

# Makerspaces and STEM Skills in Latin American Female Entrepreneurship: A Bibliometric Analysis of Innovation and Scalability (2015–2026)

Alexandra Yepez-Vera<sup>1,3</sup>; Ivonne León Espinoza<sup>1,3</sup>; Mónica Molina-Barzola<sup>1,2,3</sup>; Yovana Tite León<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Bolivariana del Ecuador, [ayepezv@ube.edu.ec](mailto:ayepezv@ube.edu.ec); [ipleone@ube.edu.ec](mailto:ipleone@ube.edu.ec) [mmmolinab@ube.edu.ec](mailto:mmmolinab@ube.edu.ec); [ydtitel\\_a@ube.edu.ec](mailto:ydtitel_a@ube.edu.ec)

<sup>2</sup>Universidad Rey Juan Carlos de España, [mm.molina.2016@alumnos.urjc.es](mailto:mm.molina.2016@alumnos.urjc.es)

<sup>3</sup>Centro de Emprendimiento, Empleabilidad y Empresa (CE3) de la UBE, [emprendimiento@ube.edu.ec](mailto:emprendimiento@ube.edu.ec)

**Abstract—** *The integration of women into technological innovation and international trade ecosystems in Latin America is hindered by persistent structural challenges. This study conducted a systematic review combined with a bibliometric analysis (2015–2026) in Scopus. Using co-occurrence analysis with VOSviewer, the study examined the relationship between makerspaces, STEM education, and female entrepreneurship in the region. The results reveal substantial research on makerspaces and gender in developed economies (87 documents), with no Latin American representation. Meanwhile, 56 regional publications on women in STEM education were identified, primarily in Colombia, Mexico, and Brazil. However, these publications did not incorporate the maker ecosystem conceptually. A search on female entrepreneurship and internationalization in Latin America yielded only one document. These findings reveal structural fragmentation in the field and an absence of integration between maker infrastructure, STEM training, and female business internationalization in the region. In conclusion, there is a need for an approach that links technological capabilities, gender inclusion, and global scalability strategies in contexts such as Ecuador.*

**Keywords—** *Makerspaces, STEM Skills, Female Entrepreneurship, Business Scalability, Digital Transformation.*

# Makerspaces y Habilidades STEM en el Emprendimiento Femenino Latinoamericano: Análisis Bibliométrico de Innovación y Escalabilidad (2015–2026)

Alexandra Yopez-Vera<sup>1,3</sup>; Ivonne León Espinoza<sup>1,3</sup>; Mónica Molina-Barzola<sup>1,2,3</sup>; Yovana Tite León<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Bolivariana del Ecuador, ayepezv@ube.edu.ec; ipleone@ube.edu.ec mmmolinab@ube.edu.ec; ydtitel\_a@ube.edu.ec

<sup>2</sup>Universidad Rey Juan Carlos de España, mm.molina.2016@alumnos.urjc.es

<sup>3</sup>Centro de Emprendimiento, Empleabilidad y Empresa (CE3) de la UBE, emprendimiento@ube.edu.ec

**Resumen—** *La integración de mujeres en ecosistemas de innovación tecnológica y comercio internacional en América Latina enfrenta desafíos estructurales persistentes. Este estudio realiza una revisión sistemática combinada con análisis bibliométrico (2015–2026) en Scopus, empleando análisis de co-ocurrencia mediante VOSviewer para examinar la articulación entre makerspaces, educación STEM y emprendimiento femenino en la región. Los resultados evidencian una producción consolidada sobre makerspaces y género en economías desarrolladas (87 documentos), sin presencia latinoamericana. Paralelamente, se identificaron 56 publicaciones regionales sobre mujeres en educación STEM, concentradas en Colombia, México y Brasil, sin incorporación conceptual del ecosistema maker. La búsqueda sobre emprendimiento femenino e internacionalización en Latinoamérica arrojó únicamente un documento. Estos hallazgos revelan una fragmentación estructural del campo y la ausencia de integración entre infraestructura maker, formación STEM e internacionalización empresarial femenina en la región. Se concluye la necesidad de un enfoque articulado que vincule capacidades tecnológicas, inclusión de género y estrategias de escalabilidad global en contextos como Ecuador.*

**Palabras clave—**Makerspaces, Habilidades STEM, Emprendimiento Femenino, Escalabilidad Empresarial, Transformación Digital.

## I. INTRODUCCIÓN

La carrera global por la innovación y la competitividad económica depende, cada vez más, del fomento de habilidades en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). En este escenario, los makerspaces o espacios de fabricación digital han surgido como catalizadores fundamentales, prometiendo democratizar el acceso a la tecnología y cultivar una cultura de creación colaborativa [1], [2]. Particularmente en contextos emergentes, estos ecosistemas representan una oportunidad única para impulsar el talento local y el emprendimiento tecnológico desde la base, facilitando la innovación en modelos de negocio y el desempeño empresarial de los usuarios [3].

Sin embargo, esta promesa de inclusión choca con una realidad persistente: la brecha de género. Los makerspaces, lejos de ser utopías inmunes a las dinámicas sociales, a menudo heredan y reproducen las barreras estructurales que

históricamente han limitado la participación de las mujeres. Esta subrepresentación no es un mero dato estadístico, sino una falla estructural. Como argumentan Brooks y Saad [4], la ausencia de mujeres en roles de liderazgo resulta en sistemas que no reflejan sus necesidades. A esta barrera de poder se suman los obstáculos económicos; los sesgos sistémicos en el acceso a la financiación continúan obstaculizando el potencial escalable de los negocios liderados por mujeres, tal como evidenciaron tempranamente Buttner y Rosen [5] y confirman estudios recientes sobre microfinanzas y escalamiento empresarial [6]. Además, el diseño físico de estos espacios a menudo perpetúa estereotipos que afectan la autoeficacia femenina [7], generando una renuencia a participar que no nace de la falta de interés, sino de la falta de validación identitaria en entornos tecnificados [8].

En el contexto específico de América Latina, y particularmente en Ecuador, el desafío es doble. No solo se trata de acceder a la formación técnica, sino de cómo estas habilidades se convierten en emprendimientos capaces de competir internacionalmente mediante soluciones tecnológicas sostenibles [9], [10]. La literatura regional indica que la brecha en educación matemática y científica sigue siendo significativa [11]. Estudios recientes en México subrayan que fomentar el emprendimiento científico-tecnológico es vital para desarrollar el pensamiento complejo, una competencia clave para la resolución de problemas en entornos inciertos [12]. No obstante, la articulación entre infraestructura maker y estrategias de retención femenina en ingeniería aún enfrenta barreras contextuales específicas en la región [13].

Investigar esta intersección es metodológicamente complejo debido a una notable dispersión temática y un considerable "ruido" conceptual en las bases de datos. El término "maker" es polisémico y su uso en la literatura académica a menudo desvía el foco del objeto de este estudio. Una revisión sistemática revela que la búsqueda de términos asociados a "mujeres" y "hacedoras" (*makers*) captura roles tan dispares como la toma de decisiones políticas y burocráticas (*policy-makers*) [14]–[16], la gestión del hogar (*home-makers*) [17], o la creación publicitaria (*ad-makers*) [18], [19]. Incluso se extiende a contextos históricos de manufactura corporal

(*body-makers*) [20] o al ámbito biomédico, refiriéndose a marcadores biológicos (*markers*) o tomadoras de decisiones en salud [21]–[24].

Para superar esta fragmentación, el presente estudio emplea un análisis bibliométrico como herramienta para mapear de forma rigurosa el panorama científico entre 2015 y 2026, siguiendo metodologías validadas en educación y tecnología [22], [23]. La investigación examina el grado de articulación entre la literatura global sobre makerspaces y género [24], los estudios latinoamericanos sobre mujeres en educación STEM [25], [26] y la producción académica regional vinculada al emprendimiento al emprendimiento femenino e internacionalización.

Tras la recolección inicial de la bibliografía a través de SCOPUS, se llevó a cabo un proceso de depuración manual para alinear los resultados con los objetivos de investigación [27]. La literatura contemporánea subraya que la integración de las mujeres en el entorno digital no ocurre de forma espontánea debido a las desigualdades sociales replicadas en el ciberespacio [28]. El desarrollo de competencias digitales y la alfabetización tecnológica son críticos, pero deben ir acompañados de un cambio en la percepción de la autoeficacia [29], [30]. En este sentido, George-Reyes y Glasserman-Morales [31] enfatizan la necesidad de identificar competencias investigativas mediadas por tecnología para fortalecer la adquisición de conocimiento en educación superior.

Diversos estudios destacan que el desarrollo de competencias digitales y la alfabetización tecnológica son críticos para la gestión empresarial y la escalabilidad en economías emergentes [28], [29]. Sin embargo, la revisión sistemática del campo sugiere que estas discusiones suelen desarrollarse de manera paralela, sin una integración explícita con infraestructuras de fabricación digital o con estrategias de inserción en mercados internacionales.

Asimismo, el crecimiento empresarial femenino continúa enfrentando constructos culturales profundo como las tensiones entre el "marianismo" y la identidad emprendedora [32]. En Ecuador, el rol del emprendimiento femenino es determinante para el desarrollo rural y local, aunque a menudo carece del soporte sistémico necesario [33]. La efectividad de las políticas públicas depende de su capacidad para articular formación técnica y acceso a infraestructura, tal como proponen marcos de referencia emergentes como el proyecto *MakerWomenSTEM* [34], que busca estandarizar estas intervenciones. La evaluación de plataformas digitales para el desarrollo del pensamiento complejo ha demostrado ser efectiva [35], alineándose con los esfuerzos históricos de las mujeres por hacer de su causa una causa principal en la ciencia y la sociedad [36].

En consecuencia, este artículo busca responder a las interrogantes planteadas desde una perspectiva estructural, aportando una base empírica para repensar la articulación entre infraestructura tecnológica, inclusión de género y competitividad internacional [36]–[38].:

¿Cuál es el grado de articulación entre la literatura sobre makerspaces y género, y la producción latinoamericana sobre mujeres en educación STEM?

¿Existe evidencia científica que integre infraestructura maker, formación STEM y estrategias de internacionalización empresarial femenina en América Latina?

¿Cómo se distribuye geográficamente la producción académica sobre estos subcampos y qué brechas regionales se identifican, particularmente en el caso de Ecuador?

¿Qué implicaciones tiene esta fragmentación para el diseño de políticas públicas y modelos de innovación orientados a territorios como Durán?

Al cartografiar el territorio intelectual y evidenciar las convergencias y vacíos existentes, este estudio no solo describe el estado actual de la investigación, sino que aporta una base empírica para repensar la articulación entre infraestructura tecnológica, inclusión de género y competitividad internacional en América Latina.

## II. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto (cualitativo–cuantitativo) de carácter descriptivo, combinando una Revisión Sistemática de Literatura (SLR) con análisis bibliométrico. Este diseño metodológico permite mapear tendencias estructurales del campo y examinar el grado de articulación entre makerspaces, habilidades STEM e internacionalización femenina en América Latina.

### A. Fuente de información y delimitación temporal

Se utilizó Scopus como base de datos principal debido a su cobertura multidisciplinaria y estandarización de metadatos, lo que facilita la exportación y análisis bibliométrico. El periodo de estudio se delimitó entre 2015 y 2026, con el objetivo de capturar la evolución reciente del ecosistema maker y la agenda de género en la última década.

Se consideraron únicamente artículos científicos (DOCTYPE: ar), garantizando homogeneidad en el tipo documental analizado.

### B. Estrategia de búsqueda y construcción de corpus

La estrategia de búsqueda se diseñó mediante operadores booleanos, truncadores y el campo TITLE-ABS-KEY, asegurando que los términos clave aparezcan en el título, resumen o palabras clave.

#### 1) Corpus global comparativo

En una primera fase se aplicó la siguiente ecuación, orientada a identificar la producción científica internacional sobre makerspaces y género: TITLE-ABS-KEY(("makerspace\*" OR "fab lab\*" OR "maker movement" OR "digital fabrication") AND ("women" OR "female" OR "gender")) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2027 AND DOCTYPE(ar)

Esta ecuación recuperó 87 documentos, los cuales se emplearon como corpus global comparativo para caracterizar el comportamiento estructural del campo en escenarios donde la temática se encuentra más consolidada.

## 2) Corpus regional latinoamericano

Posteriormente, con el fin de examinar específicamente la producción científica latinoamericana sobre mujeres en educación STEM, se aplicó una ecuación refinada que incorporó términos educativos y filtro geográfico explícito, además de restricción por áreas temáticas: TITLE-ABS-KEY(("STEM education" OR "science education" OR "technology education" OR "engineering education") AND ("women" OR "female" OR "gender gap") AND ("Latin America" OR "Ecuador" OR "Brazil" OR "Mexico" OR "Colombia" OR "Chile" OR "Peru" OR "Argentina")) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2027 AND DOCTYPE(ar) AND (LIMIT-TO(SUBJAREA, "SOci") OR LIMIT-TO(SUBJAREA, "BUSI") OR LIMIT-TO(SUBJAREA, "ENGI"))

La aplicación de esta ecuación arrojó 56 documentos, que constituyen el corpus regional final (n = 56) utilizado para los análisis estructurales desarrollados en la sección de resultados.

### C. Proceso de depuración y validación temática

Debido a la polisemia del término “maker”, se implementó un proceso de revisión manual para eliminar documentos donde el término se utilizaba en contextos ajenos al ecosistema de fabricación digital (por ejemplo: policy-makers, home-makers, marcadores biomédicos o estudios clínicos sin relación con educación STEM o emprendimiento femenino).

El procedimiento de selección incluyó: Revisión de título, lectura de resumen, revisión selectiva del texto completo en casos ambiguos.

Este proceso permitió garantizar la coherencia entre las ecuaciones de búsqueda y el objeto real de investigación.

### D. Técnicas de análisis

El análisis bibliométrico incluyó: Producción científica anual, productividad por país y tipo de colaboración (SCP/MCP), identificación de palabras clave de autor e indexadas, análisis de co-ocurrencia temática mediante VOSviewer (umbral  $\geq 2$  ocurrencias, método full counting).

Los metadatos fueron exportados en formato CSV para su procesamiento y visualización de redes.

La diferenciación entre corpus global comparativo (n=87) y corpus regional latinoamericano (n=56) permitió estructurar los resultados en dos niveles analíticos:

1. Caracterización general del comportamiento del campo en términos de producción, colaboración e impacto.
2. Identificación de patrones regionales, brechas geográficas y fragmentación temática en América Latina.

Sobre la base del corpus regional (n=56), se desarrollaron los análisis de productividad temporal, distribución por país y redes de co-ocurrencia, cuyos resultados evidencian una consolidación del eje educativo STEM, pero ausencia de articulación estructural con infraestructura maker e internacionalización empresarial femenina.

## III. RESULTADOS

### A. Producción Científica y Distribución Geográfica

El análisis bibliométrico realizado sobre el corpus final de 56 documentos, correspondientes al periodo 2015–2026, permite caracterizar estructuralmente el campo de estudio en términos de producción científica, colaboración académica y dinámica de crecimiento.

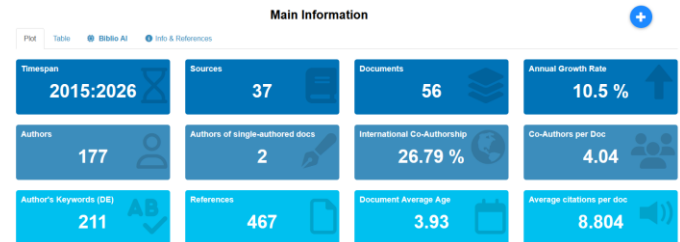


Fig. 1 Resultados principales

La Figura 1 sintetiza los principales indicadores del conjunto analizado. Durante el periodo evaluado se identificaron 37 fuentes académicas, lo que evidencia una dispersión editorial moderada y la ausencia de una revista dominante especializada en la intersección entre makerspaces, mujeres STEM e internacionalización empresarial. Este patrón confirma que el campo no se encuentra consolidado como línea temática autónoma, sino distribuido entre revistas de educación en ingeniería, estudios de género y emprendimiento.

En términos de productividad, el corpus está compuesto por 56 documentos, con un total de 177 autores, lo que refleja una alta atomización autoral y una comunidad científica aún fragmentada. Resulta relevante que únicamente 2 documentos correspondan a autoría individual, lo cual indica una fuerte tendencia hacia la producción colaborativa.

El índice de coautoría internacional alcanza el 26.79 %, lo que sugiere una moderada integración global, aunque todavía limitada para un campo vinculado a innovación tecnológica y acceso a mercados internacionales. El promedio de 4.04 coautores por documento confirma que se trata de investigaciones desarrolladas mayoritariamente en equipos interdisciplinarios.

El análisis de descriptores reporta 211 palabras clave de autor (Author Keywords), lo que indica diversidad conceptual, pero también dispersión temática. Esta amplitud terminológica coincide con la fragmentación estructural observada en los análisis de co-ocurrencia.

Desde una perspectiva de impacto, el promedio de 8.804 citas por documento y una edad promedio documental de 3.93 años evidencian un campo relativamente reciente, con crecimiento activo y visibilidad académica en expansión. La tasa de crecimiento anual del 10.5 % confirma una dinámica emergente, particularmente asociada al incremento de estudios sobre género y competencias digitales en América Latina, aunque con distribución regional aún desigual, aspecto que se profundiza en los apartados siguientes como se muestra en la Fig.2.

### B. Producción científica anual y dinámica de citación

Average Total Citations per Year

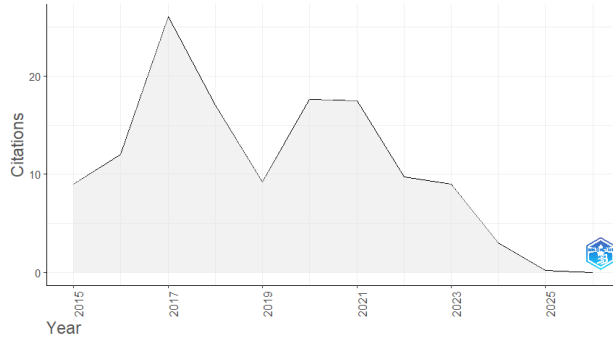


Fig. 2 Promedio de citaciones totales por año

La curva de citaciones muestra una dinámica no lineal, con tres momentos claramente diferenciados:

#### 1. Fase de crecimiento inicial (2015–2017)

Durante este periodo se observa un incremento progresivo en el promedio de citaciones, alcanzando un pico significativo en 2017. Este comportamiento sugiere que los primeros trabajos sobre mujeres en STEM y educación en ingeniería generaron alto interés académico, especialmente en estudios pioneros relacionados con brecha de género y participación femenina en ingeniería. El máximo registrado en 2017 indica que los documentos publicados en esos años lograron consolidarse como referencias dentro del subcampo educativo.

#### 2. Fase de estabilización intermedia (2018–2021)

Posteriormente, la curva muestra una disminución moderada seguida de una estabilización entre 2020 y 2021, con niveles de citación relativamente constantes. Este patrón puede interpretarse como una fase de consolidación temática, donde la producción aumenta, pero el impacto promedio se distribuye de manera más homogénea entre publicaciones. Es relevante señalar que, en este periodo, la literatura continúa centrada principalmente en educación STEM y brecha de género, sin evidencia de transición hacia infraestructura maker o internacionalización empresarial.

#### 3. Fase de descenso reciente (2022–2026)

A partir de 2022 se evidencia una disminución progresiva en el promedio de citaciones anuales, alcanzando valores cercanos a cero en los años más recientes. Este comportamiento no debe interpretarse como pérdida de relevancia temática, sino como efecto natural del rezago temporal en acumulación de citas, dado que los documentos recientes aún no han tenido suficiente tiempo para generar impacto medible. Este fenómeno es consistente con la edad promedio documental de 3.93 años reportada en el análisis general.

El comportamiento de la curva sugiere que el campo presenta: producción creciente, impacto concentrado en estudios iniciales, y ausencia de un segundo pico de alto impacto vinculado a makerspaces o internacionalización.

Es particularmente significativo que no se observe un aumento reciente asociado a infraestructura maker o emprendimiento internacional femenino, lo cual refuerza la

hipótesis de fragmentación estructural previamente identificada.

En términos sistémicos, la dinámica de citación indica que la investigación latinoamericana sobre mujeres en STEM aún no ha transitado hacia una fase de innovación aplicada o ecosistémica que articule formación técnica, infraestructura tecnológica y escalamiento empresarial.

### C. Países con mayor producción científica

El análisis de productividad por país que se muestra en la Fig. 3, permite identificar la distribución geográfica del campo y el nivel de colaboración internacional asociado a cada nación.

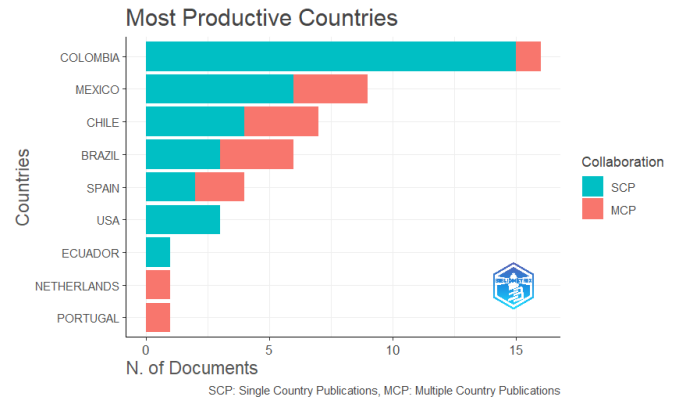


Fig. 3 Países con mayor producción científica

La producción científica se encuentra claramente concentrada en América Latina, particularmente en Colombia, que lidera el corpus con aproximadamente 16 documentos, de los cuales la mayoría corresponden a publicaciones de autoría nacional (SCP – Single Country Publications), con una proporción menor de colaboraciones internacionales (MCP – Multiple Country Publications).

En segundo lugar, México presenta alrededor de 10 documentos, mostrando una mayor proporción relativa de colaboración internacional en comparación con Colombia. Este patrón sugiere una integración académica más activa en redes transnacionales.

Chile y Brasil mantienen una producción intermedia, con niveles equilibrados entre publicaciones nacionales e internacionales, lo que indica participación en redes regionales de investigación en educación STEM y género.

Fuera de América Latina, destacan España y Estados Unidos, con producción moderada y mayor componente de colaboración internacional. Su presencia sugiere vínculos académicos Norte–Sur en investigaciones relacionadas con ingeniería educativa y brecha de género.

En contraste, Ecuador presenta una participación marginal, con un número reducido de publicaciones exclusivamente nacionales y sin evidencia significativa de colaboración internacional en el corpus analizado. Este hallazgo confirma la brecha investigativa identificada previamente y refuerza la necesidad de fortalecer la producción científica ecuatoriana en

la intersección entre infraestructura maker, formación STEM y emprendimiento femenino.

Países como Países Bajos y Portugal muestran participación exclusivamente mediante colaboraciones internacionales, sin producción nacional autónoma dentro del corpus.

La distribución geográfica revela tres patrones relevantes:

1. Concentración regional en países con mayor inversión en I+D (Colombia, México, Brasil).
2. Colaboración internacional moderada, pero no dominante.
3. Ausencia de liderazgo ecuatoriano, pese a la pertinencia estratégica del tema para el país.

La estructura geográfica confirma que el campo se encuentra en una fase de consolidación regional, pero sin integración sistémica entre infraestructura tecnológica, ecosistemas maker e internacionalización empresarial femenina.

#### D. *Análisis de Co-ocurrencia de Palabras Clave*

El análisis de co-ocurrencia realizado mediante VOSviewer, utilizando un umbral mínimo de dos ocurrencias y método de conteo completo (full counting), permitió identificar 24 palabras clave relevantes dentro del corpus analizado como se muestra en la Fig.4.

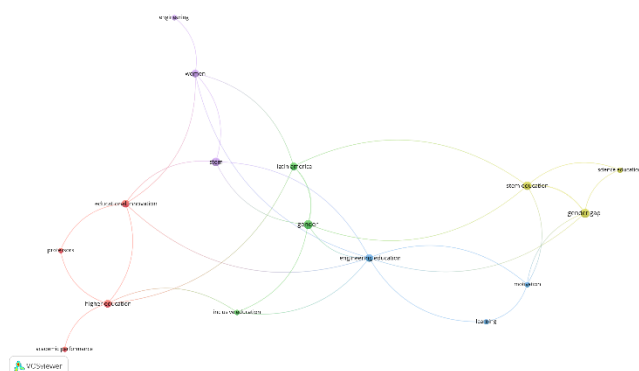


Fig.4 Red de co-ocurrencia – Author Keywords

De las 24 palabras clave identificadas, únicamente 16 conformaron el mayor componente conectado de la red, mientras que 8 permanecieron aisladas, lo que evidencia una baja densidad relacional y limitada cohesión temática entre los descriptores utilizados por los autores.

La estructura de la red presenta una configuración fragmentada, organizada en cuatro clusters principales:

Cluster 1 (rojo): centrado en women, STEM y engineering, asociado a estudios sobre participación femenina en disciplinas técnicas, particularmente en ingeniería.

Cluster 2 (verde): vinculado a gender, Latin America e inclusive education, enfocado en análisis regionales de brecha de género y políticas de inclusión educativa.

Cluster 3 (azul): estructurado alrededor de engineering education, learning y motivation, relacionado con procesos pedagógicos y dinámicas formativas en educación superior.

Cluster 4 (amarillo): articulado en torno a STEM education, gender gap y science education, concentrado en desigualdades educativas y participación femenina en ciencias.

La red muestra interconexiones moderadas entre los clusters educativos, pero carece de nodos puente que integren dimensiones productivas o empresariales.

Resulta particularmente relevante que términos estratégicos como makerspaces, fab labs, digital fabrication, entrepreneurship o internationalization no alcanzaron el umbral mínimo de co-ocurrencia y, por tanto, no forman parte del núcleo estructural del campo.

Este hallazgo confirma que la literatura latinoamericana sobre mujeres en STEM permanece predominantemente anclada en el ámbito educativo universitario, sin transición hacia: infraestructura maker aplicada, ecosistemas de innovación, escalamiento empresarial, inserción en mercados internacionales.

Desde una perspectiva estructural, la ausencia de un nodo articulador que conecte formación técnica, infraestructura tecnológica y competitividad internacional femenina evidencia una fragmentación conceptual sistémica, más que una simple dispersión temática.

En términos bibliométricos, la red presenta baja integración temática y limitada intermediación entre subcampos, lo que sugiere que la intersección entre makerspaces, habilidades STEM y emprendimiento femenino aún no se ha consolidado como dominio científico articulado en América Latina.

La configuración modular observada sugiere una estructura de red con baja centralidad de intermediación y limitada cohesión temática, característica de campos emergentes o en fase pre-ecosistémica.

#### E. *Análisis comparativo de redes: palabras clave de autor vs. palabras clave indexadas*

El análisis de co-ocurrencia basado en palabras clave indexadas (Index Keywords) confirmó parcialmente los patrones identificados en las palabras clave de autor, aunque con una estructura relacional más densa y mayor conectividad interna.

Tras aplicar un umbral mínimo de dos ocurrencias y trabajar con el mayor componente conectado de la red, se identificaron cuatro clusters temáticos principales, como se muestra en la Fig.5.

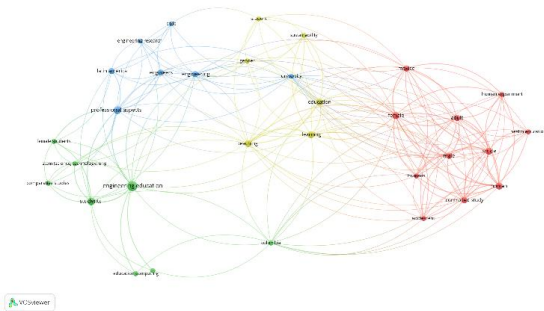


Fig. 5. Red de co-ocurrencia – Index Keywords

A diferencia de la red de Author Keywords, esta visualización presenta una mayor cohesión estructural, con interconexiones más robustas entre nodos. La estructura relacional está dominada por términos asociados a educación superior en ingeniería y STEM, tales como: engineering education, students, education, learning, gender.

Esta configuración confirma que el núcleo conceptual del campo continúa centrado en dinámicas formativas y académicas.

Asimismo, emerge un cluster compuesto por términos biomédicos y genéricos como: human, male, female, controlled study.

Estos descriptores responden al sistema automático de indexación de Scopus y no representan necesariamente líneas sustantivas del debate académico, lo que introduce cierto “ruido estructural” en la red.

Es particularmente relevante que términos estratégicos como: makerspaces, fab labs, digital fabrication, entrepreneurship, innovation, internationalization, no alcanzaron el umbral mínimo de co-ocurrencia, por lo que no forman parte del núcleo estructural del campo.

Este hallazgo confirma que la producción científica latinoamericana relacionada con mujeres en STEM se encuentra predominantemente anclada en el ámbito educativo universitario, sin transición hacia: infraestructura tecnológica aplicada, ecosistemas maker, innovación productiva, escalamiento empresarial internacional.

El contraste entre ambas visualizaciones permite identificar tres diferencias clave:

1. Mayor densidad en la red indexada, producto de la normalización terminológica automática.
2. Persistencia del enfoque educativo como eje dominante.
3. Ausencia sistemática de nodos puente que integren formación STEM, infraestructura maker e internacionalización.

Mientras que la red de Author Keywords refleja la intención conceptual explícita de los investigadores, la red de Index Keywords muestra cómo el campo es categorizado estructuralmente por las bases de datos académicas. En ambos casos, la ausencia de términos vinculados a fabricación digital y emprendimiento internacional evidencia una fragmentación

temática estructural, más que una simple dispersión terminológica.

En términos bibliométricos, el campo presenta cohesión interna en el eje educativo, pero carece de intermediación temática hacia dimensiones productivas o comerciales, lo que sugiere una etapa pre-ecosistémica en la evolución científica del dominio.

La fragmentación observada no solo representa dispersión temática, sino una desconexión estructural entre los subsistemas educativo, tecnológico y productivo dentro del ecosistema regional de innovación. Esta ausencia de articulación limita la transición desde formación STEM hacia emprendimientos escalables con proyección internacional.

#### IV. DISCUSIÓN

A partir del análisis realizado, se evidencia que, si bien los makerspaces poseen un potencial intrínseco para democratizar la innovación, su capacidad para cerrar la brecha de género en STEM no es un fenómeno automático ni inevitable. La literatura examinada evidencia una desconexión crítica: mientras los discursos globales celebran la cultura maker como un igualador social, la realidad empírica demuestra que estos espacios a menudo replican las jerarquías masculinizadas propias de la ingeniería tradicional [26], [27]. Asimismo, la "polisemia" detectada en el análisis bibliométrico —donde el término "maker" se diluye entre roles domésticos, políticos y publicitarios [14]–[20]— no constituye únicamente un problema semántico, sino que representa un síntoma de la invisibilización estructural de la mujer como sujeto tecnológico activo y creadora de soluciones industriales.

En el contexto latinoamericano, y específicamente en el caso de Ecuador, los hallazgos subrayan que el acceso a la infraestructura física resulta insuficiente si no se acompaña de un andamiaje pedagógico y cultural robusto. La evidencia sugiere que el empoderamiento efectivo transita desde la alfabetización digital básica hacia el desarrollo del pensamiento complejo y el emprendimiento tecnológico sostenible [9], [12]. Tal como indican Molina Barzola et al. [10], [33], para que las mujeres en entornos rurales y urbanos evolucionen de usuarias pasivas a líderes de negocios escalables, resulta imperativo integrar la formación técnica con competencias de gestión y estrategias de validación de identidad que desafíen los estereotipos de género prevalentes.

En consecuencia, este estudio valida la necesidad de implementar marcos de referencia estandarizados y culturalmente situados, como el propuesto por el proyecto MakerWomenSTEM [34].

#### V. CONCLUSIÓN

Los hallazgos de este estudio sugieren la necesidad de examinar críticamente una suposición ampliamente promovida: la idea de que los makerspaces, por sí solos, pueden cerrar la brecha de género en los campos STEM. La evidencia bibliométrica sugiere lo contrario. Aunque estos espacios tienen un potencial real para hacer que la innovación sea más accesible para todos,

en la práctica a menudo terminan repitiendo las jerarquías dominadas por hombres que se observan en la ingeniería tradicional [26], [27]. Los múltiples significados de la palabra maker que se extiende a través de roles domésticos, políticos y publicitarios [14]–[20]—no son solo una cuestión de lenguaje. Refleja una invisibilidad estructural más profunda: las mujeres todavía no son plenamente reconocidas como sujetos tecnológicos activos o como creadoras de soluciones industriales con capacidad de escalar.

En el contexto latinoamericano, y específicamente en Ecuador, esta realidad adquiere matices particulares. Tener infraestructura física por sí sola no es suficiente si no existe un marco educativo, institucional y cultural de apoyo. El verdadero empoderamiento de las mujeres comienza con la alfabetización digital básica y avanza hacia desarrollar pensamiento complejo y emprendimiento tecnológico sostenible [9], [12]. Para que las mujeres —ya sea en áreas rurales o urbanas— pasen de ser usuarias pasivas a líderes empresariales escalables, es esencial combinar la formación técnica con habilidades de gestión y estrategias que apoyen y validen su identidad emprendedora frente a estereotipos de género profundamente arraigados [10], [33].

Desde la perspectiva de las políticas públicas, la fragmentación identificada en el corpus tiene consecuencias directas. Las acciones gubernamentales actuales se realizan en partes separadas y no funcionan bien juntas: los programas que apoyan el emprendimiento femenino rara vez hablan o se conectan con políticas para la educación técnica superior o estrategias para el comercio exterior destinadas a diversificar las exportaciones.

Superar esta desconexión requiere avanzar hacia un modelo de cuádruple hélice —que involucre al Estado, la academia, la industria y la sociedad civil— que coordine los esfuerzos en tres niveles: a nivel macro, a través de marcos regulatorios que reconozcan los makerspaces como infraestructura crítica de innovación, con financiación específica para proyectos liderados por mujeres y certificaciones alineadas con estándares internacionales como los del proyecto MakerWomenSTEM [34]; a nivel meso, a través de la descentralización tecnológica territorial que prioriza áreas como Durán, donde la informalidad económica femenina es alta y el potencial productivo local puede vincularse a cadenas de valor regionales; y a nivel micro, a través de programas de mentoría y apoyo que abordan barreras documentadas a la autoeficacia de la literatura [7], [8], incorporando dimensiones culturalmente situadas como las tensiones del marianismo [32].

El sistema educativo también tiene una deuda pendiente. El enfoque de la colección en el nivel universitario muestra que las habilidades maker, el pensamiento complejo y la visión empresarial internacional aún no se han incluido completamente en todos los programas formales de ingeniería y ciencias. Esto requiere rediseñar los currículos sociotécnicos, la formación docente con un enfoque de género, conexiones más sólidas entre la academia y la industria, y una

internacionalización temprana que prepare a las futuras mujeres emprendedoras para ingresar a cadenas de valor globales desde el inicio de su educación [12], [35].

A nivel de ecosistemas de innovación, los hallazgos sugieren que América Latina se encuentra en una pre-etapa de ecosistema en lo que respecta a la integración de espacios maker, educación STEM e internacionalización de las mujeres. La construcción de un ecosistema maduro requiere acciones simultáneas en múltiples áreas: una infraestructura física descentralizada con un enfoque de género, recursos humanos plenamente desarrollados, sólidas redes de relaciones Sur-Sur, herramientas financieras que aborden los sesgos sistémicos en el acceso al capital [5], [6] y capital simbólico que destaque a las mujeres como modelos a seguir en la innovación tecnológica. Solo así será posible pasar de proyectos piloto aislados a plataformas estructurales sostenibles. Más allá de las recomendaciones operativas, es útil plantear una crítica estructural del enfoque centrado en la tecnología que ha dominado la literatura. El mero hecho de contar con infraestructura maker no garantiza la inclusión de las mujeres si las barreras culturales, simbólicas y económicas siguen afectando su acceso real a la tecnología [4], [7], [32].

Del análisis surgen tres tensiones críticas: la contradicción entre un discurso global que celebra la cultura maker como un factor de igualdad social, y una realidad empírica que reproduce exclusiones; la brecha entre la formación técnica y el desarrollo de una identidad emprendedora que confronte las expectativas culturales sobre el rol femenino; y la distancia entre los modelos de escalabilidad diseñados para economías desarrolladas y las trayectorias graduales de los emprendimientos latinoamericanos, donde el comercio justo, las plataformas digitales colaborativas y las cadenas de valor regionales pueden ofrecer alternativas más realistas. En resumen, este estudio confirma la necesidad de establecer marcos de referencia estandarizados, pero culturalmente sensibles, como el sugerido por el proyecto MakerWomenSTEM [34].

Para Ecuador, y especialmente para áreas estratégicas como Durán, se recomienda un modelo coordinado que combine infraestructura maker territorial, programas de formación modular que incluyan STEM, emprendimiento e internacionalización, mecanismos de financiación con perspectiva de género, redes de mentoría conectadas con expertos regionales e internacionales, y sistemas de monitoreo con indicadores específicos para medir el impacto real de estas iniciativas. Reunir estos componentes no es algo que una institución pueda hacer sola: requiere un compromiso continuo. Desde la academia, el gobierno, el sector productivo y la sociedad civil. Solo así la actual fragmentación del campo podrá transformarse en un ecosistema de innovación maduro con perspectiva de género, donde las mujeres latinoamericanas asuman un papel protagónico en la tecnología del siglo XXI.

AGRADECIMIENTO/RECONOCIMIENTO

Se agradece a la UBE por el apoyo institucional y al equipo y al financiamiento del Proyecto UBE código: PROY-UBE-2024-022

## REFERENCES

- [1] B. Schneider and E. Chng, "Connecting joint visual attention, community belonging, and self-efficacy in makerspace environments using high frequency data," *Learn. Instr.*, vol. 103, p. 102315, 2026.
- [2] M. E. Tomko, M. W. Alemán, R. L. Nagel, W. C. Newstetter, and J. S. Linsey, "A Typology for Learning: Examining How Academic Makerspaces Support Learning for Students," *J. Mech. Des.*, vol. 145, no. 9, p. 091402, 2023.
- [3] J. Zhou, W. Cen, and Y. Ling, "Makerspace network embeddedness, business model innovation, and user entrepreneurial performance in China: The moderating effect of environmental dynamics," *PLoS ONE*, vol. 20, no. 4 April, p. e0322388, 2025.
- [4] A. Brooks and B. Saad, "Women and Leadership," in *Women, Power and Political Systems: Volume 8*, 2020, pp. 27–40. doi: 10.4324/9780429425677-2.
- [5] E. H. Buttner and B. Rosen, "Funding New Business Ventures: Are Decision Makers Biased Against Women Entrepreneurs?," *J. Bus. Venturing*, vol. 4, no. 4, pp. 249–261, 1989. doi: 10.1016/0883-9026(89)90016-8.
- [6] T. Narita, F. Rojo, and L. E. Marquez, "Upscaling with a focus on microfinance institutions' largest market: women entrepreneurs," *Enterprise Development & Microfinance*, vol. 25, no. 3, 2014. doi: 10.3362/1755-1986.24-00006.
- [7] A. M. K. Schauer, H. Schaufel, M. Nunn, N. D. Kohls, and K. K. S. Fu, "Thinking Beyond the Default User: The Impact of Gender, Stereotypes, and Modality on Interpretation of User Needs," *J. Mech. Des.*, vol. 146, no. 5, p. 051403, 2024.
- [8] P. Parekh, "Girls' Reluctance and Intersectional Identities in STEM-Rich Makerspaces," *Educ. Sci.*, vol. 14, no. 6, p. 628, 2024.
- [9] M. Molina Barzola, I. León Espinoza, W. Maliza, and S. Bustamante Ruiz, "Creating solutions for a sustainable future: technology-based entrepreneurship," in *Proc. 4th LACCEI Int. Multiconf. Entrepreneurship, Innovation and Regional Development (LEIRD 2024)*, Virtual Edition, 2024. doi: 10.18687/LEIRD2024.1.1.892.
- [10] M. Molina Barzola, A. Yépez Vera, I. León Espinoza, W. Maliza Cruz, and C. Gutiérrez Quiroz, "Engineering, Artificial Intelligence, and Sustainable Technologies in service of society," in *Proc. 23rd LACCEI Int. Multi-Conf. Eng., Educ. and Technol. (LACCEI 2025)*, Ciudad de México, México, 2025. doi: 10.18687/LACCEI2025.1.1.1841.
- [11] T. Tene-Tenempaguay, J. P. Hernández-Ramos, and F. Martínez-Abad, "Gender Gap Analysis in Mathematics: an embedded study," *Educ. Humanismo*, vol. 27, no. 49, 2025.
- [12] E. O. López-Caudana, J. C. Vázquez-Parra, and C. E. George-Reyes, "Scientific-technological entrepreneurship and complex thinking for all: A gender study in science clubs in Mexico," *J. Latinos Educ.*, 2025. doi: 10.1080/15348431.2024.2444938.
- [13] J. J. Cabezas-Quinto, L. E. Chagerben Salinas, M. V. Morales, J. Q. Castellanos, and C. Vidal, "Women in Engineering at a Regional Public University: Trends, Barriers, and Retention Strategies," *Societies*, vol. 15, no. 11, p. 303, 2025.
- [14] N. Abadan-Unat, "Women in Government as Policy-Makers and Bureaucrats: The Turkish Case," in *Women, Power and Political Systems: Volume 8*, 2018, pp. 94–115. doi: 10.4324/9780429425677-5.
- [15] A. Balint and C. Dufour, "Women's participation in parliamentary committees: Does committee type matter?," *Eur. J. Polit. Res.*, vol. 63, no. 1, pp. 165–186, 2024. doi: 10.1111/1475-6765.12604.
- [16] C. R. Berry, "The impact of female local councilors on public services: Evidence from Taiwan," *J. Public Econ.*, vol. 167, pp. 185–203, 2018. doi: 10.1016/j.jpubeco.2018.09.006.
- [17] G. N. Adama and E. O. Obasi, "Food Management Practices of Home-Makers: Case Study of Women Workers University of Nigeria, Nsukka Medical Centre," *J. Home Econ. Res.*, vol. 12, pp. 130–138, 2010.
- [18] J. T. Y. Baldo-Cubelo, "Filipino Women Ad-Makers' Standpoint on Their Professional Environment's Regard of Women and Women in Beauty Product Ads," *Plaridel*, vol. 18, no. 1, pp. 231–263, 2021. doi: 10.52518/2021.18.1-03bldcbl.
- [19] J. T. Y. Baldo-Cubelo, "Women Advertisement-Makers' Standpoint on the Production of Beauty Product Advertisements as Negotiated Co-optation of Feminism," *Humanities Diliman*, vol. 18, no. 2, pp. 1–36, 2021.
- [20] S. Bendall, "'To her own content': The business of body-makers in seventeenth-century London," *The London Journal*, vol. 46, no. 2, pp. 111–130, 2021. doi: 10.1080/03058034.2021.1924424.
- [21] E. M. Alissa, L. S. Alzughaibi, and Z. M. Marzouki, "Association between serum resistin, adiposity measures and inflammatory makers in women without cardiovascular diseases," *Chem. Phys. Lipids*, vol. 218, pp. 136–140, 2019. doi: 10.1016/j.chemphyslip.2018.12.005.
- [22] M. S. Arpini et al., "Acute and chronic non-invasive radiofrequency intervention modulates inflammatory but not epigenetic makers in physically active women," *Comp. Exerc. Physiol.*, vol. 16, no. 3, pp. 169–178, 2020. doi: 10.3920/CEP190043.
- [23] O. R. Akinajo et al., "Acceptability of IV iron treatment for iron deficiency anaemia in pregnancy in Nigeria: A qualitative study with pregnant women, domestic decision-makers, and health care providers," *Reprod. Health*, vol. 21, no. 1, 2024. doi: 10.1186/s12978-024-01743-y.
- [24] M. H. Asratie et al., "What are the associated factors of low husbands/partners independent decision-maker in women's contraceptive use decision-making process in Ethiopia? Multilevel analysis," *BMC Public Health*, vol. 24, no. 1, 2024. doi: 10.1186/s12889-024-19572-w.
- [25] D. Adom, S. T. Daitey, L. Yarney, and P. A. Fening, "Breaking the Culture-specific Silence of Women Glass Bead Makers in Ghana: Towards Empowerment," *Saf. Health Work*, vol. 11, no. 4, pp. 450–457, 2020. doi: 10.1016/j.shaw.2020.08.002.
- [26] B. Boyd, "'It's a Man's World': Gender Stereotypes in an Introductory Makerspace-Based Engineering Design Course," *Int. J. Eng. Educ.*, vol. 38, no. 5, pp. 1475–1486, 2022.
- [27] S. Hedditch and D. Vyas, "Crossing the Threshold: Pathways into Makerspaces for Women at the Intersectional Margins," in *Proc. ACM Hum.-Comput. Interact.*, vol. 7, no. CSCW1, pp. 1–21, 2023.
- [28] C. Khoo et al., "Opportunities and challenges of digital competencies for women tourism entrepreneurs in Latin America: a gendered perspective," *J. Sustain. Tour.*, vol. 32, no. 3, pp. 519–539, 2024. doi: 10.1080/09669582.2023.2189622.
- [29] S. S. Sara, "Virtual assistant for the empowerment and business growth of Latin American women," in *2024 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)*, 2024. doi: 10.1109/CONIITI64189.2024.10854849.
- [30] E. L. Gallindo, H. A. Cruz, and M. W. L. Moreira, "Critical examination using business intelligence on the gender gap in information technology in Brazil," *Mathematics*, vol. 9, no. 15, p. 1824, 2021.
- [31] C. E. George-Reyes and L. D. Glasserman-Morales, "Research Competencies Mediated by Technologies: A Systematic Mapping of the Literature," *Educ. Knowl. Soc.*, vol. 22, p. e23897, 2021.
- [32] A. C. García and M. Villares-Varela, "Contesting the boundaries of marianismo and entrepreneurial identity: meanings of motherhood amongst Latin American migrant women entrepreneurs," *Int. J. Gend. Entrep.*, vol. 15, no. 2, pp. 149–169, 2023. doi: 10.1108/IJGE-06-2022-0102.
- [33] M. Molina Barzola, P. Laguna-Sánchez, M. Segovia-Pérez, and R. Sorhegui Ortega, "Rol del emprendimiento femenino en el desarrollo rural con enfoque de lo local en Ecuador," *Rev. Cienc. Soc.*, vol. 31, pp. 96–111, 2025. doi: 10.31876/rcs.v31i.43987.
- [34] MakerWomenSTEM Project, "Marco de referencia MakerWomenSTEM," Erasmus+ Capacity Building in Higher Education, Documento interno, 2025.
- [35] E. O. López-Caudana, C. E. George-Reyes, L. D. Glasserman-Morales, and F. Niedermeier, "Evaluation of OpenEDR4C-Guatemala: A Platform for the Development of Complex Thinking," in *Proc. TEEM 2024*, Singapore, 2025, pp. 703–711.
- [36] A. Borgos, "'To Make the Women's Cause the Main Cause.' The Emancipatory Efforts of the First Hungarian Woman Psychoanalyst, Vilma Kovács," *Psychoanal. Hist.*, vol. 12, no. 1, pp. 73–102, 2010. doi: 10.3366/E146082351000041X.

- [37] S. Blackley, R. Sheffield, N. Maynard, R. Koul, and R. Walker, "Makerspace in STEM for girls: a physical space to develop twenty-first-century skills," *Educ. Media Int.*, vol. 54, no. 2, pp. 148–164, 2017.
- [38] S. H. Kjartansdóttir, T. Hjartarson, and S. Pétursdóttir, "Of Women Tech Pioneers and Tiny Experts of Ingenuity," *Front. Educ.*, vol. 5, p. 160, 2020.