

Artículo de revisión

Cómo citar: Tarango, J., González-Quiñones, F., & Machin-Mastromatteo, J. D. (2024). Ciencia de frontera en gestión universitaria en México: Un concepto emergente hacia la mejora. *Estrategia y Gestión Universitaria*, 12(2), e8581. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12728464>

Recibido: 21/05/2024

Aceptado: 10/07/2024

Publicado: 23/07/2024

Autor para correspondencia:

jtarango@uach.mx



Conflicto de intereses: los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses, que puedan haber influido en los resultados obtenidos o las interpretaciones propuestas.

Javier Tarango¹

Universidad Autónoma de Chihuahua
<https://orcid.org/0000-0002-0416-3400> 
jtarango@uach.mx
México

Fidel González-Quiñones²

Universidad Autónoma de Chihuahua
<https://orcid.org/0000-0002-8404-0098> 
fgonzalez@uach.mx
México

Juan D. Machin-Mastromatteo³

Universidad Autónoma de Chihuahua
<https://orcid.org/0000-0003-4884-0474> 
jmachin@uach.mx
México

Ciencia de frontera en gestión universitaria en México: Un concepto emergente hacia la mejora

Frontier science in university management in Mexico: An emerging concept towards improvement

Ciência de fronteira na gestão universitária no México: um conceito emergente para melhoria

Resumen

Introducción: las políticas nacionales en ciencia y tecnología en México, intentan precisar los conceptos característicos que la distinguen, especialmente en los aspectos que caracterizan la calidad. No obstante, tales posicionamientos son poco claros para identificar su verdadera intención. **Objetivo:** definir los principales aspectos sobre la contribución y valoración científica dentro del posicionamiento de las universidades a través de los procesos de gestión en ciencia de frontera. **Metodología:** se trata de una investigación de tipo documental que toma como referencia la indefinición de la ciencia de frontera como un requerimiento emergente de los sistemas de evaluación de la producción científica como medio de gestión universitaria. **Resultados:** la propuesta analiza un conjunto de antecedentes sobre el panorama científico de México y sus intentos de innovación, teniendo como referencia la propia definición gubernamental y el intento por identificar sus principales características y áreas de influencia. **Conclusión:** se analiza el papel de la ciencia de frontera como una limitante en el desarrollo científico, especialmente con énfasis en las humanidades y las ciencias sociales y su posicionamiento dentro de las regiones periféricas de la ciencia. Ofrece diversas predicciones hipotéticas para desarrollar procesos de gestión para el posicionamiento científicos de las universidades.

Palabras clave: ciencia de frontera, desarrollo científico, regiones periféricas de la ciencia, humanidades y ciencias sociales, gestión educativa

Abstract

Introduction: national policies in science and technology in Mexico intend to clarify their characteristic concepts, especially those regarding quality. However, such positions are unclear to identify their true intent. **Objective:** to define the main aspects on the contribution and scientific assessment within the positioning of universities through the management processes in frontier science.



Methodology: this paper takes as a reference the lack of definition of frontier science as an emerging requirement of systems of evaluation of scientific production as a means of university management. **Results:** the proposal analyzes a set of background on the scientific panorama in Mexico and its attempts at innovation, taking as reference the governmental definition itself and the attempt to identify its main characteristics and areas of influence. **Conclusion:** the role of frontier science as a constraint on scientific development is analyzed, especially with emphasis on humanities and social sciences and its positioning within the peripheral regions of science. It also offers several hypothetical predictions to develop management processes for the scientific positioning of universities.

Keywords: frontier science, scientific development, peripheral regions of science, humanities and social sciences, educational management

Resumo

Introdução: as políticas nacionais de ciência e tecnologia no México tentam especificar os conceitos característicos que o distinguem, especialmente nos aspectos que caracterizam a qualidade. No entanto, tais posições não são claras para identificar a sua verdadeira intenção. **Objetivo:** definir os principais aspectos da contribuição e avaliação científica no posicionamento das universidades através de processos de gestão em ciência de fronteira. **Metodologia:** trata-se de uma investigação do tipo documental que toma como referência a indefinição da ciência de fronteira como exigência emergente dos sistemas de avaliação da produção científica como meio de gestão universitária. **Resultados:** a proposta analisa um conjunto de informações básicas sobre o panorama científico do México e suas tentativas de inovação, tomando como referência a definição do próprio governo e a tentativa de identificar suas principais características e áreas de influência. **Conclusão:** analisa-se o papel da ciência de fronteira como limitação do desenvolvimento científico, especialmente com ênfase nas ciências humanas e sociais e seu posicionamento nas regiões periféricas da ciência. Oferece diversas previsões hipotéticas para desenvolver processos de gestão para o posicionamento científico das universidades.

Palavras-chave: ciência de fronteira, desenvolvimento científico, regiões periféricas da ciência, ciências humanas e sociais, gestão educacional



Introducción

Parte del debate académico nacional sobre la investigación generada en diversos entornos (geográficos, disciplinares o institucionales), entra en cuestionamiento cuando se generan clasificaciones que determinan la calidad de la misma, así como, cuando se asignan condiciones de ciencia periférica o secundaria y ciencia central o principal, ambas tipologías explicadas posteriormente desde la visión de diversos autores. Pareciera que, en el contexto nacional, una de las preocupaciones investigativas se desarrolla en torno a las condiciones de Instituciones de Educación Superior (IES), y entidades de investigación dependiendo del núcleo geográfico nacional donde se ubiquen, definiéndose con ello, las primeras fronteras de la ciencia, donde las actividades investigativas, prácticamente se concentran en espacios de las macro universidades y otras universidades, ambas en regiones centrales de la ciencia en el país.

El planteamiento anterior, da pie a considerar a la investigación científica que se desarrolla en las IES y entidades de investigación que no pertenecen al centro geográfico de México, que se enfrentan dificultades para insertarse en el debate y reconocimiento nacional. Esta definición, que es sólo el inicio de la búsqueda de una conceptualización sobre el tema, a propicia la identificación de diversas condiciones de la comunicación científica según su nivel de competitividad, y genera la preocupación de implementar estrategias de posicionamiento dentro del debate académico nacional, a través del acercamiento a comunidades epistémicas que tienen mayor liderazgo en las formas de reconocimiento de la ciencia, generando un nuevo concepto de organización científica según sus propias limitaciones y avances.

Esta propuesta va más allá de definir y cuestionar a la ciencia de frontera y sus múltiples acepciones que generan imprecisión (usándose indistintamente: frontera del conocimiento, frontera de la ciencia, frontera cognitiva, conocimiento de vanguardia o investigación de frontera), pretende valorar el desarrollo que observa la investigación mediante el establecimiento de criterios cualitativos y cuantitativos; favorecer el desarrollo de investigaciones de calidad, a través de la habilitación en aspectos teórico-metodológicos, con miras a igualarse a entornos vinculados a la definición de una ciencia de frontera según condiciones propias y externas; y propiciar la inserción de resultados en el debate académico nacional de investigación, generada en contextos diversos a través de su vinculación con comunidades epistémicas generadoras de ciencia de frontera.

Antecedentes del panorama científico en México: A la defensa de las humanidades y las ciencias sociales

La dinámica de la ciencia se manifiesta a través de la comunicación de la misma bajo dos condiciones: La primera, aquella considerada como ciencia de corriente principal (ciencia central o mainstream), la cual regularmente es comunicada a través de diversas fuentes científicas de alta calidad, y cuyos contenidos se apegan a procesos rigurosos de investigación y evaluación (arbitraje e indización), y comprende ámbitos de estudio amplios, siendo su aplicación en contextos de alta visibilidad (Aguado-López et al., 2014); y la segunda, conocida como ciencia periférica o secundaria, cuyo contenido, aunque ofrece resultados científicos válidos, estudia contextos reducidos en donde su visibilidad y

aplicabilidad observa condiciones similares, regularmente su arbitraje es limitado (Calderón García, 2015; Tóth et al., 2024).

Tanto los investigadores como las instituciones, las regiones y las disciplinas científicas generan conocimiento a través de procesos de investigación, cuyos hallazgos sólo se vuelven evaluables a partir de su publicación en medios reconocidos por la ciencia según su valor, lo cual convierte a las entidades científicas (sean personas o comunidades) en ámbitos de ciencia de corriente principal o ámbitos de ciencia periférica o secundaria (Vega, 2012). Por tanto, las dimensiones de la ciencia publicada son dos: Por la calidad de los contenidos comunicados, y por la región en la que se genera (Lozano y Sánchez-Mora, 2008).

La ciencia de corriente principal (basada en productos) y los escenarios vinculados a la generación de la misma (ambientes geográficos en los que se concentran la ciencia de alta calidad, constituidas por personas, grupos, instituciones y regiones que se desempeñan en ese contexto) son ampliamente interdependientes, siendo que la condición de los escenarios depende de la naturaleza de la ciencia de corriente principal generada. Los escenarios de ciencia de corriente principal, están vinculados a condiciones favorables de productividad científica, compuestos por recursos humanos altamente calificados, integrados a comunidades epistémicas de alto reconocimiento, ambientes de cultura científica sólida, acceso a recursos de información valiosos y en general, ofrecen condiciones reglamentarias que propician la generación de ciencia de corriente principal acorde a sus mismos estándares de calidad, por consiguiente, se convierten en referentes y autoridades de posicionamiento en contextos nacionales e internacionales.

En todo este análisis, debe considerarse que existen disciplinas científicas más propensas a contribuir a la ciencia de corriente principal, especialmente las exactas o ciencias duras (química, bioquímica, medicina, etc.), caracterizadas por ofrecer resultados de interpretación concreta relacionada con situaciones y soluciones prácticas (bajo el interés de sectores empresariales e industriales), las cuales incluso muestran oposición a participar en ámbitos de generación de conocimiento de ciencia secundaria y más aún, en relación con procesos de divulgación científica (OEI, 2012). En cambio, las humanidades y ciencias sociales, enfrentan la problemática de demostrar la aplicación práctica de sus fundamentos en sectores propios o de otros contextos sociales (Armendáriz Núñez, 2021), lo cual, le resta rentabilidad ante la perspectiva de las instancias financiadoras de la ciencia.

En el caso específico de las humanidades (incluyendo las ciencias sociales), existe una defensa constante hacia el convencionalismo de que en general son disciplinas no utilitarias, que por consiguiente sólo aportan producción basada en la subjetividad, lo cual no representa una justificación para que sea frecuente su presencia científica en diversas regiones geográficas de un país a partir de la generación de núcleos de concentración científica (Ortiz-Ocaña y Llanes-Montes, 2018). Esta problemática propicia de por sí un escaso desarrollo de las bases científico-tecnológicas endógenas, la asociación de la disciplina con contenidos “blandos” de heterogénea calidad, orientadas sólo a la integración de funciones de adhesión cultural de masas (Nugrahanti, 2023; Uyanga et al., 2023).

Relativo al estudio de los contextos periféricos de la ciencia, que regularmente generan ciencia periférica o ciencia de corriente principal de forma

aislada, especialmente en países de América Latina y en particular de México, estas condiciones han sido estudiadas desde perspectivas meramente cuantitativas, habiendo una amplia necesidad de incluir otros aspectos vinculados, no sólo en relación a la cantidad (basada en el registro de tipo y cantidad de productos), sino con la calidad (expresada en aportación e influencia científica de contenidos, caracterización de la innovación y creatividad, y definición de estándares de calidad y determinar su nivel de competitividad científica en relación con entornos vinculados a la ciencia de corriente principal) y más allá de eso, para comprender el papel de la investigación científica, la verdadera capacidad de investigadores locales de relacionarse con comunidades científicas y redes epistémicas de ámbitos nacionales e internacionales de alta importancia, pero sobre todo, la carencia de estrategias para solucionar problemas concretos relacionados con el crecimiento científico de las regiones.

En el caso particular de México, el distanciamiento científico entre escenarios del centro y la periferia, ha sido siempre amplio y prácticamente carente de una relación que propicie la mejora. Se demanda entonces, desarrollar análisis internos sobre las formas de comportamiento de la investigación local y de la dinámica de sus grupos. Debe considerarse, además, que la parte geográfica central no guarda interés en desarrollar a los entornos periféricos y que incluso, existen en ocasiones indicios de mejores relaciones de investigadores e instituciones en regiones periféricas, con ámbitos de ciencia de corriente principal de carácter internacional. El nivel de interacción científica de la parte central sobre la periférica sucede como una relación subordinada, por tanto, existe falta de credibilidad en sus acciones y contenidos, restricción en los márgenes de negociación, mala división en el trabajo y diferencias sustanciales en la distribución de los recursos financieros (Kreimer, 2006).

El desarrollo científico de las regiones geográficas y de las disciplinas científicas, cuando existen condiciones de distribución periférica y central, mantendrá patrones de comportamiento carente de dinamismo y una falta de desarrollo de las capacidades científico-tecnológicas, de aquellos que están en desventaja y suponen la posibilidad de expansión de tales capacidades, así como, la falta de adaptación a nuevos conocimientos en las personas e instituciones y la constante relación de dependencia.

En México, las disciplinas que componen al rubro de las humanidades y ciencias de la conducta, se infieren que, tanto como región y como disciplina científica, la presencia de elementos periféricos son evidentes, por tanto, la dependencia de regiones centrales desarrolladas supone la continuación de una serie de condiciones, tales como:

a) Existe una participación de desigualdad en relación con regiones centrales en aspectos de desarrollo científico y su reconocimiento (Sánchez Daza, 2009), así como en la distribución de: Recursos financieros, instrumentales y técnicos para la investigación, desigualdad en oportunidades para la comunicación y divulgación de la ciencia, y aceptan restringir sus procesos de generación de conocimiento según las necesidades de las regiones centrales (Sánchez Almanza, 2006; Tünnermann Bernheim, 2006).

b) Cuentan con una baja participación en el proceso de creación científica y

acceso costoso a los resultados de estas creaciones (Vidales Carmona, 2009).

Metodología

Al tratarse de una investigación documental, esta surgió de inicio ante la identificación de una imprecisión conceptual que proponen las autoridades mexicanas rectoras de la ciencia respecto a la valoración de la llamada ciencia de frontera. Por tanto, se desarrolló un análisis documental de las principales fuentes que tratan este tema (especialmente aquellas publicados a partir del 2019 con la incorporación del concepto de ciencia de frontera en las reglamentaciones vinculadas a la evaluación de la ciencia y las visiones identificadas al respecto en los últimos 20 años), tocando los siguientes ámbitos: (1) instituciones gubernamentales vinculadas a la ciencia; (2) organismos internacionales; y (3) fuentes de información vigentes localizadas y recuperadas en distintas bases de datos académicas y medios electrónicos.

Al tratarse de una investigación documental sobre temas emergentes, las razones por las que se eligió esta metodología investigativa se justifica en lo siguiente: (1) se demanda un proceso necesario de teorización del tema de estudio, a través de lo cual se logre definir su caracterización y de ahí las bases que lo distinguen, tratando de derivar una idea clara o incluso distinta a lo que puede asociarse; (2) es posible desarrollar un análisis sistemático del tema, convirtiéndose en la primera aproximación teórica, por tanto, los resultados demuestran el desarrollo de una investigación tipo explicativa; (3) es la manera más adecuada de desarrollar un análisis de información de manera retrospectiva y no prospectiva como sucedería en otras metodologías; (4) permite la recopilación de documentos, mismos que en su conjunto ofrecen una derivación de un nuevo objeto de estudio; y (5) es un medio efectivo de construir conocimiento y al mismo tiempo, ante su publicación, permite democratizarlo para generar la posibilidad de nuevas investigaciones.

Debe tenerse en cuenta que la autoría de este artículo proviene de personas y líneas de investigación vinculadas a los estudios de la información, por tanto, una de sus fortalezas en la parte instrumental es la investigación documental, misma que en sus orígenes se genera como una forma de trabajo proveniente de las bibliotecas y que de forma más reciente, ha evolucionado a la consulta de fuentes de información documental en diversos formatos, siendo estos, físicos y especialmente electrónicos. La experiencia de investigación documental, permitió, además, la identificación de un tema emergente que pareciera ser propio de las iniciativas de la política científica mexicana, el cual, no necesariamente está plasmado en la de otros países latinoamericanos, e incluso, puede existir una traducción literal (Frontiers Science), no obstante, se carece de publicaciones suficientes en el lenguaje vehicular de la ciencia (idioma inglés) con esa acepción por no ser un tema de interés, ya que infiere que se considera que todo desarrollo científico, por antonomasia, debe ser ciencia de frontera, incluso utilizando con mayor frecuencia, otros términos tales como: Endless Frontier, Cutting-Edge Technologies y Research Frontiers (el más utilizado), todos relacionados con investigaciones provenientes de las ciencias aplicadas.

Resultados y discusión

Independientemente de las múltiples formas de expresión respecto a la ciencia de frontera, resulta justo iniciar por una definición general o simple de la misma, la cual podría referirse a las investigaciones que se desarrollan en la frontera del conocimiento en un área o ámbito específico (Rey, 2011). El mismo autor, considera a esta definición como claramente imprecisa, ya que en su propio concepto involucra otro más (frontera del conocimiento), mismo que pudiera ser un concepto previo y que sin embargo se usa sin ninguna discriminación o diferenciación.

La indefinición en el concepto de ciencia de frontera, genera cierta polémica desde la perspectiva de que toda investigación y aportación al conocimiento ofrecen novedad e innovación implícita, por tanto, siempre será ciencia de frontera ya que trata de dar a conocer algo que era desconocido, aun cuando la aportación sea minúscula. Las contribuciones a la ciencia pueden caracterizarse por los siguientes aspectos: controversias, metodologías nuevas o atípicas, conocimientos distintos al paradigma dominante o cuestiones de incertidumbre.

La búsqueda de nuevos hallazgos puede tener diversos propósitos y no siempre se logran todos, no obstante, no deja de transformar al conocimiento mismo, variando la medición de su aparente impacto, dependiendo de la disciplina científica de que se trate, siendo en ocasión mayormente tangible en las ciencias exactas, contra la variabilidad de criterios que suelen presentarse en las humanidades y las ciencias sociales. El problema a considerar en mayor o menor grado, es la condición significativa de un avance en las aportaciones al conocimiento, ya que es difícil de estimar, lo interesante sería la simple aceptación de nuevos enfoques y maneras de pensar, o bien, que las aportaciones se conviertan en el ideal de ser aceptadas por la ciencia central o principal.

Tendencias científico-tecnológicas de formación y campos de acción profesional

La formación profesional y los campos del ejercicio laboral en aspectos científico-tecnológicos de la innovación educativa a nivel de posgrado, representa la forma como se ha globalizado la educación, y cobra amplia importancia en el entendimiento de esta clase de fenómenos relacionados con el desarrollo de capital humano y social (Chyhrina et al., 2024). Para Gazzola y Didriksson (2008) y Delgado (2023), se consideran diversas transformaciones en la estructura y organización de la educación superior, entre las más significativas se encuentran:

- a) Crecimiento de la heterogeneidad de las poblaciones estudiantiles en posgrado.
- b) Surgimiento de macro universidades e instituciones de formación técnica.
- c) La divulgación y comunicación del conocimiento a través del incremento en la investigación científica, así como la fuerte influencia que la ciencia y la tecnología ejercerán sobre la educación superior.
- d) El impacto de las tecnologías.

e) Mercantilización de la educación superior.

f) El desarrollo de nuevas carreras y áreas del conocimiento con base a la interdisciplina y transdisciplina.

g) La educación superior asociada a criterios tales como la pertinencia, relevancia, inclusión y equidad.

h) La necesidad de innovación institucional para el logro de una mejor gobernabilidad.

El establecimiento de políticas, los procesos de investigación y el desarrollo científico en materia educacional (así como en otras temáticas), presupone para el año 2030, un incremento significativo en la población estudiantil, lo que provocará el crecimiento de los sistemas educativos de nivel superior, y la complejidad en la contratación de egresados será más complicada (OCDE, 2008). Por tanto, se proponen las siguientes estrategias:

a) Las profesiones académicas deberán ser más internacionales, orientadas a lo móvil, pero seguirán estructuradas de acuerdo con las circunstancias nacionales.

b) Las actividades de las profesiones serán más diversificadas y especializadas, sujetas a contratos de trabajo variados.

c) La profesión se moverá poco a poco, de la concepción tradicional de una comunidad autorregulada de profesionales, hacia un modelo de consenso para ser base de principios frescos.

La globalización prevé cambios relacionados con la dinámica de la educación superior, cuyas tendencias emergentes serán las siguientes (OCDE, 2009): (1) la enseñanza superior transfronteriza que implica la movilidad de estudiantes, profesores e instituciones; (2) la investigación académica será cada vez más internacional y continuará siendo afectada por las fuerzas colaborativas y competitivas; y (3) los países desarrollados serán quienes definan las políticas en ciencia y tecnología sobre el resto de los países. El reconocimiento de la necesidad de una visión equilibrada y completa de la educación, como un sistema integral que incluye no sólo la contribución del capital humano de la educación terciaria, sino también su dimensión humanista, crítica y creación de capital social y su papel como un bien importante, público y global (World Bank, 2013).

Las tendencias científico-tecnológicas actuales, tanto en la formación profesional como en los campos de acción laboral de los posgrados de calidad con enfoque a la investigación, muestran su punto culminante en la comunicación de la ciencia (Uyanga et al., 2023). La dinámica de la ciencia se manifiesta a través de la comunicación de la misma bajo dos condiciones: La primera, aquella considerada como ciencia de corriente principal, la cual regularmente es comunicada a través de diversas fuentes científicas de alta calidad, y cuyos contenidos se apegan a procesos rigurosos de investigación y evaluación (arbitraje e indización), y comprende ámbitos de estudio amplios, siendo su aplicación en contextos de alta visibilidad (Aguado-López, et al., 2014; OEI, 2018); y la segunda, conocida como ciencia periférica o secundaria, cuyo contenido, aunque ofrece resultados científicos válidos, estudia contextos reducidos en donde su visibilidad y aplicabilidad observan condiciones similares y regularmente su arbitraje es limitado (Calderón García, 2015; Tóth et

al., 2024).

Tanto los investigadores como las instituciones, las regiones y las disciplinas científicas, generan conocimiento a través de procesos de investigación, cuyos hallazgos sólo se vuelven evaluables a partir de su publicación en cualquier medio, lo cual convierte a las entidades antes mencionadas, igualmente en ámbitos de ciencia de corriente principal o ámbitos de ciencia periférica o secundaria (Vega, 2012). Por tanto, las dimensiones de la ciencia publicada son dos: Por la calidad de los contenidos comunicados y por la región en la que se genera la ciencia (Lozano y Sánchez-Mora, 2008).

La ciencia de corriente principal (basada en productos) y los escenarios vinculados a la generación de ciencia de corriente principal (regiones que generan ciencia de alta calidad, constituidas por personas, grupos, instituciones y regiones que se desempeñan en ese contexto), son ampliamente interdependientes, el primero es consecuencia del segundo. Los escenarios de ciencia de corriente principal están vinculados a condiciones favorables de productividad científica, compuestos por recursos humanos altamente calificados integrados a comunidades epistémicas de alto reconocimiento, ambientes de cultura científica sólida, acceso a recursos de información valiosos y en general, ofrecen condiciones reglamentarias, que propician la generación de ciencia de corriente principal acorde a sus mismos estándares de calidad, y por consiguiente, convirtiéndose en referentes y autoridades de posicionamiento en contextos nacionales e internacionales.

El término de ciencia de frontera o conocimiento de frontera, aunque de uso reciente, tiene su propia historia y puede dividirse en tres momentos fundamentales, previo a la consideración actual de las instancias responsables de la ciencia en México, estas son:

- a) La visión de Augusto Comte sobre la marcha progresista del espíritu humano y el reconocimiento a los actos de su propia historia (Primero Rivas, 2018)
- b) El informe de Vannevar Bush en 1945, donde le solicitaba al presidente de Estados Unidos la necesidad de continuar apoyando la investigación científica (Primero Rivas, 2018), con lo cual se permitiría el acceso al conocimiento existente para facilitar el progreso científico y permitir el desarrollo de nuevas tecnologías (Iaria et al., 2018a; Iaria et al., 2018b; Bush, 2020).
- c) La visión de Thomas Samuel Kuhn respecto a la concepción de la ciencia normal a la ciencia nueva que se sitúan en el límite de un cambio y del surgimiento de nuevos paradigmas (Rey, 2011).

La construcción de las características de la ciencia de frontera, se basan en la vinculación permanente de saberes y conocimientos a partir de otras disciplinas y ciencias, en donde se busca problematizar y generar modelos teóricos para poder visualizar sutilezas, relaciones no-lineales y cualidades del aprender humano (Espinoza Vásquez, 2019; (Martínez-López y Puebla Sánchez, 2021). De acuerdo con Amaya Molinar et al. (2015) y Pineda-Ospina (2019), existe una fuerte asociación de la ciencia de frontera con el término de innovación y sus diversas acepciones (gestión de la innovación, gestión del conocimiento, innovación de modelos y procesos de innovación, principalmente).

La ciencia de frontera es definida como, las interacciones entre ciencia, tecnología, sociedad e innovación en el mundo contemporáneo con la delimitación de fronteras. Es la demarcación del conocimiento científico y las comunidades disciplinarias, donde se entiende la frontera en el origen y el desarrollo de la modernidad final al momento del análisis, tanto de la ciencia y la tecnología, como de las artes plásticas, la literatura, el cine, los media y la gastronomía (López Cerezo, 2012). Además, la paradoja de las ciencias de frontera (incluyendo los avances más recientes en medicina, biología y neurolingüística) es su retorno a fuentes del pensamiento tradicional (Ortega y Quiñones, 2018) y, por tanto, en las fronteras del conocimiento sobre las innovaciones científicas y tecnológicas, situación que se proyecta en el desarrollo económico y en el progreso industrial de cada país en particular (Cacho Carranza, 2021).

Al considerar a la fronterización científica como un medio de innovación, se suele asociar con la extensión de regiones geográficas, con el estudio de períodos y con espacios disciplinares específicos (Sanchidrián Blanco et al., 1999), siendo esta visión aquella relacionada al espacio físico como frontera de la ciencia, en lo cual se destaca la filosofía, considerando aquellas que distinguen las diferencias de desarrollo entre norte y sur (Primero Rivas, 2018); pero también la ciencia puede tener una frontera psicológica, cuando se tiene una creencia que no necesariamente va con la realidad (Anguita, 1995).

La ciencia de frontera exige innovación, por tanto, debe considerar el trabajo a través de redes académicas, las cuales pueden ser internas a las propias instituciones, con otras instituciones, tanto locales como internacionales (De las Heras-Pedrosa et al., 2018), siendo esta clase de patrones los que evitan caer en la fragmentación de regiones, siempre y cuando todas las entidades participen de forma igualitaria (Ibáñez, 2018).

En el caso de los investigadores mexicanos y su relación con la ciencia de frontera, se cuestiona si esta clase de actividades tienen vínculo con el emprendimiento social y comercial; algunos consideran que la investigación tiene un propósito social y otros afirman que tiene un fin comercial, otros más consideran que la parte social está incluida dentro de la parte comercial, ya que toda acción investigativa debería ser hecha sin ningún propósito lucrativo (Zerón Félix et al., 2021). Además, surge la duda de cuando se logra un proceso formativo en ciencia de frontera, González-Billault et al. (2011) consideran que debe ser desde la infancia (especialmente desde los siete años) y lo demuestran con una experiencia a través de la iniciativa nombrada 'Programa de Fronteras de la Ciencia' de la Academia Chilena de Ciencias y del Instituto de Chile.

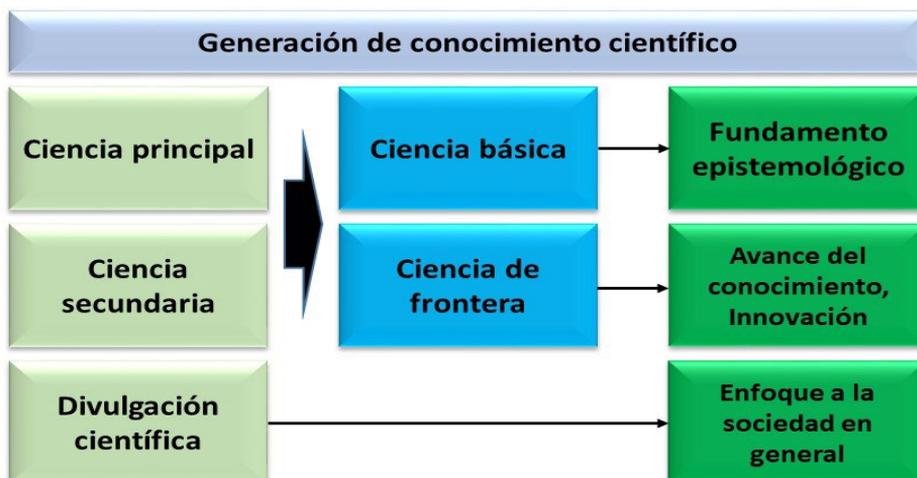
Resulta poco objetivo determinar qué producción científica es ciencia de frontera y cual no lo es. Aunque en ocasiones se propone definirla de forma cualitativa, sin embargo, se vuelve necesario recurrir a medios cuantitativos y generar métodos mixtos. Ejemplo de ello, son las propuestas de Gorbea Portal (2011) en relación al desarrollo de estudios sobre regularidades de la comunicación científica por temática y región, además, por las relaciones interdisciplinarias en las aportaciones al conocimiento; o la visión de Celeste et al. (2021) quienes consideran a la medición de la ciencia de frontera a través de procedimientos cuantitativos sobre aspectos cuantitativos de la ciencia y de la producción científica.

El concepto y definición de ciencia de frontera, es una tendencia emergente sobre la necesidad de un desarrollo epistemológico, el cual no ha sucedido, pero que supone una necesidad ante el surgimiento de nuevos retos, el replanteamiento de problemas antiguos y nuevas propuestas de solución y exploración del conocimiento (Padrón, 2007). Las paradojas de la ciencia de frontera, van desde considerar que el mundo científico suele considerarse un mundo aparte de la realidad y pertenece a las élites (Humanen y Nykyri, 2024), hasta la necesidad de crear ciencia ciudadana como fundamental en los procesos de la ciencia de frontera, en tres sentidos que involucra a las masas: (1) incremento de la representación del conocimiento en regiones específicas; (2) desarrollo de proyectos para estimar la abundancia de objetos de estudio; y (3) capitalizar la recolección de datos secundarios (Callaghan et al., 2020; Capogna, 2023).

La ciencia de frontera reconoce, de forma tradicional y sin aparentes propósitos de cambio, la importancia de la revista científica como uno de los mecanismos más efectivos para comunicar contenidos y conocimiento (López-Borrull, 2017) y, por otra parte, defiende estar basada en la innovación tecnológica, por ejemplo, en ramas como la biotecnología, la nanotecnología o la medicina, incluso considerando a la robotización como un elemento de frontera del conocimiento, aunque se tenga conciencia de que esta clase de avances destruye la posibilidad del empleo para muchas personas (Tezanos Tortajada, 2006). “Las investigaciones de frontera tienen la capacidad de aportar resultados que suponen un avance muy significativo en el conocimiento. Son generadoras de nuevos paradigmas que abren la puerta a enfoques, formas de pensar o planteamientos más actuales...” (Rey, 2011, parr. 3). Para representar de forma clara el ecosistema de la generación del conocimiento científico, este se representa en la Figura 1 y comprende su inserción y posicionamiento de los ámbitos que comprenden la producción científica actual.

Figura 1

Ecosistema de generación de conocimiento y contextualización de la ciencia de frontera



Fuente: Elaboración propia.

Visión gubernamental actual sobre ciencia de frontera: Hacia una política pública

En el caso particular de México, la instancia gubernamental que rige los procesos del desarrollo científico, es el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), institución de la que resulta pertinente aclarar que el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) cambio su nombre en 2022 a Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), no obstante, los documentos consultados por su fecha de edición, aparecen con la razón social inicial. De forma reciente, se ha ido sustituyendo paulatinamente el nombre institucional, pero no en todos los casos. A partir de 2019, este organismo definió dos enfoques en relación con diversos elementos de la producción científica (principalmente en cuanto a: Perspectivas de los contenidos publicados por los investigadores, tipo de investigación que desarrollan diversas entidades y aspectos formativos en posgrados de alta calidad), cuya clasificación principal corresponde a dos categorías: Ciencia básica y ciencia de frontera.

El CONACYT (2021), ahora CONAHCYT, define a la investigación básica, como aquel quehacer de todas las áreas del conocimiento, que contribuye al avance teórico, sin que se tenga la necesaria intención de buscar que sea aplicado en la práctica, independientemente, que con posterioridad se busquen mecanismos que complementen la teoría y se pueda llegar a la práctica. Para complementar a lo anterior, apoyando a las comunidades científicas, se genera el concepto de investigación de frontera, caracterizada por utilizar metodologías, conceptos atípicos y novedosos, especialmente a través de procesos de experimentación. Ambos tipos de investigación quedan a libre albedrío en su uso por parte de los investigadores.

Debe reconocerse que el CONAHCYT pone de manifiesto, la importancia en el impulso a la ciencia de frontera, particularmente porque considera que es un mecanismo fundamental para fortalecer la independencia tecnológica y la soberanía del país en generación de conocimiento, entendimiento de problemas o conceptos científicos existentes en cualquier campo de la ciencia, tanto a comunidades científicas consolidadas, en formación y a investigadores en lo individual. El apoyo a proyectos de investigación en ciencia de frontera marca como objetivos a lograr (CONAHCYT, 2020): (1) generación de nuevo conocimiento; (2) fomentar la investigación en cuestiones de difícil respuesta y utilizar metodologías novedosas, especialmente atípicas; (3) generar comunidades epistémicas y promover el emprendimiento en nuevos investigadores; y (4) aplicar metodologías no convencionales.

La ciencia de frontera, desde la perspectiva gubernamental, defiende el enfoque analítico-experimental (Wietsma et al., 2017) como un medio que ha propiciado la generación de grandes bases de datos y promueve su uso, así como, que los propios investigadores sigan generando conocimiento en modalidad de acceso abierto (CONAHCYT, 2020). Las propuestas manifestadas sobre la promoción de la ciencia de frontera, han sido fuertemente promovidas por diversas instituciones,

tales como: El Instituto de Investigaciones Dr. José Manuel Luis Mora (2019), la Universidad Veracruzana (2019), la Universidad de Guadalajara (2021) y la Universidad de Colima (2021), quienes han incentivado a sus investigadores a participar en ello, situación que se ha permeado de forma más reciente en el resto de universidades mexicanas.

Conclusiones

El interés en el estudio de la ciencia de frontera, va más allá del mero análisis de datos cuantitativos de las condiciones regionales y nacionales de producción científica, proponiendo estudiar aspectos particulares provenientes de la condición de investigación y comunicación científica en todas las áreas del conocimiento. La definición de ciencia de frontera se basa en dimensionar los avances en los conocimientos disciplinares y en las circunstancias científicas regionales (donde se observan condiciones de entidades generadoras de conocimiento científico de corriente principal), con lo cual, se plantea la importancia de considerar la generación de investigaciones formales y detalladas, que posibiliten identificar las condiciones en la comunicación científica, tanto de ciencia principal o central y secundaria o periférica, así como, por disciplina científica y por regiones geográficas.

Al proponerse el desarrollo de investigaciones cualitativas en relación con la ciencia de frontera en México, se plantean las siguientes predicciones hipotéticas:

a) De acuerdo a las condiciones de investigación y comunicación científica que experimenta México, demuestra su condición de región periférica en competitividad científica mundial, experimentando un desbalance con los niveles de generación de ciencia central o de corriente principal.

b) La investigación y comunicación científica desarrollada en México por investigadores de las humanidades y ciencias sociales en comparación con las ciencias exactas, ofrece niveles de baja influencia en el contexto nacional e internacional, ya que carece de condiciones suficientes de producción científica sistemática en cuanto a: Tipo, cantidad, aportación e influencia científica de contenidos, caracterización de la innovación y creatividad, y definición de estándares de calidad.

c) Dentro de la dimensión del país, las diferencias observadas entre los niveles de investigación y comunicación científica entre las regiones periféricas y la región central, muestran diferencias sustanciales, desfavoreciendo a la primera por contar con niveles insuficientes en formación de recursos humanos vinculados con la investigación científica.

d) La indefinición de parámetros de trabajo científico en investigadores mexicanos, propicia diversas condiciones, en especial con la ciencia secundaria o periférica tales como: Manifestación de rasgos de subdesarrollo cognitivo, niveles de hiperproducción e hipoproductión científica y manifestación de barreras en la comunicación científica (lingüísticas, comunicativas, tecnológicas e informativas).

e) Las condiciones de actividad científica individual de los investigadores, las instituciones de educación superior y centros de investigación vinculadas a las

humanidades y ciencias sociales, demandan cambios estructurales y académicos, que propicien un nuevo concepto de organización científica y una nueva forma institucional de trabajo, en relación con la pretensión de lograr producir ciencia de corriente principal o central.

f) La reordenación de la investigación y comunicación científica, desde la perspectiva individual, grupal, institucional y disciplinar, generará condiciones para buscar relaciones formales con comunidades epistémicas, con liderazgo en ciencia de corriente central o principal e influir en el posicionamiento de la ciencia regional en el panorama nacional e internacional.

Referencias

- Aguado-López, E., Becerril-García, A., Leal Arriola, M. y Martínez-Domínguez, N. D. (2014). Iberoamérica en la ciencia de corriente principal (Thomson Reuters / Scopus): Una región fragmentada. *Interciencia*, 39(8), 570-579. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33931820006.pdf>
- Amaya Molinar, C. M., Zizaldrá Hernández, I. y Mundo Velásquez, R. (2015). Examen del fenómeno del turismo contemporáneo y la competitividad en la frontera del conocimiento. *El Periplo Sustentable*, (28), 81-114. <https://www.redalyc.org/pdf/1934/193435584004.pdf>
- Anguita, F. (1995). Las ciencias del espacio en la víspera de 2001: Didáctica de una frontera científica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 3(2), 66-72. <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/21ff298c-9fd2-4ff9-8dbb-cde7d91401e4/content>
- Bush, V. (2020). *Science, the Endless Frontier*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9780691201658-002>
- Cacho Carranza, Y. (2021). *Investigación de frontera*. CIENCIAMX <http://www.cienciamx.com/index.php/vocabulario/10888-investigacion-de-frontera>
- Calderón García, R. (2015). La percepción de la ciencia, tecnología e innovación en estudiantes de nivel medio y medio superior de la zona metropolitana de Guadalajara, México. *RIDE. Revista Iberoamericana de la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 6(11). <https://www.redalyc.org/pdf/4981/498150319013.pdf>
- Callaghan, C. T., Poore, A. G. B., Mesaglio, T., Moles, A. T., Nakagawa, S., Roberts, C., Rowley, J., Vergés, A., Wilshire, J. H. y Cornwell, W.K. (2020). Three Frontiers for the Future of Biodiversity Research Using Citizen Science Data. *BioScience*, 71(1), 55-63. <http://dx.doi.org/10.1093/biosci/biaa131>
- Capogna, S. (2023). Sociology between big data and research frontiers, a challenge for educational policies and skills. *Quality & Quantity*, 57, 193-212. <https://doi.org/10.1007/s11135-022-01351-7>
- Celeste, R. K., Gehrke, G. H., Mello dos Santos, C. y Moyses, S. J. (2021). Trends in general and public health scientific output of authors affiliated to Brazilian

- institutions among high-impact and SciELO journals: 1995-2019. *Cad. Saúde Pública*, 37(5), 1-12. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00197820>
- Chyhrina, Y., Slipchuk, V., Deichakivska, O., Deneha, O. y Hetmanenko, L. (2024). Exploring Approaches and Techniques for Enhancing Educational Frameworks, Integrating Cutting-Edge Technologies, Revamping Curricula, and Assessing the Impact of These Innovations. *International Journal of Religion*, 5(11), 2198-2206. <https://doi.org/10.61707/reqypa44>
- Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías [CONAHCYT]. (2020). *El CONACYT destinará casi mil millones de pesos a proyectos de ciencia de frontera*. REDIB. <https://conahcyt.mx/el-conacyt-destinara-casi-mil-millones-de-pesos-a-proyectos-de-ciencia-de-frontera/>
- Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías [CONAHCYT]. (2021). *Ciencia de frontera*. CONACYT. <https://conacyt.mx/ciencia-de-frontera/>
- De las Heras-Pedrosa, C., Martel-Casado, T. y Jambrino-Maldonado, C. (2018). Análisis de las redes académicas y tendencias científicas de la comunicación en las universidades españolas. *Revista Prisma Social*, (22), 229-246. <https://revistaprismasocial.es/article/view/2584/2760>
- Delgado, F. (2023). Extending Learning and Collaboration in Quantum Information with Internet Support: A Future Perspective on Research Education beyond: Boundaries, Limitations, and Frontiers. *Future Internet*, 15, 1-27. <https://doi.org/10.3390/fi15050160>
- Espinoza Vásquez, R. (2019). Psicopedagogía: una ciencia de frontera. *Revista INTEREDU: Investigación, Sociedad y Educación*, 1(1), 9-30. https://doi.org/10.32735/S2735-65232019000178_9-30
- Fainholc, B. (2010). La formación científico-tecnológica digital en educación superior. *RUSC: Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 7(2), 1-11. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=78016225004>
- Gazzola, A. L. y Didriksson, A. (2008). *Tendencias de la Educación Superior en América Latina y el Caribe* (2ª Edición). IELSAC-UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000161990>
- González-Billault, C., Inestrosa, N. C. y Santos, M. J. (2011). Contributions by researchers of “Ciencia de Frontera” of the Chilean Academy of Sciences. *Biol Res*, (44), 5. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-97602011000100001
- Gorbea Portal, S. (2001). La comunicación científica latinoamericana: una investigación de frontera emergente en las ciencias bibliotecológica y de la información. *Liber: Revista de Bibliotecología*, 3(3). <http://eprints.rclis.org/6149/1/editorial.pdf>
- Humanen, L. y Nykyri, S. (2024). Towards a sustainable and responsible model for monitoring open science and research—analysis of the Finnish model for monitoring open science and research. *Research Evaluation*, 1-13. <https://doi.org/10.1093/reseval/rvae008>

- laria, A., Schwarz, C. y Waldinger, F. (2018a). The Importance of Frontier Knowledge for the Generation of Ideas. *The CAGE Background Briefing Series*, (89), 1-9. <https://cepr.org/voxeu/columns/importance-frontier-knowledge-generation-ideas>
- laria, A., Schwarz, C. y Waldinger, F. (2018b). Frontier Knowledge and Scientific Production: Evidence from the Collapse of International Science. *The Quarterly Journal of Economics*, 133(2), 927-991, <https://doi.org/10.1093/qje/qjx046>
- Ibáñez, J. J. (2018). La ciencia en Latinoamérica: tendencias y patrones. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 7(1), 23-39. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.69409>
- Instituto de Investigaciones Dr. José Manuel Luis Mora (2019). *Ciencia de frontera*. CONACYT. <https://www.institutomora.edu.mx/Investigacion/Lists/Convocatoria/Ver.aspx?ID=9>
- Kreimer, P. (2006). ¿Dependientes o integrados?: la ciencia latinoamericana y la nueva división internacional del trabajo. *Nómadas*, 24, 199-202. <https://www.redalyc.org/pdf/1051/105116598017.pdf>
- López-Borrull, A. (2017). Cambios y tendencias en la publicación de revistas científicas. En E. Abadal (Editor). *Revistas científicas: situación actual y retos de futuro*. Universitat de Barcelona (221-237). Universitat de Barcelona. <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/117374>
- Lozano, M. y Sánchez-Mora, C. (Ed.). (2008). *Evaluando la comunicación de la ciencia: una perspectiva latinoamericana*. CYTED; AEIC; DGDC-UNAM. http://www.geenf.fe.usp.br/v2/wpcontent/uploads/2012/10/evaluando_comunicacion_ciencia.pdf
- Martínez-López, F. J. y Puebla Sánchez, I. (2021). Simulación, la nueva frontera de la ciencia: Justificación de la necesidad de un corpus académico de este campo científico; Estado del arte y revisión bibliográfica. *Company Games & Business Simulation Academic Journal*, 1(1), 73-89. https://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/21335/Simulacion_la_nueva_frontera_de_la_ciencia.pdf?sequence=2
- Nugrahandi, T. P. (2023). Analyzing the Evolution of Auditing and Financial Insurance: Tracking Developments, Identifying Research Frontiers, and Charting the Future of Accountability and Risk Management. *West Science Accounting and Finance*, 1(2), 59-68. <https://wsj.westscience-press.com/index.php/wsaf>
- Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2012). *Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo y la cohesión social Programa iberoamericano en la década de los bicentenarios*. OEI. <https://www.ses.unam.mx/curso2012/pdf/OEI-Ciencia-0712.pdf>
- Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2018). *Contribución del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad de la OEI a la CRES, 2018*. OEI.

<http://cres2018.unc.edu.ar/uploads/contribucion.pdf>

- Ortega, H. y Quiñones, G. (2018). En las fronteras de la ciencia: nuevos modelos para antiguos modelos. *ARS Brevis*, (14), 189-224. <https://raco.cat/index.php/ArsBrevis/article/view/137029>
- Ortiz-Ocaña, A. y Llanes-Montes A. (2008). La subjetividad de las ciencias humanas y sociales. *Luz*, 17(3), 2-17. <https://www.redalyc.org/journal/5891/589167671002/html/>
- Padrón, J. (2007). Tendencias Epistemológicas de la Investigación Científica en el Siglo XXI. *Cinta de Moebio*, (28), 1-28. <https://www.redalyc.org/pdf/101/10102801.pdf>
- Pineda-Ospina, D. L. (2019). Tendencias en la producción de artículos científicos en innovación en el campo de las ciencias administrativas. *Innovar*, 29(72), 117-130. <http://doi.org/10.15446/innovar.v29n72.77935>
- Primero Rivas, L. E. (2018). Pensar en el conocimiento de frontera y las nuevas formas de significar. *Axón: Revista de Ciencias Sociales, Humanidades y Tecnología*, (3), 3-12. <https://tyreditorial.com/pdf/Axon/3/2.pdf>
- Punj, N., Ahmi, A., Tanwar, A. y Rahim, S. A. (2023). Mapping the field of Green manufacturing: A bibliometric review of the literature and research frontiers. *Journal of Cleaner Production*, 23, 138729. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138729>
- Rey, J. (2011). Investigación de frontera: Traer un futuro al presente. *Cuadernos de la Fundación General CSIC*, (5). https://projects.ift.uam-csic.es/outreach/images/articles/LYCHNOS_5_ESP_WEB.pdf
- Sánchez Almanza, A. (2006). Crecimiento económico, desigualdad y pobreza: Una reflexión a partir de Kuznets. *Problemas del Desarrollo: Revista Latinoamericana de Economía*, 37(145), 12-30. <https://www.scielo.org.mx/pdf/prode/v37n145/v37n145a2.pdf>
- Sánchez Daza, G. (2009). Ciencia-tecnología-desarrollo: Una relación cuestionada y en disputa. En S. A. Figuero Delgado, G. Sánchez Daza y A. Vidales Carmona, *La ciencia y tecnología en el desarrollo: una visión desde América Latina*. CLACSO. <https://core.ac.uk/download/pdf/35253305.pdf>
- Sanchidrián Blanco, C., Payà Rico, A. y De Freitas Ermel, T. (1999). Tendencias de investigación doctoral y análisis de la producción científica de Historia de la Educación en la universidad española. *Revista de la Educación Superior*, 50(199), 129-154. <https://doi.org/10.36857/resu.2021.199.1804>
- Tezanos Tortajada, J. F. (2016). *Tendencias científico-tecnológicas: Retos, potencialidades y problemas sociales*. UNED; Editorial Sistema. https://books.google.com.mx/books?id=NQoTDgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Tóth, B., Motahari-Nezhad, H., Horseman, N., Berek, L., Kovács, L., Hölgyesi, A., Péntek, M., Mirjalili, S., Gulácsi, L. y Zrubka, Z. (2024). Ranking resilience: assessing the impact of scientific performance and the expansion of the

- Times Higher Education World University Rankings on the position of Czech, Hungarian, Polish, and Slovak universities. *Scientometrics*, 129,1739-1770. <https://doi.org/10.1007/s11192-023-04920-1>
- Tünnermann Bernheim, C. (2006). La autonomía universitaria frente al mundo globalizado. *Universidades*, 56(31), 17-40. <https://www.redalyc.org/pdf/373/37303103.pdf>
- Universidad de Colima. (2021). *Apoyará CONACYT 6 proyectos de ciencia de frontera de la Universidad de Colima*. UCOL. https://www.ucol.mx/enterate/nota_8997.htm
- Universidad de Guadalajara. (2021). *Apoyos a la Ciencia de Frontera: Fortalecimiento y Mantenimiento de Infraestructuras de Investigación de Uso Común y Capacitación Técnica 2021*. UDG. CUCS-UDG. <https://www.cucs.udg.mx/investigacion/apoyo-institucional/infraestructura-2021>
- Universidad Veracruzana. (2019). *Ciencia de frontera 2019*. UV. <https://www.uv.mx/investigacion/general/ciencia-de-frontera-2019/>
- Uyanga, V.A., Musa, T.H., Oke, O.E., Zhao, J., Wang, X., Jiao, H., Onagbesan, O.M. y Lin, H. (2023). Global trends and research frontiers on heat stress in poultry from 2000 to 2021: A bibliometric analysis. *Front. Physiol.* 14, 1123582. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1123582>
- Vásquez, A. (2019). *Reconoce CONACYT déficit de científicos en México*. INVDES. <https://invdes.com.mx/politica-cyt-i/reconoce-conacyt-deficit-de-cientificos-en-mexico/>
- Vega, M. A. (2012). Aspectos y avances en ciencia, tecnología e innovación. *Polis: Revista de la Universidad Boliviana*, 11(33), 451-468. <https://www.scielo.cl/pdf/polis/v11n33/art22.pdf>
- Vidales Carmona, A. (2009). *Ciencia y tecnología para el desarrollo: el dilema de las políticas científico tecnológicas en países periféricos*. En S. A. Figuero Delgado, G., S.A., Sánchez Daza y A., G., Vidales Carmona, A. (Eds.) *La ciencia y tecnología en el desarrollo: Una visión desde América*. CLACSO. <https://core.ac.uk/download/pdf/35253305.pdf>
- Wietsma, J. J., van der Veen J. T., Buesink, W., van den Berg, A. y Odijk, M. (2018). Lab-on-a-Chip: Frontier Science in the Classroom. *J. Chem. Educ.*, (95), 267-275. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00506>
- World Bank (2013). *Indicators*. World DataBank. <http://data.worldbank.org/indicator>
- Zerón Félix, M., Rubalcava de León, C. A. y De la Garza Cárdenas, M.H. (2021). México frente al reto del conocimiento de frontera del emprendimiento social. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 9(23), 1-15. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2021.23.79183>

Sobre el autor principal

Javier Tarango es Profesor-Investigador de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), México; miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI, Nivel II); líder del Cuerpo Académico Consolidado UACH-088 'Estudios de la Información'. Doctorado en Educación (UACH); Maestría en Ciencias de la Información (Universidad de Guanajuato, México).

Declaración de responsabilidad autoral

Javier Tarango 1: Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Recursos, software, Supervisión, Validación/ Verificación, Visualización, Redacción/ borrador original, y Redacción, revisión y edición.

Fidel González-Quiñones 2: Supervisión, Validación/ Verificación, Visualización, Redacción/ borrador original, y Redacción, revisión y edición.

Juan D. Machin-Mastromatteo 3: Metodología, Recursos, software, Supervisión, Validación/ Verificación, Visualización, Redacción/ borrador original, y Redacción, revisión y edición.

Financiación

Esta investigación se llevó a cabo mediante recursos propios.