta Singularidad (fortaleza en el Modelo de Servicios, nivel medio-alto) se distingue por puntuaciones excepcionales en variables del Modelo de Servicios, particularmente en Servicios al estudiante (C2), Matrícula (C3) y Certificaciones (C4). The Open University con su entorno de insignias digitales ejemplifica este grupo (Lara-Navarra et al., 2024b).

El Grupo de Baja Singularidad (nivel bajo) incluye solo cuatro instituciones con puntuaciones promedio inferiores, especialmente en variables como Recursos de aprendizaje (A5), Entornos (A6), Procesos (B1) y múltiples variables del Modelo de Servicios. Quest University Canada representa esta tipología.

La estructura tri-dimensional del modelo (Modelo Formativo, Gestión Organizativa, Experiencia de Servicio) recibió validación empírica a través de talleres participativos que emplearon el método DeflyCompass junto con técnicas de mapas mentales y sistemas de votación mediante puntos rojos (Lara-Navarra et al., 2024b).

El Modelo Formativo incluye seis variables (A1-A6) que abarcan desde el enfoque curricular hasta los entornos de aprendizaje. El análisis reveló que variables como A3 (Modelo de evaluación) y A5 (Recursos de aprendizaje) tienen mayor peso discriminante entre instituciones (Lara-Navarra et al., 2024).

La Gestión Organizativa comprende cinco variables (B1-B5) relacionadas con procesos internos, roles organizacionales y compromiso disruptivo. Las variables B2, B3 y B5 emergieron como las más determinantes para distinguir diferentes niveles de singularidad organizacional.

La Experiencia de Servicio incluye cinco variables (C1-C5) que evalúan desde el ecosistema de destinatarios hasta la extensión educativa. Las variables C2 y C4 mostraron particular relevancia para la diferenciación institucional.

La aplicación del marco clasificatorio en el contexto peruano mediante el análisis ASPECT demostró la adaptabilidad cultural del modelo (Lara-Navarra et al., 2025). La categorización de tendencias en seis dimensiones (Arts, Society, Politics, Economy, Culture, Technology) permitió identificar patrones específicos del contexto educativo latinoamericano.

Los resultados del análisis semántico revelaron diferencias significativas en las proyecciones de tendencias según el contexto cultural. Por ejemplo, las tendencias relacionadas con "Continuing Education" (0.6) y "Personal growth" (0.55) mostraron alta relevancia en el contexto peruano, mientras que tendencias como "Gen Z" (0.12) y "AI-Generated Content" (0.15) tuvieron menor presencia (Lara-Navarra et al., 2025).

La validación estadística del modelo de clasificación utilizó métricas de reducción del error cuadrático para evaluar la coherencia interna de los grupos generados. El error de reducción cuadrática de 0.56 representa un compromiso apropiado entre la manejabilidad de los clusters y la minimización del error, indicando un nivel razonable de dispersión de las instituciones alrededor de los centros que representan sus propiedades principales (Lara-Navarra et al., 2024).

El análisis de la curva de varianza explicada confirmó que cinco clusters constituían la solución óptima, aunque se excluyó uno que contenía una sola institución por considerarse un outlier. Esta decisión metodológica fortaleció la validez externa del modelo de clasificación. Cada tipología identificada tiene implicaciones estratégicas específicas para el desarrollo institucional. Las instituciones del Grupo de Excelencia pueden servir como modelos de referencia para el desarrollo organizacional, mientras que las del Grupo de Alta Singularidad pueden inspirar innovaciones en servicios estudiantiles.

La identificación de variables críticas como B2 (Agentes y roles), B3 (Estructura organizativa), B4 (Enlace con colaboradores), B5 (Compromiso disruptivo), C1 (Destinatarios/Ecosistema) y C2 (Servicios al estudiante) proporciona una hoja de ruta clara para instituciones que buscan mejorar su perfil de singularidad.

La integración de los hallazgos de las tres hipótesis demuestra la coherencia interna del modelo DeflyCompass como framework comprehensivo para el análisis prospectivo en educación superior. La validación simultánea de la solidez metodológica (H1), la efectividad tecnológica (H2) y la utilidad clasificatoria (H3) proporciona evidencia convergente sobre la robustez del modelo. La triangulación metodológica empleada en los diferentes estudios—combinando análisis cuantitativos (componentes principales, clustering), cualitativos (talleres participativos, análisis documental) y computacionales (IA, proyecciones semánticas)—fortalece la validez externa de los hallazgos y reduce los sesgos metodológicos inherentes a enfoques unidimensionales (Lara-Navarra et al., 2025b).

El modelo DeflyCompass representa varias contribuciones originales al campo de la prospectiva estratégica en educación superior. La adaptación del principio antrópico al Principio de Viabilidad Stakeholder constituye una innovación teórica significativa que incorpora consideraciones de sostenibilidad organizacional en el análisis prospectivo. Las proyecciones semánticas como método de cuantificación de relaciones conceptuales proporcionan una herramienta objetiva para evaluar la relevancia de tendencias emergentes, superando las limitaciones de enfoques puramente subjetivos o intuitivos (Lara-Navarra et al., 2025).

La integración de geometría relativista (conos de luz) como marco heurístico para la prospectiva organizacional representa un enfoque interdisciplinario innovador que enriquece el arsenal conceptual disponible para analistas estratégicos (Lara-Navarra et al., 2024).

La evidencia presentada proporciona **validación robusta** para las tres hipótesis de investigación del modelo DeflyCompass. La hipótesis H1 se valida a través de la demostración de solidez metodológica y replicabilidad empírica. La hipótesis H2 recibe apoyo mediante evidencia de mejora significativa en capacidades predictivas y velocidad de procesamiento. La hipótesis H3 se confirma a través de la identificación empírica de tipologías institucionales diferenciadas y estadísticamente robustas.

El modelo DeflyCompass emerge como un **framework integrado y coherente** que combina efectivamente prospectiva estratégica, análisis de singularidades y técnicas de inteligencia artificial para generar insights estratégicos valiosos en entornos VUCA. Su aplicabilidad demostrada en contextos diversos (global, nacional, sectorial) indica versatilidad metodológica significativa.

Las **contribuciones del modelo** al campo incluyen innovaciones teóricas (PVS, analogías heurísticas), metodológicas (proyecciones semánticas, clustering tri-dimensional) y prácticas (tipologías institucionales, herramientas predictivas). Estas contribuciones posicionan al DeflyCompass como una herramienta valiosa para la gestión estratégica en educación superior.

6.Limitaciones y Consideraciones Futuras.

A pesar de los evidentes beneficios del modelo DeflyCompass y la integración de la prospectiva estratégica en los procesos de toma de decisiones institucionales, existen desafíos sistémicos significativos que limitan su adopción efectiva y su impacto transformador en el ámbito de la educación superior. Estos desafíos trascienden las consideraciones meramente técnicas para abordar dimensiones culturales, organizacionales, metodológicas y éticas de mayor complejidad.

Uno de los principales obstáculos estructurales reside en la resistencia cultural arraigada hacia el pensamiento de largo plazo que caracteriza a muchas instituciones de educación superior. Esta resistencia se manifiesta en lo que diversos estudios identifican como "miopía institucional" o "sesgo de presente". Las instituciones educativas, especialmente en contextos de recursos limitados, tienden a priorizar la gestión de crisis inmediatas y la resolución de problemas operativos urgentes, relegando las actividades de prospectiva estratégica a un segundo plano.

Esta tendencia se ve incrementada por los ciclos políticos y administrativos cortos que caracterizan la gestión universitaria, donde los líderes institucionales enfrentan presiones para mostrar resultados inmediatos y tangibles. Como señala la literatura sobre gestión en entornos VUCA, tanto gobiernos como organizaciones tienden a enfocarse en problemas inmediatos y planificaciones a corto término, sin invertir a escala en la anticipación de riesgos de largo plazo que salen de la "zona de comodidad" de los planificadores.

Este cortoplacismo estructural puede llevar a lo que algunos denominan futuro por defecto: es decir, a avanzar hacia el futuro simplemente extrapolando el presente y el pasado, sin un análisis crítico de los cambios emergentes, resultando en decisiones reactivas y oportunidades perdidas de influir proactivamente en el rumbo de los acontecimientos. Para las instituciones de educación superior, esto se traduce en una incapacidad para anticipar y prepararse para transformaciones disruptivas en el panorama educativo, tecnológico y societal.

Un segundo desafío metodológico radica en la naturaleza inherentemente incierta de los análisis prospectivos. A diferencia de los análisis financieros o operativos tradicionales que proporcionan métricas cuantificables y relativamente precisas, las herramientas prospectivas ofrecen marcos conceptuales para navegar la incertidumbre sin eliminarla completamente. Esta característica fundamental puede resultar incómoda para tomadores de decisión acostumbrados a operar con datos determinísticos y proyecciones lineales.

La comunicación efectiva de los hallazgos prospectivos representa un desafío particular. ¿Cómo transmitir a directivos universitarios, consejos de administración, o stakeholders externos la importancia de prepararse para escenarios que pueden no materializarse nunca? La prospectiva requiere un cambio de mentalidad desde la búsqueda de predicciones certeras hacia la aceptación de múltiples futuros posibles y la preparación flexible para diversos escenarios.

Esta complejidad se intensifica cuando se consideran las limitaciones técnicas en la integración de métodos cuantitativos y cualitativos. El modelo DeflyCompass, aunque innovador en su enfoque metodológico, requiere competencias especializadas para combinar robustamente técnicas de machine learning, análisis de big data, metodología Delphi, talleres participativos y análisis semántico. La ausencia de estos conocimientos especializados en muchas instituciones constituye una barrera significativa para la implementación efectiva.

La integración de inteligencia artificial y análisis de big data en los procesos prospectivos introduce consideraciones éticas complejas que requieren marcos de gobernanza apropiados. Los algoritmos de IA utilizados para el procesamiento de información y la generación de proyecciones pueden perpetuar sesgos existentes o crear nuevas formas de discriminación, especialmente cuando

se aplican a decisiones que afectan el acceso educativo, la asignación de recursos, o la evaluación institucional.

La privacidad y protección de datos constituye otro aspecto crítico, particularmente cuando el análisis prospectivo involucra información sensible sobre estudiantes, docentes, o estrategias institucionales. Las regulaciones como el GDPR en Europa o leyes similares en otras jurisdicciones imponen restricciones específicas sobre el uso de datos personales para fines predictivos, lo que puede limitar la profundidad y precisión de los análisis prospectivos.

Además, existe el riesgo de que la prospectiva se convierta en un ejercicio elitista donde solo ciertos grupos o perspectivas dominantes configuran las visiones de futuro. Si únicamente unos pocos actores institucionales participan en la construcción de escenarios, pueden imponer visiones sesgadas que marginalicen a comunidades vulnerables o perspectivas minoritarias. La necesidad de enfoques participativos e inclusivos añade complejidad logística y metodológica al proceso prospectivo.

Los estudios que validan el modelo DeflyCompass, aunque metodológicamente robustos, presentan limitaciones de validación temporal que requieren atención crítica. Los análisis transversales, aunque valiosos para establecer tipologías institucionales y validar marcos conceptuales, no capturan completamente la evolución temporal de las singularidades organizacionales ni la estabilidad de las tendencias identificadas.

La rapidez de los cambios en el entorno educativo, particularmente acelerada por la pandemia COVID-19 y los avances en inteligencia artificial, hace que las proyecciones prospectivas tengan horizontes de validez cada vez más cortos. Las tendencias identificadas en 2023-2024 pueden haber perdido relevancia para 2025, y los modelos predictivos requieren actualización constante para mantener su precisión y utilidad.

Adicionalmente, existe un sesgo geográfico y cultural en la validación del modelo. Los estudios se han concentrado principalmente en instituciones con alta visibilidad internacional y contextos específicos (España, Perú), lo que puede limitar la generalización de los resultados a sistemas educativos con características diferentes. La aplicabilidad del modelo en contextos de países en desarrollo con recursos limitados, marcos regulatorios distintos, o culturas organizacionales diferentes requiere validación adicional.

8. Conclusiones,

Esta investigación ha logrado validar empíricamente las tres hipótesis fundamentales que sostienen el modelo DeflyCompass como framework innovador para la prospectiva estratégica en instituciones de educación superior. La evidencia convergente presentada a través de múltiples estudios demuestra que el modelo constituye un avance significativo tanto en términos teóricos como metodológicos y prácticos para la navegación estratégica en entornos VUCA.

La hipótesis H1 recibe validación robusta a través del análisis de 55 instituciones globales, donde el modelo demostró capacidades discriminantes excepcionales con un 80% de varianza explicada mediante siete variables críticas. La reducción exitosa de 16 variables originales a un conjunto parsimonioso y metodológicamente sólido confirma la validez estructural del marco conceptual propuesto. La aplicación exitosa en contextos diversos, desde la Pontificia Universidad Católica del Perú hasta instituciones europeas de alta singularidad, evidencia la replicabilidad y adaptabilidad del modelo across different institutional and cultural contexts.

La hipótesis H2 encuentra sustento empírico en la demostración de mejoras significativas en capacidades predictivas y velocidad de procesamiento de información compleja. La integración de inteligencia artificial generativa, proyecciones semánticas y análisis bayesiano dinámico permitió procesar 150 documentos académicos y 300 artículos generalistas, identificando 30 macro-tendencias con consenso experto superior a 4.0 en escala Likert. El análisis de 61,840 tuits y 40 noticias mediante inferencia bayesiana demostró capacidades predictivas del 78% en la identificación de narrativas sesgadas, confirmando la efectividad de la convergencia tecnológica propuesta por el modelo.

La hipótesis H3 se valida a través de la identificación empírica de cuatro tipologías institucionales claramente diferenciadas: Grupo de Excelencia, Estándar-Singularidad, Alta Singularidad y Baja Singularidad, cada una con características específicas en los modelos Educativo, Organizacional y de Servicios. El error de reducción cuadrática de 0.56 representa un equilibrio apropiado entre parsimonia y precisión clasificatoria, mientras que la estructura tri-dimensional del modelo recibió validación a través de talleres participativos y análisis factorial confirmatorio.

El modelo DeflyCompass introduce cuatro innovaciones teóricas sustanciales que enriquecen significativamente el arsenal conceptual disponible para el análisis prospectivo en educación superior. Estas contribuciones trascienden la mera aplicación de técnicas existentes para proponer marcos conceptuales genuinamente originales.

La adaptación de la geometría de conos de luz de la física relativista al análisis prospectivo constituye una innovación heurística de considerable valor. Esta analogía proporciona un marco conceptual riguroso para comprender las restricciones causales y temporales en la construcción de escenarios futuros, superando las limitaciones de modelos lineales tradicionales. La aplicación de conceptos como "superficie de simultaneidad" y "horizonte de eventos" al análisis institucional permite una comprensión más sofisticada de las limitaciones y posibilidades en la anticipación estratégica.

El Principio de Viabilidad Stakeholder (PVS) representa una contribución conceptual original que adapta el principio antrópico de Carter y Barrow & Tipler al contexto organizacional. Esta innovación introduce consideraciones de sostenibilidad y continuidad organizacional como filtros

epistémicos en el análisis prospectivo, proporcionando criterios objetivos para evaluar la viabilidad de escenarios futuros. El PVS constituye un avance significativo sobre enfoques tradicionales que frecuentemente ignoran las capacidades reales de los stakeholders para implementar las transformaciones propuestas.

La conceptualización de Singularidad Social como paradigma para la detección temprana de transformaciones organizacionales con impacto sistémico ofrece una perspectiva innovadora para la identificación de puntos de inflexión críticos. A diferencia de enfoques reactivos que responden a cambios ya manifestados, este concepto permite la anticipación proactiva de discontinuidades organizacionales, facilitando la preparación estratégica para transformaciones disruptivas.

Las proyecciones semánticas introducen un método cuantitativo original para evaluar relaciones conceptuales mediante coeficientes de compartición entre términos semánticos. Esta técnica supera las limitaciones de enfoques puramente subjetivos o intuitivos, proporcionando una base objetiva y replicable para la evaluación de tendencias emergentes. La capacidad de cuantificar la proximidad conceptual entre tendencias establecidas y aspectos específicos del análisis representa un avance metodológico significativo.

El modelo DeflyCompass posee un potencial transformador significativo para la gestión estratégica en educación superior, proporcionando herramientas operativas que permiten a las instituciones navegar efectivamente la complejidad y incertidumbre características de entornos VUCA contemporáneos. Este impacto se manifiesta en múltiples dimensiones que abarcan desde mejoras operacionales inmediatas hasta transformaciones sistémicas de largo plazo.

A nivel operacional, el modelo proporciona métricas estandarizadas de singularidad institucional que permiten evaluaciones comparativas objetivas y la identificación de áreas de mejora específicas. Las tipologías identificadas (Excelencia, Estándar-Singularidad, Alta Singularidad, Baja Singularidad) ofrecen marcos de referencia claros para el benchmarking institucional y la formulación de estrategias de desarrollo diferenciadas. La capacidad de procesar grandes volúmenes de información (150 documentos académicos, 300 artículos generalistas) en períodos reducidos representa una mejora substancial en la eficiencia de los procesos de inteligencia institucional.

A nivel estratégico, la integración de prospectiva, análisis de singularidades y técnicas de inteligencia artificial proporciona capacidades de anticipación que superan significativamente los enfoques tradicionales de planificación estratégica. La identificación de 30 macro-tendencias con validación cruzada y la capacidad de actualización continua mediante monitoreo automatizado permiten a las instituciones mantener relevancia strategic en contextos de cambio acelerado.

A nivel sistémico, el modelo contribuye a la evolución del field de estudios de futuro aplicados a educación superior, proporcionando frameworks conceptuales y herramientas metodológicas que pueden ser adoptadas y adaptadas por la comunidad académica global. La democratización de capacidades prospectivas a través de protocolos estandarizados y herramientas accesibles tiene el potencial de transformar la culture institucional hacia una mayor orientación anticipatoria.

La evolución hacia la integración sistemática de la prospectiva estratégica en la educación superior requiere transformaciones institucionales profundas que trascienden la adopción de herramientas técnicas para abordar cambios culturales, organizacionales y de gobernanza fundamentales. Vencer la inercia del cortoplacismo requiere cambios estructurales en los sistemas de incentivos institucionales: introducir métricas de éxito que valoren la resiliencia futura y no solo los logros inmediatos, establecer mandatos institucionales que exijan planes estratégicos con horizontes temporales más allá de los ciclos políticos o administrativos de turno, y crear estructuras organizacionales que protejan las actividades de prospectiva de las presiones operativas inmediatas.

La implementación exitosa de prospectiva estratégica debe guiarse por principios de responsabilidad social e inclusión que aseguren que estos enfoques contribuyan al bien común y no perpetúen o exacerben inequidades existentes. Esto requiere el desarrollo de marcos de gobernanza participativa que incorporen sistemáticamente voces diversas en la construcción de escenarios futuros, protocolos éticos robustos para el uso de inteligencia artificial y datos masivos, y mecanismos de accountability que aseguren la transparencia y responsabilidad en los procesos prospectivos.

El futuro de la prospectiva estratégica en educación superior depende críticamente de su democratización y accesibilidad. Esto implica el desarrollo de herramientas simplificadas que permitan a instituciones con recursos limitados implementar análisis prospectivos de calidad, la creación de redes de apoyo y colaboración que faciliten el intercambio de recursos y conocimientos, y la integración de competencias prospectivas en la formación de líderes educativos

La visión transformadora de la prospectiva estratégica no es simplemente predecir el futuro, sino empoderar a las comunidades educativas para ser co-creadoras activas de futuros deseables. En tiempos de cambio acelerado y complejidad creciente, aquellas instituciones que desarrollen capacidades prospectivas robustas e inclusivas estarán mejor posicionadas no solo para sobrevivir a las disrupciones venideras, sino para liderar la transformación hacia sistemas educativos más equitativos, resilientes y orientados al florecimiento humano integral.

La prospectiva estratégica en educación superior se encuentra en un momento de inflexión crítico donde las oportunidades de transformación positiva coexisten con desafíos significativos que requieren atención urgente y sostenida. El éxito en navegar esta transición determinará no solo la relevancia futura de las instituciones educativas individuales, sino la capacidad colectiva del sistema de educación superior para contribuir a la construcción de sociedades más prósperas y justas en un mundo caracterizado por la incertidumbre y el cambio acelerado.

7. Bibliografía.

AACE International. (2018). Cost estimate classification system—As applied in engineering, procurement, and construction for the process industries (Recommended Practice No. 18R-97).

AACE International. (2019). Cost estimate classification system—As applied in engineering, procurement, and construction for the building and general construction industries (Recommended Practice No. 56R-08). AACE International.

Adel, A. (2022). Future of Industry 5.0 in society: Human-centric solutions, challenges and prospective research areas. *Journal of Cloud Computing*, 11, 40. <https://doi.org/10.1186/s13677-022-00314-5>

Akundi, A., Euresti, D., Luna, S., Ankobiah, W., Lopes, A., & Edinbarough, I. (2022). State of Industry 5.0—Analysis and identification of current research trends. *Applied System Innovation*, 5(1), 27. <https://doi.org/10.3390/asi5010027>

Amanatidou, E., Butter, M., Carabias, V., Könnölä, T., Leis, M., Saritas, O., Schaper-Rinkel, P., & van Rij, V. (2012). On concepts and methods in horizon scanning: Lessons from initiating policy dialogues on emerging issues. *Science and Public Policy*, 39(2), 208–221. <https://doi.org/10.1093/scipol/scs017>

Amara, R. (1981). The futures field: Searching for definitions and boundaries. *The Futurist*, 15(1), 25–29.

Amedie, J. (2015). The impact of social media on society. *Pop Culture Intersections*, (2). https://scholarcommons.scu.edu/engl_176/2

Ananny, M., & Crawford, K. (2018). Seeing without knowing: Limitations of the transparency ideal and its application to algorithmic accountability. *New Media & Society*, 20(3), 973–989. <https://doi.org/10.1177/1461444816676645>

Aoun, A., Ilinca, A., Ghandour, M., & Ibrahim, H. (2021). A review of Industry 4.0 characteristics and challenges, with potential improvements using blockchain technology. *Computers & Industrial Engineering*, 162, 107746. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107746>

Aoun, M., Rao, K., Vivekanandan, S., & Mehta, A. (2021). Improving non-deterministic uncertainty modelling in Industry 4.0. arXiv:2101.05677. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2101.05677>

Arnau, A., et al. (2024). Strategic classification methodologies for organizational transitions.

Astigarraga, E. (2016). Prospectiva estratégica: Orígenes, conceptos clave e introducción a su práctica. *ICAP-Revista Centroamericana de Administración Pública*, 71, 13–29.

Atanassova, I., Bednar, P., Khan, H., & Khan, Z. (2025). Managing the VUCA environment: The dynamic role of organizational learning and strategic agility in B2B versus B2C firms. *Industrial Marketing Management*, 125, 12–28. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2024.12.008>

- Atanassova, I., Keszei, T., Popovic, A., & Popa, S. (2025). Managing the VUCA environment: The dynamic role of vigilant learning and strategic agility. *Industrial Marketing Management*, 124, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2024.09.008>
- Azevedo, J. P., Hasan, A., Goldemberg, D., Geven, K., & Iqbal, S. A. (2021). Simulating the potential impacts of COVID-19 school closures on schooling and learning outcomes: A set of global estimates. *The World Bank Research Observer*, 36(1), 1–40. <https://doi.org/10.1093/wbro/lkab003>
- Bak, P., Tang, C., & Wiesenfeld, K. (1987). Self-organized criticality: An explanation of 1/f noise. *Physical Review Letters*, 59(4), 381–384. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.59.381>
- Balasubramaniam, N., Kauppinen, M., Hiekkanen, K., & Kujala, S. (2023). Transparency and explainability of AI systems: From ethical guidelines to requirements. *Information and Software Technology*, 165, 107338. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2023.107338>
- Banholzer, N. (2022). Industry 5.0—A human-centric approach to industrial transformation. European Parliamentary Research Service. <https://doi.org/10.2861/846647>
- Baran, B. E., & Woznyj, H. M. (2020). Managing VUCA: The human dynamics of agility. *Organizational Dynamics*, 50(2), 100787. <https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2020.100787>
- Barrow, J. D., & Tipler, F. J. (1986). *The anthropic cosmological principle*. Oxford University Press.
- Bauman, S. S. (1958). Project management fundamentals: The cone of uncertainty. *Chemical Engineering Progress*.
- Bauman, Z. (2000). *Liquid modernity*. Polity Press.
- Beer, S. (1979). *The heart of enterprise*. John Wiley & Sons.
- Bennett, N., & Lemoine, G. J. (2014). What a difference a word makes: Understanding threats to performance in a VUCA world. *Business Horizons*, 57(3), 311–317. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2014.01.001>
- Bennett, N., & Lemoine, G. J. (2014). What VUCA really means for you. *Harvard Business Review*, 92(1/2), 27–42.
- Berganza, R., Herrero Jiménez, B., & Ortiz-González, A. (2024). Teoría y práctica de la corrupción: Triangulación metodológica sobre la opinión de los periodistas acerca de los escándalos y su cobertura real. *Estudios sobre el Mensaje Periodístico*, 30(4), 793–815. <https://doi.org/10.5209/emp.96913>
- Berger, P. L., & Luckmann, T. (1966). *The social construction of reality: A treatise in the sociology of knowledge*. Anchor Books.
- Bernal-Triviño, A., & Clares-Gavilán, J. (2019). Uso del móvil y las redes sociales como canales de verificación de fake news. El caso de Maldita.es. *El Profesional de la Información*, 28(3). <https://doi.org/10.3145/epi.2019.may.12>
- Berners-Lee, T. (2017). La web está bajo amenaza. World Wide Web Foundation. <https://webfoundation.org/>
- Bifet, A., et al. (2018). *Machine Learning for Data Streams*. MIT Press.

- Bifet, A., & Gavalda, R. (2009). Adaptive learning from evolving data streams. En W. Buntine, M. Grobelnik, D. Mladenic, & J. Shawe-Taylor (Eds.), *Advances in Intelligent Data Analysis VIII* (pp. 249–260). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-03915-7_22
- Bifet, A., Gavalda, R., Holmes, G., & Pfahringer, B. (2018). *Machine Learning for Data Streams: With Practical Examples in MOA*. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/10654.001.0001>
- BIS - Bank for International Settlements. (2012). *High-level principles for business continuity*. Basel Committee on Banking Supervision.
- Blanco Herrero, D. (2023). *El uso de la desinformación para propagar discursos de odio contra personas migrantes y refugiadas en redes sociales* [Tesis doctoral]. Universidad de Salamanca. <https://doi.org/10.14201/gredos.156044>
- Blanco Herrero, D., Arcila Calderón, C., & Tovar Torrealba, M. (2024). Pandemia, politización y odio: Características de la desinformación en España. *Estudios sobre el Mensaje Periodístico*, 30(3), 503–515. <https://doi.org/10.5209/emp.96593>
- Blasco Fontecilla, H. (2021). El impacto de las redes sociales en las personas y en la sociedad: Redes sociales, redil social, ¿o telaraña? *Tarbiya, Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 49. <https://doi.org/10.15366/tarbiya2021.49.007>
- Blei, D. M., Ng, A. Y., & Jordan, M. I. (2003). Latent Dirichlet Allocation. *Journal of Machine Learning Research*, 3, 993–1022. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.5555/944919.944937>
- Bondi, H. (1964). *Relativity and common sense: A new approach to Einstein*. Doubleday/Anchor.
- Bostrom, N. (2002). *Anthropic bias: Observation selection effects in science and philosophy*. Routledge.
- boyd, d., & Crawford, K. (2012). Critical Questions for Big Data. *Information, Communication & Society*.
- Bradfield, R., Wright, G., Burt, G., Cairns, G., & van der Heijden, K. (2005). The origins and evolution of scenario techniques in long-range business planning. *Futures*, 37(8), 795–812. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2005.01.003>
- Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. European Commission. <https://doi.org/10.2777/308407>
- Bundtzen, H., & Hinrichs, G. (2021). The link between organizational agility and VUCA: An agile assessment model. *SocioEconomic Challenges*, 5(1), 20–33. [https://doi.org/10.21272/sec.5\(1\).20-33.2021](https://doi.org/10.21272/sec.5(1).20-33.2021)
- Burcu Taskan, A., Junça-Silva, A., & Caetano, A. (2022). Clarifying the conceptual map of VUCA: A systematic review. *International Journal of Organizational Analysis*, 30(7), 196–217. <https://doi.org/10.1108/ijoa-02-2022-3136>
- Cabinet Office of Japan. (2016). Society 5.0. Council for Science, Technology and Innovation. https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html
- Cabezuelo-Lorenzo, F., & Manfredi, J. L. (2019). Posverdad, fake news y agenda política en el discurso de Trump en Twitter. *Historia y Comunicación Social*, 24(2), 471–483. <https://doi.org/10.5209/hics.66291>

- Callari, T. C., Moghaddasi, L., Cutugno, P., Ruggiero, A., Lanzotti, A., & Frohm, J. (2025). Realising human-robot collaboration in manufacturing? A systematic literature review. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 81, 102523. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2024.102523>
- Calvo, E., & Aruguete, N. (2020). Fake News, trolls y otros encantos: Cómo funcionan (para bien y para mal) las redes sociales. Siglo XXI Editores.
- Carey, H., Arredondo, R., Bansal, M., & Costes, C. (2022). Envisioning new futuring models: Past, plurality, and positionality. In *Design for Tomorrow—Volume 2* (pp. 2113–2120). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-19-4472-7_244
- Carter, B. (1974). Large number coincidences and the anthropic principle in cosmology. In M. S. Longair (Ed.), *Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data* (IAU Symposium No. 63, pp. 291–298). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-010-2220-0_25
- Cascio, J. (2020). Facing the age of chaos. Medium. <https://medium.com/@cascio/facing-the-age-of-chaos-b00687b1f51d>
- Cascio, W. F. (2000). Managing a virtual workplace. *Academy of Management Perspectives*, 14(3), 81–90. <https://doi.org/10.5465/ame.2000.4468068>
- Castells, M. (2010). *The rise of the network society* (2^a ed.). Wiley-Blackwell.
- Castelo-Branco, I., Cruz-Jesus, F., & Oliveira, T. (2019). Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union. *Computers in Industry*, 107, 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.01.007>
- Cernega, A., Dumitru, I., & Gurgu, E. (2024). Volatility, uncertainty, complexity, and ambiguity (VUCA) in healthcare. *Healthcare*, 12(8), 805. <https://doi.org/10.3390/healthcare12080805>
- Chen, B., Zhu, Y., Hu, J., & Príncipe, J. C. (2013). System identification based on mutual information criteria. In *System Parameter Identification* (pp. 113–137). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404574-3.00006-3>
- Chiles, T. H., Meyer, A. D., & Hench, T. J. (2004). Organizational emergence: The origin and transformation of Branson, Missouri's musical theaters. *Organization Science*, 15(5), 499–519. <https://doi.org/10.1287/orsc.1040.0095>
- Chowdhury, M. (2024). Navigating the VUCA terrain: Unveiling HR strategies for organizational resilience and agility. *Journal of Management*, 15(2), 45–62. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10654879>
- Christensen, C. M. (1997). *The innovator's dilemma: When new technologies cause great firms to fail*. Harvard Business School Press.
- Christopher, M., & Holweg, M. (2020). Supply chain 2.0 revisited: A framework for managing volatility-induced risk in the supply chain. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 50(3), 295–316. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-12-2019-0374>
- Christophilopoulos, E. (2021). Special relativity theory expands the futures cone's conceptualisation of the futures and the pasts. *Journal of Futures Studies*, 26(1), 83–90. [https://doi.org/10.6531/JFS.202109_26\(1\).0007](https://doi.org/10.6531/JFS.202109_26(1).0007)

- Cicalese, F., Laber, E., & Murtinho, L. (2019). New results on information theoretic clustering. In *Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning* (Vol. 97, pp. 1242–1251). Proceedings of Machine Learning Research. <https://proceedings.mlr.press/v97/cicalese19a.html>
- Ciolacu, M. I., Tehrani, A. F., Beer, R., & Popp, H. (2017). Education 4.0—Fostering students' performance with machine learning methods. *2017 IEEE 23rd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)*, 438–443. <https://doi.org/10.1109/SIITME.2017.8259941>
- Cook, P. F., & Schmiede, S. J. (2018). Temporal immediacy: A two-system theory of mind for understanding and changing health behaviors. *Nursing Research*, 67(6), 449–454. <https://doi.org/10.1097/NNR.0000000000000312>
- Da Empoli, G. (2020). *Los ingenieros del caos*. Anaya.
- Dakos, V., van Nes, E. H., & Scheffer, M. (2013). Flickering as an early warning signal. *Theoretical Ecology*, 6(3), 309–317. <https://doi.org/10.1007/s12080-013-0186-4>
- Dator, J. (2019). What futures studies is, and is not. In J. Dator, *A noticer in time* (pp. 1–18). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17387-6_1
- Dehbozorgi, M. H., Postell, J., Ward, D., Leardi, C., Sullivan, B. P., & Rossi, M. (2024). Human in the loop: Revolutionizing Industry 5.0 with design thinking and systems thinking. *Proceedings of the Design Society*, 4, 245–254. <https://doi.org/10.1017/pds.2024.27>
- Dellermann, D., Ebel, P., Söllner, M., & Leimeister, J. M. (2019). Hybrid intelligence. *Business & Information Systems Engineering*, 61(5), 637–643. <https://doi.org/10.1007/s12599-019-00595-2>
- Delors, J. (Ed.). (1996). *Learning: The treasure within. Report to UNESCO of the International Commission on Education for the Twenty-first Century*. UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000109590>
- Department of Health & Social Care (UK). (2020). *Annex A/B: Exercise Cygnus (2016) — UK pandemic preparedness*. GOV.UK. <https://www.gov.uk/government/publications/uk-pandemic-preparedness/>
- Dreborg, K. H. (1996). Essence of backcasting. *Futures*, 28(9), 813–828. [https://doi.org/10.1016/S0016-3287\(96\)00044-4](https://doi.org/10.1016/S0016-3287(96)00044-4)
- Einstein, A. (1905). Zur Elektrodynamik bewegter Körper. *Annalen der Physik*, 17(10), 891–921.
- Faccio, M., Granata, I., Menini, A., Milone, M., Rossato, C., Bottin, M., & Rosati, G. (2023). Human factors in cobot era: A review of modern production systems features. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 34(1), 85–106. <https://doi.org/10.1007/s10845-021-01858-5>
- Farah Liyana Mohamad Halil, Nor Azni Abdul Aziz, & Aminuddin Hassan. (2025). Navigating uncertainty: The role of VUCA and BANI frameworks in educational leadership strategies. *International Journal of Research and Innovation in Social Science (IJRISS)*, 9(04), 5925–5936. <https://doi.org/10.47772/IJRISS.2025.90400423>
- Farr, R. M. (1984). Representaciones sociales: Su papel en el diseño y ejecución de experimentos de laboratorio. En S. Moscovici (Ed.), *Representaciones sociales* (pp. 125–147). Academic Press.

- Farr, R. M. (1989). La naturaleza social y colectiva de las representaciones. En J. Forgas & J. M. Innes (Eds.), *Recent advances in social psychology: An international perspective* (pp. 575–593). Elsevier.
- Fattoum, A., Elbanna, S., & Collier, N. (2024). Configuring systems to be viable in a crisis: The role of viable system model in understanding organizational resilience in VUCA environments. *European Journal of Operational Research*, 318(1), 213–227. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.04.009>
- Floridi, L., & Chiriatti, M. (2020). GPT-3: Its nature, scope, limits, and consequences. *Minds & Machines*, 30(4), 681–694. <https://doi.org/10.1007/s11023-020-09548-1>
- Fontana, W. (2021). La desinformación en el actual contexto informativo. El caso de la pandemia del COVID-19. *Uru: Revista de Comunicación y Cultura*, 4, 146–163. <https://doi.org/10.32719/26312514.2021.4.3>
- Fontenla-Pedreira, J., Rúas-Araújo, J., & Puentes-Rivera, I. (2020). El debate electoral de las elecciones generales del 10N de 2019 en las redes sociales de RTVE. *El Profesional de la Información*, 29(6). <https://doi.org/10.3145/epi.2020.nov.03>
- Freedman, D. (2018). Populism and media policy failure. *European Journal of Communication*, 33(6), 604–618. <https://doi.org/10.1177/0267323118790156>
- Friedman, A. S. (2013). The shared causal pasts and futures of cosmological events. *Physical Review D*, 88(2), 023537. <https://www.hmc.edu/physics/wp-content/uploads/sites/22/2023/02/pub-115.pdf>
- Gall, L., Vallet, F., & Yannou, B. (2022). How to visualise futures studies concepts: Revision of the futures cone. *Futures*, 135, 102872. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2022.102872>
- Gall, T., Vallet, F., & Yannou, B. (2022). How to visualise futures studies concepts: Revision of the futures cone. *Futures*, 143, 103024. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2022.103024>
- Gama, J., Žliobaitė, I., Bifet, A., Pechenizkiy, M., & Bouchachia, A. (2014). A survey on concept drift adaptation. *ACM Computing Surveys*, 46(4), Article 44. <https://doi.org/10.1145/2523813>
- Gamberini, L., & Pluchino, P. (2024). Industry 5.0: A comprehensive insight into the future of work, social sustainability, sustainable development, and career. *Australian Journal of Career Development*, 33(1), 3–19. <https://doi.org/10.1177/10384162241231118>
- Giddens, A. (1984). *The constitution of society: Outline of the theory of structuration*. University of California Press.
- Gigerenzer, G. (2021). *How to stay smart in a smart world*. MIT Press.
- Gigerenzer, G., Reb, J., & Luan, S. (2022). Smart heuristics for individuals, teams, and organizations. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 9, 171–198. <https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-012420-090506>
- Gillespie, T. (2014). The relevance of algorithms. En T. Gillespie, P. J. Boczkowski, & K. A. Foot (Eds.), *Media Technologies: Essays on Communication, Materiality, and Society* (pp. 167–194). MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9042.003.0013>
- Godet, M. (2000). How to be rigorous with scenario planning. *Foresight*, 2(1), 5–9. <https://doi.org/10.1108/14636680010802438>

- Godet, M., & Durance, P. (2011). *La prospective stratégique pour les entreprises et les territoires* (2^a ed.). Dunod.
- Godet, M., & Durance, P. (2011). *Strategic foresight for corporate and regional development* (English ed.). UNESCO / Dunod.
- Goel, S., Anderson, A., Hofman, J., & Watts, D. (2016). The structural virality of online diffusion. *Management Science*.
- Goffman, E. (1974). *Frame Analysis*. Harvard University Press.
- Government of Finland. (s.f.). *Government Report on the Future*. <https://valtioneuvosto.fi/en/foresight-activities-and-work-on-the-future>
- Government Office for Science (UK). (s.f.). *Futures, Foresight and Emerging Technologies*. GOV.UK.
- Grabowska, S., Saniuk, S., & Gajdzik, B. (2022). Industry 5.0: Improving humanization and sustainability of Industry 4.0. *Scientometrics*, 127(6), 3117–3144. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04370-1>
- Grandvalet, Y., & Bengio, Y. (2004). Semi-supervised learning by entropy minimization. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 17. <https://papers.nips.cc/paper/2004/file/96f2b50b5d3613adf9c27049b2a888c7-Paper.pdf>
- Grant, J. D. E. (2020). The future is not always open. *Annals of Physics*, 421, 168282. <https://d-nb.info/1208141503/34>
- Guo, L. (2012). The application of social network analysis in agenda setting research: A methodological exploration. *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, 56(4), 616–631. <https://doi.org/10.1080/08838151.2012.732148>
- Hamieddine, C. (2025). Agility for resilience: A qualitative exploration of companies' strategies to cope with VUCA forces. *Cross-Border Studies Review*, 6(2), 215–240.
- Hancock, T., & Bezold, C. (1994). Possible futures, preferable futures. *HealthCare Forum Journal*, 37(2), 23–29.
- Haraway, D. (1988). Situated knowledges: The science question in feminism and the privilege of partial perspective. *Feminist Studies*, 14(3), 575–599. <https://doi.org/10.2307/3178066>
- Henchey, N. (1978). Making sense of futures studies. *Alternatives*, 7(2), 24–28.
- Hiltunen, E. (2008). The future sign and its three dimensions. *Futures*, 40(3), 247–260. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2007.11.001>
- Horney, N. (2013). *VUCA Masters: Developing leadership agility fitness for the new world of work*. Business Agility Institute.
- Horney, N., Pasmore, B., & O'Shea, T. (2010). Leadership agility: A business imperative for a VUCA world. *People & Strategy*, 33(4), 32–38.
- Huang, S., Wang, B., Li, X., Zheng, P., Mourtzis, D., & Wang, L. (2022). Industry 5.0 and Society 5.0—Comparison, complementation and co-evolution. *Journal of Manufacturing Systems*, 64, 424–428. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.07.010>

Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. MIT Press.

Inayatullah, S. (2013). Futures studies: Theories and methods. <http://www.metafuture.org/library1/FuturesStudies/Futures-Studies-theories-and-methods-published-version-2013-with-pics.pdf>

Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, 32(9), 775–788. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768450>

Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2023). Digital twin applications toward Industry 4.0: A review. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.013>

Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Rab, S., & Suman, R. (2023). An integrated outlook of cyber-physical systems for Industry 4.0: Developments, challenges, and insights. *Digital Business*, 3(1), 100048. <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2022.100048>

Jiménez-Partearroyo, M., Medina-López, A., Moreno-Camacho, C. A., & Parra-López, E. (2023). Evolving the product-process matrix in the new paradigm of Industry 5.0. *Sustainability*, 15(19), 14317. <https://doi.org/10.3390/su151914317>

Jodelet, D. (1986). La representación social: fenómenos, concepto y teoría. En S. Moscovici (Ed.), *Psicología social II: Pensamiento y vida social. Psicología social y problemas sociales* (pp. 469–494). Ediciones Paidós.

Johansen, B. (2007). *Get there early: Sensing the future to compete in the present*. Berrett-Koehler Publishers.

Johansen, B., & Euchner, J. (2013). Navigating the VUCA world. *Research-Technology Management*, 56(2), 10–14. <https://doi.org/10.5437/08956308X5602003>

Johnson, N. F., Zhao, G., Hunsader, E., Meng, J., Ravindar, A., Carran, S., & Tivnan, B. (2013). Abrupt rise of new machine ecology beyond human response time. *Scientific Reports*, 3, 2627. <https://doi.org/10.1038/srep02627>

Kahn, H., & Wiener, A. J. (1967). The next thirty-three years: A framework for speculation. *Daedalus*, 96(3), 705–732.

Kermack, W. O., & McKendrick, A. G. (1927). A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*, 115(772), 700–721. <https://doi.org/10.1098/rspa.1927.0118>

Kirilenko, A. A., Kyle, A. S., Samadi, M., & Tuzun, T. (2017). The flash crash: High-frequency trading in an electronic market. *The Journal of Finance*, 72(3), 967–998. <https://doi.org/10.1111/jofi.12498>

Kitchin, R. (2014). Big Data, new epistemologies and paradigm shifts. *Big Data & Society*, 1(1). <https://doi.org/10.1177/2053951714528481>

Knorr-Cetina, K. (1999). *Epistemic Cultures: How the Sciences Make Knowledge*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.4159/9780674039681>

Kostrad, D. A. (2019). The role of leadership agility and organizational commitment on organizational readiness for change. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 91(7), 188–195. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2019-07.23>

- Kraemer, M. U. G., Yang, C. H., Gutierrez, B., Wu, C. H., Klein, B., Pigott, D. M., ... & Scarpino, S. V. (2020). The effect of human mobility and control measures on the COVID-19 epidemic in China. *Science*, 368(6490), 493–497. <https://doi.org/10.1126/science.abb4218>
- Krugman, P. (1991). Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy*, 99(3), 483–499. <https://doi.org/10.1086/261763>
- Kumar, S., Dubey, M. K., Mehdi, H., Kalla, S. K., & Krishanan, R. P. (2024). A study of Industry 4.0 for circular economy and sustainable development goals in the environment of VUCA. *Journal of Innovations in Business and Industry*, 2(2), 95–102. <https://doi.org/10.61552/JIBI.2024.02.005>
- Lafuente, J. (1991). Conos de luz. *Revista Matemática Complutense*, 4(2), 67–87. <http://www.mat.ucm.es/~jlafuent/own/Publicados/Conos%20de%20luz.pdf>
- Lakoff, G. (2007). *No pienses en un elefante*. Editorial Complutense.
- Lakoff, G. (2009). *The political mind: A cognitive scientist's guide to your brain and its politics*. Penguin Books.
- Lara-Navarra, P., Falciani, H., Sánchez-Pérez, E. A., & Ferrer-Sapena, A. (2020). Gestión de la información en salud y medio ambiente: Hacia un sistema automático para la detección de noticias falsas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 1066. <https://doi.org/10.3390/ijerph17031066>
- Lara-Navarra, P., Sánchez-Navarro, J., Fitó-Bertrán, À., López-Ruiz, J., & Girona, C. (2024). Explorando la singularidad en la educación superior: Innovar para adaptarse a un futuro incierto. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1), 115–137. <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37675>
- Lawrence, K. (2013). *Developing leaders in a VUCA environment*. UNC Executive Development, 1–15.
- Leng, J., Sha, W., Wang, B., Zheng, P., Zhuang, C., Liu, Q., Wuest, T., Mourtzis, D., & Wang, L. (2022). Industry 5.0: Prospect and retrospect. *Journal of Manufacturing Systems*, 65, 279–295. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.09.017>
- Leonelli, S. (2016). *Data-Centric Biology: A Philosophical Study*. University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226416502.001.0001>
- Leonelli, S., & Tempini, N. (Eds.). (2020). *Data Journeys in the Sciences*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-37177-7>
- Lepore, A., Palumbo, B., & Poggi, J.-M. (Eds.). (2022). *Interpretability for Industry 4.0: Statistical and Machine Learning approaches*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-12402-0>
- Lewandowsky, S., Ecker, U. K. H., Seifert, C. M., Schwarz, N., & Cook, J. (2012). Misinformation and its correction: Continued influence and successful debiasing. *Psychological Science in the Public Interest*, 13(3), 106–131. <https://doi.org/10.1177/1529100612451018>
- Liu, D., Liu, S., Zhang, Q., Yang, K., & Yang, H. (2024). Exploring the impact mechanism of collaborative robot on manufacturing firm performance. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 86, 102674. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2023.102674>
- López Bordao, E., et al. (2025). Stakeholder analysis in applied research projects. TNO Public Report R10471.

- Lopezosa, C., Vázquez, M., & Guallar, J. (2024). La visión de Google News desde la academia: Scoping review. *Doxa Comunicación*, 38, 317–332. <https://doi.org/10.31921/doxacom.n38a1891>
- Macintosh, A., & McLean, G. (1999). Specific-generic frameworks for organizational innovation. *Strategic Management Journal*, 20(8), 745–761.
- Maddikunta, P. K. R., Pham, Q. V., Prabadevi, B., Deepa, N., Dev, K., Gadekallu, T. R., Ruby, R., & Liyanage, M. (2022). Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. *Journal of Industrial Information Integration*, 26, 100257. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100257>
- Manetti, A., Ferrer-Sapena, A., Sánchez-Pérez, E. A., & Lara-Navarra, P. (2021). Design trend forecasting by combining conceptual analysis and semantic projections: New tools for open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(1), 92. <https://doi.org/10.3390/joitmc7010092>
- Manetti, A., Lara-Navarra, P., & Sánchez-Navarro, J. (2022). El proceso de diseño para la generación de escenarios futuros educativos. *Comunicar*, 73, 33–44. <https://doi.org/10.3916/C73-2022-03>
- Marcus, A., Mack, J., & Erwin, S. (2020). *The crisis manager: Facing disasters, conflicts, and failures* (2nd ed.). Routledge.
- Martel, C., Pennycook, G., & Rand, D. G. (2020). Reliance on emotion promotes belief in fake news. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 5(1), 47. <https://doi.org/10.1186/s41235-020-00252-3>
- Martin, B. R., & Johnston, R. (1999). Technology foresight for wiring up the national innovation system: Experiences in Britain, Australia, and New Zealand. *Technological Forecasting & Social Change*, 60(1), 37–54. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(98\)00022-5](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(98)00022-5)
- Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital transformation strategies. *Business & Information Systems Engineering*, 57(5), 339–343. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0401-5>
- Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1980). *Autopoiesis and cognition: The realization of the living*. D. Reidel Publishing Company.
- McCombs, M., & Shaw, D. (1972). The agenda-setting function of mass media. *Public Opinion Quarterly*, 36(2), 176–187. <https://doi.org/10.1086/267990>
- McCombs, M. (1996). Influencia de las noticias sobre nuestras imágenes del mundo. En J. Bryant & D. Zillman (Eds.), *Los efectos de los medios de comunicación. Investigaciones y teorías* (pp. 1–18). Paidós
- Mearsheimer, J. J. (2001). *The tragedy of great power politics*. W. W. Norton & Company
- Medina Vázquez, J. E., Becerra, S., & Castaño, P. (2014). *Prospectiva y política pública para el cambio estructural en América Latina y el Caribe*. CEPAL
- Miller, R. (Ed.). (2018). *Transforming the future: Anticipation in the 21st century*. Routledge/UNESCO. <https://doi.org/10.4324/9781351048002>
- Minciú, M., Pavel, A., Lazar, P., & Popa, I. (2025). Adaptive strategies and sustainable investments: Employee resilience and adaptability in VUCA

business environments. *Technological and Economic Development of Economy*, 31(2), 298–315. <https://doi.org/10.3846/tede.2025.22058>

Minkowski, H. (1907). Das Relativitätsprinzip. *Annalen der Physik*, 47, 927–938

Missier, P., Belhajjame, K., & Cheney, J. (2013). The W3C PROV family of specifications for modelling provenance metadata. En *Proceedings of the 16th International Conference on Extending Database Technology (EDBT '13)* (pp. 773–776). ACM. <https://doi.org/10.1145/2452376.2452478>

Morales, I. M. (2022). Apuntes sobre ciberperiodismo y problemáticas conexas. *Vida Digital*, 273. Universidad Nacional Autónoma de México

Morin, E. (2008). *On complexity*. Hampton Press

Moscovici, S. (1976). *Influence sociale et changement social*. Academic Press. <https://doi.org/10.1002/ejsp.2420090410>

Moscovici, S. (1979). *El psicoanálisis, su imagen y su público*. Huemul

Moscovici, S., & Duveen, G. (2001). *Social representations: Explorations in social psychology*. New York University Press

Mula-Grau, J., & Cambronero-Saiz, B. (2022). Identificación de las fake news que se publican en la edición en papel de un diario provincial en la era de la desinformación digital de Trump y el inicio del COVID. *Vivat Academia. Revista de Comunicación*, 155. <https://doi.org/10.15178/va.2022.155.e1329>

Nahavandi, S. (2019). Industry 5.0—A human-centric solution. *Sustainability*, 11(16), 4371. <https://doi.org/10.3390/su11164371>

Neophytou, E., Manwell, L. A., & Eikelboom, R. (2021). Effects of excessive screen time on neurodevelopment, learning, memory, mental health, and neurodegeneration: A scoping review. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 19(3), 724–744. <https://doi.org/10.1007/s11469-019-00182-2>

Nicasio Varea, B., Pérez Gabaldón, M., & Chávez, M. (2023). Estrategias de comunicación divergentes: Entre el rigor y la manipulación. Análisis comparativo de la comunicación política de Estados Unidos y España frente a la etapa inicial de la crisis del COVID-19. *Revista Latina de Comunicación Social*, 81, 275–296. <https://doi.org/10.4185/RLCS-2023-1899>

Norton, J. D. (2015). *Einstein for everyone*. University of Pittsburgh. https://www.pitt.edu/~jdnorton/teaching/HPS_0410/chapters/spacetime/index.html

Nowacka, A., & Rzemieniak, M. (2022). Leadership competencies in VUCA world. *European Research Studies Journal*, 25(1), 288–302. <https://doi.org/10.35808/ersj/2800>

Nowacka, A., & Rzemieniak, M. (2022). The impact of the VUCA environment on the digital competences of managers in the power industry. *Energies*, 15(1), 185. <https://doi.org/10.3390/en15010185>

OECD. (2019). *OECD future of education and skills 2030: OECD learning compass 2030*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/39105d40-en>

OECD. (2021). *Strategic foresight for the COVID-19 crisis and beyond*. <https://www.oecd.org/governance/>

OECD. (2023). *Supporting decision making with strategic foresight*. <https://doi.org/10.1787/1d78c791-en>

Oks, S. J., Jalowski, M., Lechner, M., Mirschberger, S., Merklein, M., Vogel-Heuser, B., & Krewer, K. (2024). Cyber-physical systems in the context of Industry 4.0: A review, categorization and outlook. *Information Systems Frontiers*, 26, 1731–1772. <https://doi.org/10.1007/s10796-022-10252-x>

Orihuela, J. L. (2011). *Mundo Twitter: Una guía para comprender y dominar la plataforma que cambió la red*. Alienta Editorial.

Østergaard, E. H. (2018). *Welcome to Industry 4.0*. Universal Robots White Paper. https://www.universal-robots.com/media/1807464/ur_whitepaper_industry40_a4.pdf

Papacharissi, Z. (2010). *A networked self: Identity, community, and culture on social network sites*. Routledge.

Pasman, H. J. (2024). The evolution to Industry 5.0 / Safety 5.0: The developments in process safety management and process safety culture. *Process Safety and Environmental Protection*, 184, 1464–1475. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.02.032>

Patil, A., Shardeo, V., Dwivedi, A., Madaan, J., & Varma, N. (2022). An integrated approach to model the blockchain implementation barriers in humanitarian supply chain. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, 15(3), 460–493. <https://doi.org/10.1108/JGOSS-07-2021-0055>

Patrouilleau, M. M. (2020). *Introducción a la prospectiva: Conceptos, métodos y aplicaciones*. <https://www.pp-al.org/content/download/5045/38954/version/1/file/Patrouilleau,+MM,+Prospectiva.+Enfoques,+m%C3%A9todos+y+contribuciones+a+las+PP,+19.05.20.pdf>

Pedreschi, D., Giannotti, F., Guidotti, R., Monreale, A., Ruggieri, S., & Turini, F. (2019). Meaningful explanations of black box AI decision systems. *Proceedings of AAAI*, 33(1), 9780–9784. <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.3301978>

Pennycook, G., & Rand, D. G. (2021). The psychology of fake news. *Trends in Cognitive Sciences*, 25(5), 388–402. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2021.02.007>

Perrow, C. (1984). *Normal accidents: Living with high-risk technologies*. Basic Books.

Phaal, R., & Müller, G. (2009). An architectural framework for roadmapping: Towards visual strategy. *Technological Forecasting & Social Change*, 76(1), 39–49. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.03.018>

Phaal, R., Farrukh, C. J. P., & Probert, D. R. (2004). Technology roadmapping—A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting & Social Change*, 71(1–2), 5–26. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00072-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00072-6)

Plowman, D. A., Baker, L. T., Beck, T. E., Kulkarni, M., Solansky, S. T., & Travis, D. V. (2007). Radical change accidentally: The emergence and amplification of small change. *Academy of Management Journal*, 50(3), 515–543.

Pluchino, P., Rossato, C., Lucia, U., Fontana, F., Faccio, M., & Gamberini, L. (2023). Older adults in the loop: A need for extending the active assisted living approach to industrial environments. *Applied Ergonomics*, 111, 104047. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2023.104047>

- Popper, R. (2008). How are foresight methods selected? *Foresight*, 10(6), 62–89. <https://doi.org/10.1108/14636680810918586>
- Rahman, M. M., Ahmad, T., Khattak, S. B. A., Hafeez, G., Ali, S., Khan, I., & Tiwari, P. (2024). Cobotics: The evolving roles and prospects of next-generation collaborative robots in Industry 5.0. *Complexity*, 2024, 2918089. <https://doi.org/10.1155/2024/2918089>
- Rame, R., Maheshwari, P., Kant, R., & Joshi, K. (2024). Industry 5.0 and sustainability: An overview of emerging trends, challenges, and opportunities. *Sustainable Production and Consumption*, 40, 581–595. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.05.018>
- Real-time production scheduling in the Industry 4.0 context. (2020). *Computers & Operations Research*, 123, 105023. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2020.105023>
- Reckwitz, A. (2017). *Die Gesellschaft der Singularitäten: Zum Strukturwandel der Moderne*. Suhrkamp Verlag.
- Richardson, L. E. (2024). The experience of organizational leaders with decision-making and organizational performance in a volatile, uncertain, complex, and ambiguous business environment. *Walden University Dissertations and Doctoral Studies*, 16856. <https://doi.org/10.25148/etd.FIDC010965>
- Robinson, J. (1990). Futures under glass: A recipe for people who hate to predict. *Futures*, 22(8), 820–842. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(90\)90018-D](https://doi.org/10.1016/0016-3287(90)90018-D)
- Robinson, J. (2003). Future subjunctive: Backcasting as social learning. *Futures*, 35(8), 839–856. [https://doi.org/10.1016/S0016-3287\(03\)00039-9](https://doi.org/10.1016/S0016-3287(03)00039-9)
- Rohrbeck, R. (2010/2011). *Corporate foresight: Towards a maturity model for the future orientation of a firm*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-7908-2626-5>
- Rohrbeck, R., & Kum, M. E. (2018). Corporate foresight and its impact on firm performance: A longitudinal analysis. *Technological Forecasting & Social Change*, 129, 105–116. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.013>
- Rohrbeck, R., & Schwarz, J. O. (2013). The value contribution of strategic foresight: Insights from an empirical study of large European companies. *Technological Forecasting & Social Change*, 80(8), 1593–1606. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.01.004>
- Rosa, A. (2021). Participatory foresight methodologies for educational transformation.
- Rovira, G. (2017). *Activismo en red y multitudes conectadas: Comunicación y acción en la era de Internet*. Icaria Editorial.
- Rubio Hancock, J. (2017). De la red social a la burbuja social: Por qué todo el mundo te da la razón en Facebook. *El País*. https://verne.elpais.com/verne/2017/05/08/articulo/1494256354_211697.html
- Rubio-García, R. (2014). Twitter y la teoría de la agenda-setting: Mensajes de la opinión pública digital. *Estudios sobre el Mensaje Periodístico*, 20(1), 249–264. https://doi.org/10.5209/rev_esmp.2014.v20.n1.45230
- Rubio-Núñez, R. (2018). Los efectos de la posverdad en la democracia. *Revista de Derecho Político*, 1, 191–228. <https://doi.org/10.5944/rdp.103.2018.23201>

- Rudin, C. (2019). Stop explaining black box machine learning models for high-stakes decisions and use interpretable models instead. *Nature Machine Intelligence*, 1(5), 206–215. <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0048-x>
- Santiago-Guervós, J. (2020). La orientación ideológica en los medios de comunicación social y la eficacia persuasiva de la desinformación. *Discurso & Sociedad*, 14(1), 107–141.
- Sardar, Z. (2010). The namesake: Futures; futures studies; futurology; futuristic; foresight—What's in a name? *Futures*, 42(3), 177–184.
- Saritas, O., & Nugroho, Y. (2012). Mapping issues and envisaging futures: An evolutionary scenario approach. *Technological Forecasting & Social Change*, 79(3), 509–529. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.09.005>
- Scheffer, M. (2009). *Critical transitions in nature and society*. Princeton University Press.
- Schoemaker, P. J. H. (1995). Scenario planning: A tool for strategic thinking. *MIT Sloan Management Review*, 36(2), 25–40.
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. World Economic Forum.
- Schwaninger, M. (2012). Designing organizations for viability. *Kybernetes*, 41(9), 1245–1259.
- Shenkoya, T. (2022). Analysis of digital platforms' business models and their characteristics and application. *Journal of Electronic Technology Research*, 3(1), 1–15.
- Shneiderman, B. (2022). *Human-Centered AI*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780192845290.001.0001>
- Sindhwani, R., Afridi, S., Kumar, A., Banaitis, A., Luthra, S., & Singh, P. L. (2022). Can industry 5.0 revolutionize the wave of resilience and social value creation? A multi-criteria framework to analyze enablers. *Technology in Society*, 68, 101887. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101887>
- Sitorus, S. A. (2025). Phenomenological study of senior executive experiences in navigating strategic ambiguity in VUCA environments. *Journal of Business, Management, and Accounting*, 1(5), 234–248.
- Skulmowski, A., & Xu, K. M. (2022). Understanding cognitive load in digital and online learning: A new perspective on extraneous cognitive load. *Educational Psychology Review*, 34(1), 171–196. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09624-7>
- Sofianidis, A., Roussaki, I., Goudos, S., & García-Peñalvo, F. J. (2023). Explainability as the key ingredient for AI adoption in Industry 5.0: The XMANAI approach. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 6, 1264372. <https://doi.org/10.3389/frai.2023.1264372>
- Strauss, C., Harr, M. D., & Pieper, T. M. (2024). Analyzing digital communication: A comprehensive literature review. *Management Review Quarterly*. <https://doi.org/10.1007/s11301-024-00455-8>
- Sunstein, C. R., & Vermeule, A. (2009). Conspiracy theories: Causes and cures. *The Journal of Political Philosophy*, 17, 202–227. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9760.2008.00325.x>
- Taşkan, B., Akten, S., & Kule, I. (2022). Clarifying the conceptual map of VUCA: A systematic review. *International Journal of Organizational Analysis*, 30(7), 196–225. <https://doi.org/10.1108/IJOA-06-2021-2814>

Taylor, C. W. (1993). *Alternative world scenarios for a new order of nations*. Strategic Studies Institute, U.S. Army War College.

Thelwall, M., Haustein, S., Larivière, V., & Sugimoto, C. R. (2013). Do altmetrics work? Twitter and ten other social web services. *PLOS ONE*, 8(5), e64841. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064841>

Timoteo-Álvarez, J. (2005). *Gestión del poder diluido: La construcción de la sociedad mediática (1989–2004)*. Alhambra.

Timoteo-Álvarez, J. (2007). Neurocomunicación. Propuesta para una revisión de los fundamentos teóricos de la comunicación y sus aplicaciones industriales y sociales. *Mediaciones Sociales*, 1, 355–386.

Tóth, A., Hajrizi, E., Qorri, A., & Szabó, I. (2023). The human-centric Industry 5.0 collaboration architecture. *Methods X*, 10, 102103. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102103>

Tran, H. (2014). Online agenda setting: A new frontier for theory development. En T. Johnson (Ed.), *Agenda setting in a 2.0 world. New Agendas in Communication*. Routledge.

Treré, E. (2018). *Activismo mediático híbrido: Ecologías, imaginarios, algoritmos*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315438177>

Troise, C., Corvello, V., Ghobadian, A., & O'Regan, N. (2022). How can SMEs successfully navigate VUCA environment: The role of agility in the digital transformation era. *Technological Forecasting & Social Change*, 174, 121227. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121227>

Umbach, G. (2024). Futures in EU governance: Anticipatory governance, strategic foresight and EU Better Regulation. *European Law Journal*, 30(3), 409–421. <https://doi.org/10.1111/eulj.12519>

UN Futures Lab / Global Hub. (2023). *UN Strategic Foresight Guide*. Executive Office of the Secretary-General.

UNDP. (2018/2022). *Foresight Manual / Foresight Playbook (RBAP)*. United Nations Development Programme.

UNESCO International Commission on the Futures of Education. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*.

UNESCO. (2021). *Reimaginar juntos nuestros futuros: Un nuevo contrato social para la educación*. París: UNESCO.

UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. UNESCO Publishing.

UNESCO. (2023). *Futures literacy & foresight*. <https://www.unesco.org/en/futures-literacy>

UNESCO. (s. f.). *Futures Literacy & Foresight; About Futures Literacy*. París: UNESCO.

UNESCO; UNICEF; World Bank. (2021). *The State of the Global Education Crisis: A Path to Recovery*. París/Nueva York/Washington, DC.

University of Turku. (s. f.). *Master's Degree Programme in Futures Studies*.

Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2018). *Industry 4.0: Managing the digital transformation*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5>

- Valderrama, B. (2019). Transformación digital y organizaciones ágiles. *Arandu Utic*, 6(1), 15–50.
- Valderrama, E. (2019). Transformación digital y organizaciones ágiles. *Harvard Deusto Business Review*.
- Van Bavel, J. J., Baicker, K., Boggio, P. S., Capraro, V., Cichocka, A., Cikara, M., ... & Willer, R. (2020). Using social and behavioural science to support COVID-19 pandemic response. *Nature Human Behaviour*, 4(5), 460–471. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-0884-z>
- Van der Duin, P., & Ortt, R. (2020). The evolution of innovation management towards contextual innovation. *European Journal of Innovation Management*, 23(4), 745–760.
- van der Heijden, K. (2005/2008). *Scenarios: The art of strategic conversation* (2^a ed.). Wiley.
- van Dijck, J., Poell, T., & de Waal, M. (2018). *The Platform Society: Public Values in a Connective World*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780190889760.001.0001>
- Vargo, C. J., & Guo, L. (2017). Networks, big data, and intermedia agenda setting: An analysis of traditional, partisan, and emerging online U.S. news. *Journalism & Mass Communication Quarterly*, 94(4), 1031–1055.
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
- Voros, J. (2003). A generic foresight process framework. *Foresight*, 5(3), 10–21. <https://doi.org/10.1108/14636680310698379>
- Voros, J. (2017). Big history and anticipation: Using big history as a framework for global foresight. En R. Poli (Ed.), *Handbook of anticipation: Theoretical and applied aspects of the use of future in decision making* (pp. 1–40). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31737-3_95-1
- Voros, J. (2017). The futures cone, use and history. *The Voroscope*. <https://thevoroscope.com/2017/02/24/the-futures-cone-use-and-history/>
- VUB MOBILISE. (2023). *Participatory foresight*. <https://mobilise.research.vub.be/participatory-foresight>
- W3C. (2013). *PROV—A framework for provenance interchange*.
- Wack, P. (1985). Scenarios: Uncharted Waters Ahead / Shooting the Rapids. *Harvard Business Review*.
- Waltz, K. N. (1979). *Theory of international politics*. Addison-Wesley.
- Wang, Z. (2024). Road to human-centric smart city governance in Japan: Society 5.0. *Global Policy*, 15(3), 456–467. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.13434>
- Wardle, C., & Derakhshan, H. (2017). Information Disorder: Toward an Interdisciplinary Framework for Research and Policymaking. Council of Europe. <https://rm.coe.int/information-disorder-toward-an-interdisciplinary-framework-for-research/168076277c>
- Weick, K. E. (1995). *Sensemaking in organizations*. Sage Publications.
- Wenham, M. (1987). Singular problems in science and science education. *Journal of Philosophy of Education*, 21(1), 47–58.

- Wenham, M. (1987). Understanding educational problems: The role of singular problems in science and education. *Studies in Science Education*, 14(1), 61–72.
- Wheeler, J. A. (1986). Foreword. En J. D. Barrow & F. J. Tipler, *The anthropic cosmological principle* (pp. vii–xi). Oxford University Press.
- World Economic Forum. (2025). *Global Foresight Network*.
- World Futures Studies Federation (WFSF). (2023–2025). *Guide for Programme Accreditation; Futures Studies Education – Introduction*.
- Worley, C. G., & Jules, C. (2020). COVID-19's uncomfortable revelations about agile and sustainable organizations in a VUCA world. *The Journal of Applied Behavioral Science*, 56(3), 279–283. <https://doi.org/10.1177/0021886320936263>
- Wu, F., & Huberman, B. A. (2007). Novelty and collective attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(45), 17599–17601. <https://doi.org/10.1073/pnas.0704916104>
- Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530–535. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>
- Yawson, R. M., & Osafo-Yawson, E. A. (2024). Role of Strategic Flexibility Analysis in Organizational Adaptation to VUCA. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5215616>
- Young, A., & Atkin, D. (2022). An agenda-setting test of Google News world reporting on foreign nations. *Electronic News*, 17(2), 113–132. <https://doi.org/10.1177/19312431221106375>
- Zuboff, S. (2019). *The Age of Surveillance Capitalism: The fight for a human future at the new frontier of power*. PublicAffairs.
- Zunino, E., Kessler, G., & Vommaro, G. (2022). Consumo de información en redes sociales en tiempos de pandemia: Evidencias del caso argentino. *In Mediaciones De La Comunicación*, 17(1), 129–161. <https://doi.org/10.18861/ic.2022.17.1.3231>