



Makerspaces: indicadores cientiométricos e implicaciones para la innovación, la educación y el emprendimiento

Makerspaces: Scientometric indicators and implications for innovation, education and entrepreneurship

Rubén Oliver-Espinoza^{a*}

^a Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales, IPN

RESUMEN

Objetivo: identificar temporalidad, áreas temáticas, instituciones, países, publicaciones y conceptos más relevantes en la construcción de los *makerspaces* como objeto de estudio asociado a la educación, la innovación, el emprendimiento y el aprendizaje.

Diseño metodológico: es una investigación exploratoria, a partir de la recopilación de publicaciones en Scopus relacionadas con *makerspaces* y su conjunción con los conceptos arriba señalados, se derivan indicadores cientiométricos para establecer su importancia como tema de estudio y se crean mapas de conceptos a través del programa VOSviewer para identificar los temas que le son correlativos.

Resultados: es un concepto de creciente interés. Involucra 23 áreas temáticas, con predominio de las ciencias sociales; los títulos de publicaciones y temas correlativos refieren a educación STEM y, en menor medida, emprendimiento y negocios.

Limitaciones de la investigación: es una investigación exploratoria. Aporta referentes sobre temas y conceptos a partir de los cuales se problematizan los *makerspaces*; no profundiza en explicaciones, sino que muestra un panorama de temáticas que los estudian, lo que es relevante para encuadrar el tema que ha sido poco estudiado en México.

Hallazgos: los *makerspaces*, surgidos de la premisa “do it yourself”, ofrecen un modelo de aprendizaje informal fuera de los espacios tradicionales formales. Se han vuelto tema de interés creciente para la educación y el emprendimiento. Por lo tanto, pueden entenderse como espacios generadores de nuevas dinámicas de aprendizaje basado en la colaboración, trasladables a los espacios formales de la educación tecnológica, emprendimiento y de complejización de los procesos de innovación.



Recibido: 7 de diciembre de 2020;
aceptado: 15 de abril de 2021;
publicado: 30 de abril de 2021



Palabras clave: maker, indicadores, educación, innovación, México.

ABSTRACT

Purpose: To identify temporality, subject areas, institutions, countries, publications and most relevant concepts associated to makerspaces and related to education, innovation, entrepreneurship and learning.

Methodological design: Scopus publications related to makerspaces and their conjunction with the concepts mentioned above were compiled. Scientometric indicators are derived, to establish its importance as a subject. Conceptual maps to identify correlative topics are made through the VOSviewer software.

Results: It is a concept of growing interest. It involves 23 subject areas; social sciences predominate. The titles of publications and correlative topics refer to STEM education, and in a lesser extent entrepreneurship and business.

Research limitations: It is an exploratory research; therefore, it provides references on themes and concepts from which makerspaces are problematized; does not delve into explanations, but rather shows an overview of the topics studied by them. Its importance for the Mexican case lies in the fact that it covers a subject that has been scarcely studied.

Findings: Makerspaces arise from philosophy “do it yourself”. They offer a model of informal learning outside traditional formal spaces. They have become a topic of growing interest for education and entrepreneurship. Therefore, they can be understood as ways to generate new learning dynamics based on collaboration, which can be transferred to the formal spaces of technological education, entrepreneurship and complexity of innovation processes.



Keywords: maker, indicators, education, innovation, Mexico.



Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación. CC-BY-NC-ND

INTRODUCCIÓN

Los espacios *maker* (*makerspaces*) son consecuentes con un movimiento masivo que favorece el acceso y uso de fuentes de conocimiento abierto. Surgieron a mediados de la década pasada y han crecido decididamente gracias a la existencia de una comunidad cualificada y entusiasta que busca tanto mostrar como compartir sus competencias (ya sea con fines altruistas o para rentabilizar sus saberes). Dada la fluidez con que parecen sucederse las actividades en estos espacios pueden considerarse un medio prototípico de la economía y la sociedad del conocimiento.

En esa misma medida tienen implicaciones en diversas esferas del sistema de innovación. La educación y el emprendimiento son dos de ellas porque recurren al conocimiento *open source* (aunque no solo a él) y aportan *software* y *hardware*, pueden considerarse una especie de derivación del movimiento *hacker* y van a la par de los laboratorios de fabricación (*Fab labs*).

Estas experiencias, como telón de fondo, encuentran cabida en la esfera de la creación de innovaciones con base en modelos colaborativos, y en consideración de que los recursos tecnológicos pueden emplearse democrática y creativamente para crear, en primera instancia, una comunidad de aprendizaje en disciplinas STEM (*science, technology, engineering* y *mathematics*) y luego una oferta tecnológica específica; generada fuera de los espacios formales, institucionalizados por otros agentes del sistema de innovación (empresas o emprendimientos académicos derivados de oficinas de transferencia).

Visto en conjunto, los espacios *maker* parecen propicios para conducir ciertas dinámicas de aprendizaje y acumulación de conocimiento en disciplinas STEM con base en la explotación de conocimiento de fuente abierta, condiciones prototípicas de la innovación en el contexto de la denominada cuarta revolución industrial (Schwab, 2015) tanto por los sectores tecnológicos que impulsa como por los mecanismos a través de los cuales ocurre.¹

En consecuencia, estos espacios se muestran como objeto de estudio relevante en ámbitos como la educación

(tecnológica y en ingenierías) y el emprendimiento, en virtud de que de ellos pudieran extraerse experiencias colaborativas para trasladarlas (y/o convertirlas) a espacios formales institucionalizados.

A partir de esas ideas, el objetivo de este trabajo es identificar temporalidad, áreas temáticas, instituciones, países, publicaciones y conceptos más relevantes en la construcción de los *makerspaces* como objeto de estudio asociado a la educación, el emprendimiento y el aprendizaje, mediante el uso de recursos cuantitativos; así como el mapeo del concepto para reconocer de qué manera se construye en el plano teórico.

Los elementos cuantitativos y el mapeo del concepto explotados en este trabajo pretenden contribuir a la identificación de los *makerspaces* como campo de conocimiento con dos finalidades: primera, contribuir al desarrollo de un tema en incipiente desarrollo en la literatura en México;² segunda, aportar algunas reflexiones de las implicaciones de los espacios *maker* sobre la innovación, a partir de su relevancia en la educación y el emprendimiento, en el entendido de que es un fenómeno de la sociedad y la economía del conocimiento en el marco de la cuarta revolución industrial.

La literatura muestra, por vías diferentes —sistémicas (Lundvall, 2007) o causales (Romer, 1991)—, un vínculo ineludible entre innovación y capital humano, a través de la educación y el emprendimiento. Por lo tanto, *makerspaces* se erige como un espacio de acumulación de capital humano y su explotación para impulsar la innovación, lo que amerita ubicarlo en el debate para estudiarlo de manera sistemática.

El documento se organiza de la siguiente manera: primero, la introducción; seguida de la definición del movimiento *maker* y sus implicaciones para la innovación;

¹ Y aun ante situaciones de emergencia como la que representa la pandemia desatada por el virus SARS-COV2, según ha mostrado la experiencia en la creación de aplicaciones y el diseño de equipo médico para atender la crisis sanitaria.

² En total, entre Redalyc y Scopus se identifican seis trabajos que hacen referencia a *makerspaces* y México. Cuéllar-Reynaga *et al.* (2019) y Reynaga-Peña *et al.* (2020) describen el desarrollo de un prototipo para el proceso de enseñanza-aprendizaje elaborado en el contexto de un *makerspace*. De la Iglesia (2019) explora los espacios *maker* como parte de las herramientas para el desarrollo de competencias educativas ante la revolución industrial 4.0. Morales y Dutrenit (2017) ubican al movimiento *maker* como elemento de la revolución digital que modifica la forma en que se genera, transfiere y usa el conocimiento. Alley (2018) emplea el concepto aplicado al aprendizaje del inglés como segunda lengua. González Nieto *et al.* (2020) exponen el caso de un *fab lab* como espacio de democratización de las prácticas educativas en una zona marginada de Monterrey.

una vez delimitado el concepto y sus implicaciones se procede a exponer la metodología del trabajo (delimitación de la búsqueda y recopilación de la información e indicadores cuantitativos y proceso de mapeo de conceptos), para la identificación de temas y conceptos correlativos al estudio de los makerspaces; posteriormente, se exponen los resultados de la búsqueda; a continuación, se discuten los resultados; por último, se presentan las conclusiones del trabajo.

MOVIMIENTO MAKER. IMPLICACIONES PARA LA INNOVACIÓN Y EL EMPRENDIMIENTO

Una de las dimensiones de la economía y sociedad del conocimiento se encuentra en el movimiento maker. Este concepto, acuñado por Dale Dougherty, parte de que todo individuo es creativo y que tal condición puede plasmarla en la creación de una diversidad de objetos para solventar las necesidades de su vida cotidiana bajo la premisa “hazlo tú mismo” (*do it yourself* [DIY]) y, por lo tanto, fuera de los circuitos comerciales convencionales (Dougherty, 2012).

La manifestación más evidente del movimiento ocurre en los encuentros de hacedores (*maker faires*), espacios de colaboración y exposición del trabajo de los makers, aunque no los únicos, pues el movimiento ha crecido y se manifiesta en la existencia de espacios físicos y virtuales donde individuos entablan mecanismos de colaboración basados en el conocimiento abierto, algunos con fines altruistas, pero otros motivados por una condición emprendedora en su sentido económico asociado a la explotación de su creatividad (Cassidy, 2020; Dougherty, 2012; Hagel, Brown y Kulasooriya, 2013). Aunque por supuesto alguna evidencia indica los tropiezos del tránsito de la producción DIY a la producción bajo la lógica empresarial (Tabarés y Kuittinen, 2020; Wu, 2017) en virtud de la naturaleza contrastante de ambas culturas.

El movimiento maker puede conducirnos a algunas de las definiciones más arraigadas en la literatura sobre innovación, entendiendo que ésta es resultado de un proceso de aprendizaje interactivo cuyo recurso más relevante es el conocimiento y que, para constituirse como innovación, requiere ser difundido (Lundvall, 1992, 2007). Los makerspaces parecen ser el espacio de aprendizaje interactivo para concitar la actividad innovadora. Como modelo experimental y abierto de conocimiento

son asimilables al tipo de modelos de innovación hacer-usar-interactuar (*doing-using-interacting* [DUI]) (Cooke, 2016; Parrili y Alcalde, 2016; Thomä, 2017) en los que se identifica una fuerte presencia de mecanismos informales de aprendizaje.

El interés que concita en corporativos como fuente de oportunidades tecnológicas contribuye a ubicar al concepto en el terreno de la innovación abierta (Chesbrough, 2003; Chesbrough y Appleyard, 2007). Los espacios maker se instituyen como fuente de oferta tecnológica potencial para empresas que pueden acceder a soluciones menos costosas (y a partir de recursos que no poseen) que si las ejecutaran (Hagel, Brown y Kulasooriya, 2013).

Aun en los casos donde los makers no persiguen objetivos económicos como fin último, es una cultura que puede tener cabida en la perspectiva social de la innovación en materia de emprendimiento [social] (Chan *et al.*, 2019; Henderson *et al.*, 2019; Pol y Ville, 2009) o como una forma de generar relaciones y formas de colaboración tendientes a mejorar las capacidades de acción de la sociedad (Sims *et al.*, 2018) e incluso de promoción del cambio social (Angelidou y Psaltoglou, 2017; Cajaiba-Santana, 2014; Kublankova *et al.*, 2018), según se desprende de experiencias de colaboración que buscan solucionar problemas que en el mercado no encuentran cabida o que atienden necesidades sociales (Calabrese y Tan, 2018; Halbinger, 2018).

Adicionalmente pueden ser espacios paralelos a los mecanismos institucionalizados para la transferencia de conocimiento desde las universidades emprendedoras (Kalar y Antoncic, 2015; Kolb y Wagner, 2018) sin las formalidades que implica el ámbito académico.

En conjunto, el movimiento maker, a través de los espacios maker, aparece como un fenómeno novedoso en el contexto de los sistemas de innovación. Si bien el eje de la actividad innovadora lo constituye el proceso interactivo entre empresas, sus actividades de innovación dependen de un entramado institucional que abarca al sistema de educación (Lundvall, 1992, 2007) en el que los makerspaces parecen una forma organizativa institucionalizada, aunque no necesariamente regulada por las normas tradicionales de la vida académica, pero en el que se concentran tanto competencias basadas en disciplinas STEM, necesarias para acoplarse a la dinámica de la actividad innovadora, como un ímpetu emprendedor,

basado en el dominio de disciplinas relevantes para la dinámica de cambio que conlleva la digitalización.

Por lo tanto, como objeto de estudio en construcción, el de los espacios maker arroja luces con respecto a la forma en que son abordados en la literatura: inciden sobre la innovación, el emprendimiento y son una forma de acumulación de capital humano a través de vías informales de aprendizaje.

METODOLOGÍA

Delimitación y recopilación de información

Existe referencia a estudios que sistematizan la construcción de conceptos centrales sobre innovación: Aldrich (2012), quien indaga sobre el emprendimiento; Di Stefano, Gambardella y Verona (2012), las nociones *technology push* y *demand pull* de la innovación; Di Stefano, Peteraf y Verona (2010), el estudio de las capacidades dinámicas; asimismo, sobre diferentes dimensiones referentes al estudio del conocimiento, como sus bases y relación con la innovación (Fagerberg, Fosaas y Sapprasert, 2012), la estructura intelectual de los estudios sobre su gestión (Ponzi, 2002) y la sociedad del conocimiento (Fagerberg, Landström y Martin, 2012).

Con respecto al movimiento maker, Chen y Wu (2017) hacen la revisión cuantitativa del concepto, considerando publicaciones desde 1975 hasta 2016; de manera que, en el entendido de que la palabra configura un movimiento propio de la era digital, los autores se remiten a las referencias teóricas previas, en consideración de que concentra un conjunto de conceptos que de un modo u otro encuentran cabida en el espíritu maker.

En este trabajo se realiza un estudio cuantitativo, remitido específicamente al concepto makerspace, en la consideración de que el espacio (físico o virtual) configura un entorno en el que se concreta el movimiento maker; su sentido colaborativo lo caracteriza como un movimiento masivo de usuarios de conocimiento abierto para la obtención de soluciones a problemas tecnológicos de índole diversa que, como se estableció en el apartado previo, es asimilable a diferentes perspectivas de la literatura sobre innovación.

Adicionalmente, literatura sobre emprendimiento y educación (Browder, Aldrich y Bradley, 2019; Calabrese y Tan, 2018; Cuéllar-Reynaga *et al.*, 2019; De la Iglesia,

2019; Newbiggin, 2020; Rosa *et al.*, 2020; Zapata, 2017) que hace también referencia al movimiento y/o a los espacios maker lleva a plantear la indagatoria de las áreas temáticas y los temas más relevantes en los ámbitos de la innovación, el emprendimiento y la educación.

Asimismo, en consideración del movimiento maker como asimilable a modelos DUI de innovación se considera incluir la búsqueda de publicaciones sobre espacios maker y aprendizaje.

Consecuentemente, en este trabajo, con el objetivo de identificar áreas temáticas y conceptos que envuelven teóricamente a los espacios maker (makerspaces) se recurrió a la base de datos Scopus, con la finalidad de identificar publicaciones que contuvieran en el título, el resumen y las palabras clave los conceptos: makerspace, maker space, emprendimiento, innovación, educación y aprendizaje (los cuatro en inglés). La fórmula de búsqueda fue:

(TITLE-ABS-KEY (“makerspace” OR “maker space”) AND TITLE-ABS-KEY (“entrepreneur*” OR “innovat*” OR “educat*” OR “learn*”)

El entrecorillado de las palabras indica la búsqueda de los términos precisos, a manera de evitar la aparición de publicaciones en las que, por ejemplo, el concepto maker no se relaciona con space. El uso de asterisco en los términos *entrepreneur*, *innovat*, *educat* y *learn* obedece a la necesidad de identificar publicaciones que aceptan variantes del concepto y que conectan con el tema central: *entrepreneur* o *entrepreneurship*, *innovation* o *innovate* o *innovative*, *education* o *educative* o *educate*, *learn* o *learning*, etcétera.³

Indicadores cuantitativos y conceptos relevantes

En conjunto, la fórmula de búsqueda recupera publicaciones sobre espacios maker y su asociación con temas de emprendimiento, innovación, educación, o aprendizaje. De esa recopilación se rescata la información siguiente:

- la novedad del tema: verificable a través de la

³ Se ensayaron diversas fórmulas de búsqueda, incluyendo conceptos como *open* (por su asociación a la innovación abierta), *doing*, *interacting*, *using*, *business* sin que los resultados de la búsqueda sufrieran modificaciones que ameritaran preferir fórmulas diferentes a la elegida para hacer la búsqueda.

identificación de la cantidad de publicaciones en el tiempo;

- los campos científicos que desarrollan el concepto: identificados a través de las áreas temáticas que arroja la base de Scopus, información que se robustece mediante la recopilación del título de las fuentes donde se publica makerspaces como tópico;
- las instituciones y su localización geográfica: datos con los que se corrobora la viveza del tema por país e institución inmersa en su estudio;
- análisis de citas: que permite identificar tanto los trabajos más citados como los autores más relevantes y que tienden a configurarse como referentes en el tema.

Adicionalmente, para la ubicación de los conceptos más significativos en la construcción del tema makerspaces y su asociación con innovación, educación, emprendimiento y aprendizaje se elaboró el mapa de conceptos retomados de las palabras clave de las publicaciones mediante el software VOSviewer.

Este programa realiza una minería de datos a partir de la identificación de la coocurrencia de frases sustantivas sustraídas a partir del título, resumen o palabras clave (como en el caso de este trabajo) de las publicaciones, siguiendo el procedimiento que Van Eck y Waltman (2010, 2014) especifican para el uso del software. Se dice que dos términos coocurren cuando aparecen en el título o el resumen de un cierto número de publicaciones (determinado en función del interés del analista que realiza la minería).

A partir de ese concepto básico, el programa elabora una matriz de coocurrencias que se transforma en una matriz de similitud a partir de la medida fuerza de asociación (también conocida como índice de proximidad o índice de afinidad probabilística):

$$s_{ij} = \frac{c_{ij}}{w_i w_j} \quad (1)$$

Donde c_{ij} denota número de coocurrencias de los conceptos i y j y w_i y w_j indican el número de ocurrencias de los conceptos i y j .

Calculado el índice de afinidad probabilística, la técnica de mapeo que ejecuta el programa consiste en agrupar parejas de los n conceptos ordenados en pares i y j en función de su distancia euclidiana al cuadrado.

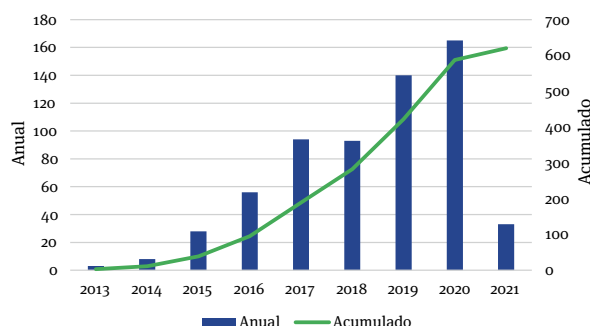
La idea del mapeo consiste en minimizar la distancia entre conceptos, dado su índice de proximidad, de modo que a partir de su cercanía se forman clústeres. Estos clústeres dan cuenta de los conceptos a partir de los cuales se edifica el estudio de los makerspaces, así como de los vínculos entre clústeres.

RESULTADOS

Publicaciones en el tiempo

A partir de los criterios de búsqueda en la base Scopus, la primera publicación se identificó en el año 2013, lo que corrobora la novedad del concepto como tema (cuando menos entre las publicaciones en esa base de datos). En abril de 2021⁴ se identificaron en total 620 publicaciones (gráfica 1), un promedio de 68.9 por año. Entre 2013 y 2020 la tasa de crecimiento anual de las publicaciones sobre makerspaces fue de 93.1 %, lo que da una noción del crecimiento del concepto como tema de estudio.

Gráfica 1. Makerspaces: cantidad de publicaciones



Fuente: elaboración propia.

Áreas temáticas donde se publica makerspaces

En la gráfica 2 se identifican las áreas temáticas donde se concentran las publicaciones, 59 % del total corresponde a las áreas de ciencias sociales y de ciencias de cómputo y 17% a 19 áreas, tales como las de negocios y gestión, artes y humanidades, medicina, entre otras.

⁴ La búsqueda original se realizó en octubre de 2020; la ampliación del lapso a abril de 2021 se relaciona con la actualización de resultados, aprovechando las sugerencias de mejora realizadas por los dictaminadores de esta investigación.

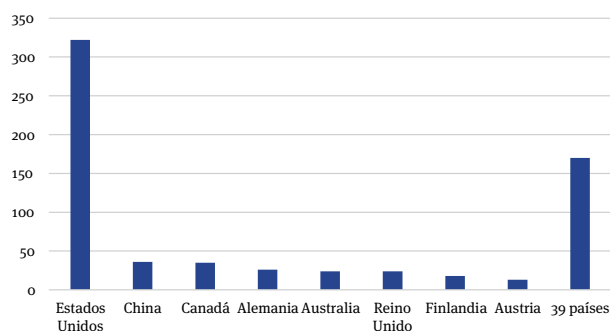
Los criterios de búsqueda (makerspaces y su combinación con emprendimiento, innovación, educación y aprendizaje) condicionan los títulos de las publicaciones, pero es un tema que toca 23 áreas temáticas; aunque es notorio el predominio de publicaciones, en primera instancia, en el tema de la educación y su asociación con las ingenierías, la tecnología, el diseño; y después, en materia de negocios, aprendizaje, tecnología y ciencia. En términos globales se puede decir que es un concepto que parece asociado al estudio de ambientes para la formación en disciplinas STEM, pero también relacionado con el ámbito del emprendimiento.

Instituciones y ubicación geográfica

En el top 10 de las instituciones que más publican sobre makerspaces están nueve de Estados Unidos y una de Finlandia: Georgia Institute of Technology (4.2 % de las publicaciones); Pennsylvania State University, Helsingin Yliopisto y James Madison University (2.4 % cada una); Purdue University (1.9 %); Virginia Polytechnic Institute and State University, Texas State University y Utah State University (1.7 % cada una), The University of Texas at Austin, Indiana University Bloomington y University of California, Berkley (1.4 % cada una).

Entre instituciones que publican sobre el tema se observa una dispersión, toda vez que Scopus arroja el registro de 160 instituciones, aunque una alta proporción corresponde a Estados Unidos (48.2 % de las publicaciones) mientras que 26.3 % se concentra en otros 7 países y el restante 25.4 % comprende 39 países (gráfica 3).

Gráfica 3. Makerspaces: países donde se investiga

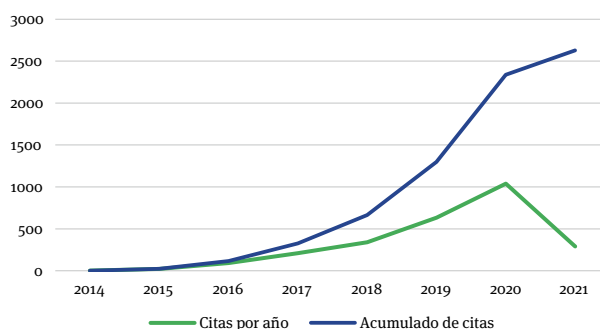


Fuente: elaboración propia.

Análisis de citas

De acuerdo con los datos de la base de Scopus, de las 620 publicaciones 61.1 % han recibido al menos una cita. En promedio cada una de las 379 publicaciones citadas ha recibido 6.9 citas. El dinamismo de la publicación en el tema se observa en la gráfica 4. Ahí se muestra que la primera cita fue realizada en 2014. De entonces a la fecha (abril de 2021) el tema acumula 2 627 citas.

Gráfica 4. Makerspaces: citas de publicaciones



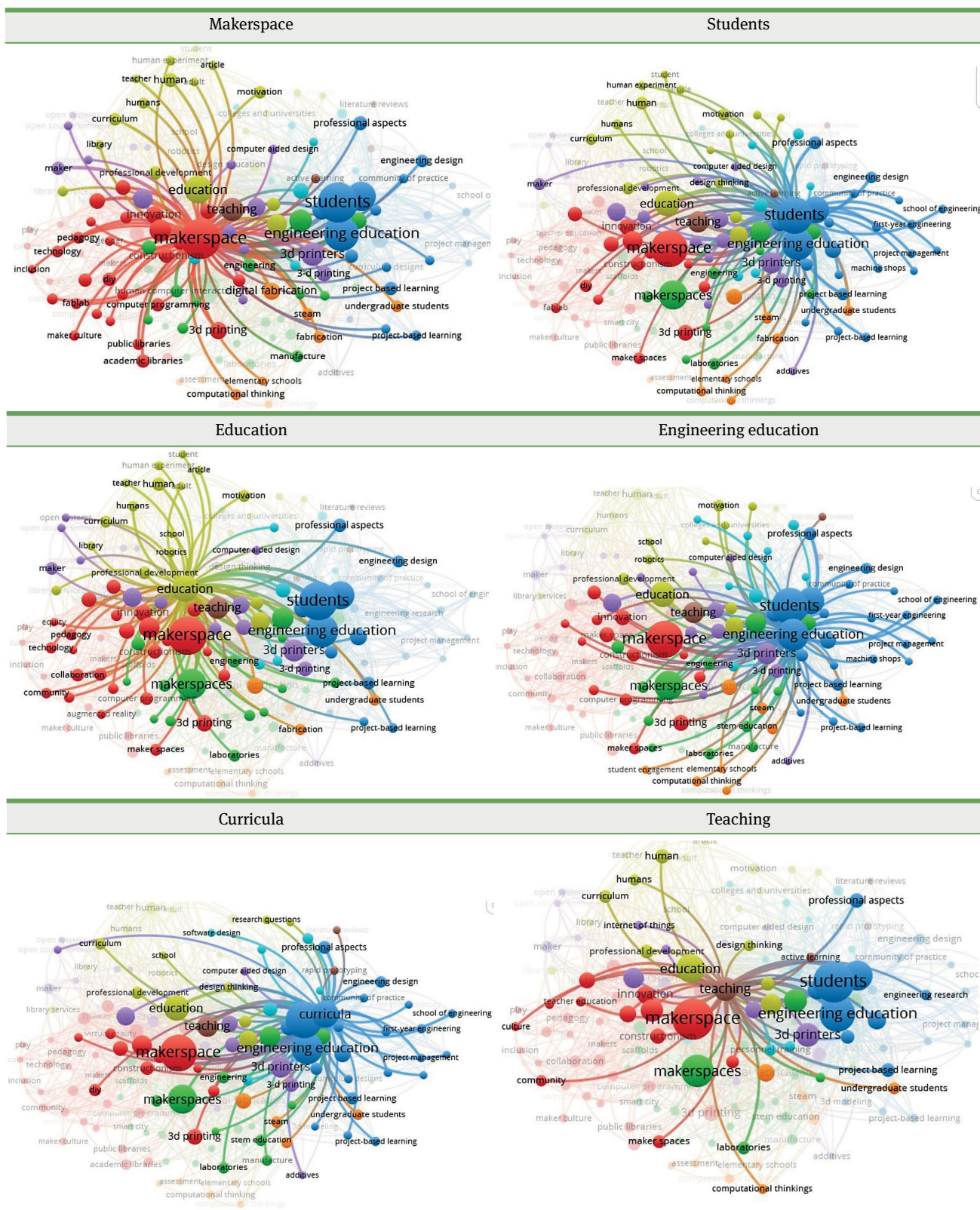
Fuente: elaboración propia.

El dato da cuenta del crecimiento de una comunidad que retoma el concepto como tema de investigación. Aunque debe tomarse en consideración que el total de publicaciones hasta abril de 2021 alcanza 620, es decir, 6.9 citas por documento y un índice h de 24. De modo que, si bien las citas se han multiplicado, éstas tienden a acumularse en un conjunto acotado de publicaciones, como suele ser la norma con cualquier tema de investigación, sin contar que un subconjunto de las publicaciones no cuenta con citas dada su reciente aparición.

En el anexo A se presentan las 26 publicaciones que tienen al menos 24 citas (índice h) que en conjunto acumulan 1 114; de manera que las 1 513 citas restantes se distribuyen entre 594 publicaciones, 241 de ellas sin citas.

La información de citas del anexo A, asimismo, corrobora lo que previamente se señalaba con respecto a la educación STEM como tema predominante, además de algunas referencias a bibliotecas y emprendimiento.

Imagen 3. Conceptos con la mayor cantidad de vinculaciones



Fuente: elaboración propia.

IMPLICACIONES DE LOS MAKERSPACES SOBRE LA INNOVACIÓN

De la revisión cuantitativa se colige la importancia de los espacios maker en la literatura sobre educación (general y tecnológica), la innovación y el emprendimiento. Aunque el ejercicio específico de mapeo de redes de conceptos a partir de palabras clave se concentra en temas asociados a la educación STEM, las tecnologías asociadas y el ambiente educativo en el que ocurre más que en temas de innovación o emprendimiento.

Es interesante considerar que, si bien los makerspaces surgieron como vía alternativa para la explotación de la creatividad basada en mecanismos informales de aprendizaje y colaboración, han tendido a institucionalizarse a través de diversas vías como las ferias, que congregan tanto a creadores como a potenciales colaboradores e incluso potenciales demandantes de tecnología.

Más aun, alguna literatura apunta a observar que las experiencias informales de colaboración deben superar los obstáculos propios de su naturaleza informal: en ellos se observan diferencias lingüísticas, requerimientos de gestión de conocimiento (Maravilhas y Martins, 2019), escasa experiencia del ámbito productivo formal (estándares, financiamiento, sostenimiento de relaciones de largo plazo) (Tabarés y Kuittinen, 2020), un proceso de evolución de lo expresamente experimental hacia el espacio maker como oferente tecnológico (Hagel, Brown y Kulasooriya, 2013). En síntesis, la consideración de que los espacios maker requieren transitar hacia su configuración como organizaciones que promueven el emprendimiento y la formalización del aprendizaje.

En ese sentido, podríamos apuntar, en función de los resultados, que el peso de las investigaciones en educación y la publicación de investigaciones en temas sobre educación (tecnológica y en ingeniería), emprendimiento, negocios son una vía para extraer lecciones transferibles al ámbito formal de la educación y el emprendimiento.

En esta perspectiva, el modelo colaborativo que representan los makerspaces implica valorar mecanismos informales de desarrollo de competencias STEM (concursos, ferias, hackatones), promover la creatividad y desarrollar las habilidades blandas que requieren los procesos colaborativos de innovación asimilables a los procesos de aprendizaje interactivos sugeridos en

los modelos de innovación DUI (Parrili y Alcalde, 2016).

Los resultados de la búsqueda de publicaciones parecen indicar que se busca trasladar (o transformar) la experiencia DUI, derivada de los espacios maker, en espacios formales de desarrollo de competencias de desarrollo tecnológico basados en la colaboración.

Desde ese punto de vista, para los mecanismos y espacios formales de innovación colaborativa el reto radica en mantener el canon del desarrollo de conocimientos codificados (modelos STI), combinados con mecanismos menos rígidos, en concordancia con el espíritu del movimiento maker, y sobre la base de conocimiento abierto.

Esta necesidad de reconfiguración del sistema educativo ya se notaba a inicios de siglo, ante la tendencia creciente de una economía regida por la dinámica de sectores intensivos en conocimiento; cuando se planteaba que en concordancia con la noción de sociedad del conocimiento se requería configurar un modelo hacia la sociedad del aprendizaje: si la innovación deriva del aprendizaje resultante de un proceso interactivo, entonces el proceso requiere nutrirse de las condiciones para favorecer la interactividad y gestionar el conocimiento consecuente (OECD, 2000) que se potencia con la dinámica que supone la cuarta revolución industrial.

En este sentido, para el caso de países como México uno de los retos que implica el mundo productivo contemporáneo radica en la necesidad de vincular el ámbito formativo de capital humano con el sector industrial-digital, ya no digamos para cerrar la brecha tecnológica y productiva con otros países, sino para que no se amplíe (Carrillo *et al.*, 2020; Dutz, Almeida, Packard, 2018; Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal], 2018; Schatan, 2018). Informes recientes documentan el papel de la digitalización de los procesos de producción y trabajo, así como las brechas que al respecto los países deben subsanar en materia de gasto en investigación, desarrollo y formación de capacidades científicas, incluidos los recursos humanos (Cepal, 2016, 2018).

Aunque en la búsqueda cuantitativa la asociación de makerspaces con emprendimiento es menos robusta que con educación, es indisociable el hecho de que estos espacios colaborativos buscan aportar soluciones comercialmente valorizables y/o socialmente creadoras

de bienestar. Un aprendizaje (educación) planteado sobre la base de nutrir la experiencia a partir de la práctica basada en modelos DUI pretende el desarrollo de conocimientos STEM, pero también habilidades blandas y comerciales. La naturaleza del makerspace supone la adaptación a las condiciones del emprendimiento digital como evidencia el trabajo de análisis de la literatura de Secundo, Rippa y Cerchione (2020); y, también, Hagel, Brown y Kulasoorya (2013), quienes señalan que la evolución del maker en el espacio maker se realiza en un proceso de tres etapas: la de aprendizaje técnico individual, la de acumulación de conocimiento para colaborar y la de emprendimiento.

Desde la perspectiva maker, el emprendimiento puede entenderse a partir de la “acción de coordinación de recursos para proyectos comerciales bajo incertidumbre” (Browder, Aldrich y Bradley, 2019, p. 460), habilitada por cuatro fuerzas externas: *a*) el traspaso de lo análogo a lo digital; *b*) lo colaborativo en materia de diseño y producción; *c*) la eficientización del tiempo-costo de ambas actividades; y *d*) el involucramiento del usuario final en el proceso de la innovación (Browder, Aldrich y Bradley, 2019).

Desde este punto de vista resulta pertinente preguntarse si los makerspaces son espacios institucionalizados que compiten o se complementan con otras formas de organización del emprendimiento como las fab labs, cuyo origen es eminentemente universitario, y de qué manera, en todo caso, se complementan con las oficinas de transferencia de corte académico y empresarial. En un sentido más amplio, qué papel juegan los makerspaces en el juego sistémico que ocurre entre las hélices empresarial y universitaria de la innovación, si es que lo juegan, o si el emprendimiento a través de los makerspaces se concibe solo fuera de la esfera de la institución universitaria.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los indicadores cuantitativos, los makerspaces son un tema en desarrollo en el contexto de la comunidad científica, de creciente interés para la literatura. Existe un cúmulo de títulos en los que se vierten los hallazgos de la investigación sobre el tema, que esencialmente radican en el estudio desde las ciencias sociales, en particular la educación (la formación en disciplinas STEM y sobre procesos educativos). Entre países,

asimismo, la concentración de publicaciones favorece a Estados Unidos, cuna del movimiento maker, y, por tanto, donde los espacios maker tienen mayor difusión.

Si bien cierta evidencia muestra que antes de los espacios venía estudiándose el tema del movimiento maker, a nuestro entender éste adopta una forma institucionalizada a través de los makerspaces, espacios diseñados ex profeso para ejecutar las premisas del movimiento. Para el estudio del emprendimiento, la innovación y el aprendizaje, de hecho, adquiere revuelo cuando el movimiento instaura los encuentros como el espacio colaborativo que congrega a los creadores.

La importancia creciente del estudio de los makerspaces se traduce, desde el punto de vista de este trabajo, en la necesidad de reflexionarlos en el contexto de la innovación y la complejidad que le es inherente: si aceptamos que ésta es resultado del proceso de aprendizaje interactivo y acumulación de conocimiento derivado de la proveeduría y uso de recursos tecnológicos que ocurre entre empresas, y que esta dinámica se refuerza por las acciones tendientes hacia la transferencia de conocimiento emanadas desde el sistema educativo y de investigación (en la perspectiva de la universidad emprendedora), entonces es relevante plantearse qué papel juegan el aprendizaje y el emprendimiento que surgen de la práctica del principio hazlo tú mismo.

Los makerspaces en la dinámica de innovación plantean una forma organizativa cuya formalidad institucional se decanta a favor de mecanismos de colaboración más interactivos, basados en la práctica, menos formales, tanto para la creación de tecnología como para el emprendimiento de naturaleza empresarial y social.

La masificación del movimiento maker no implica la suplantación de unas por otras formas de acumulación y transferencia de conocimiento, pues la naturaleza propia de los makerspaces implica desarrollar capacidades de gestión para la transferencia y el emprendimiento, cuya trayectoria han recorrido previamente el sistema de educación e investigación; pero sí existen como una fuente de conocimiento tecnológico potencialmente comercializable, con base en mecanismos colaborativos ejecutados a partir de modelos hacer-usar-interactuar como medio de aprendizaje y acumulación de conocimiento.

Para países como México el estudio del movimiento y los espacios maker abre una ventana, en el terreno de la investigación sobre innovación, a identificar en su

complejidad la forma en que se reconfigura el sistema de innovación en la era digital. La escueta evidencia identificada para México sobre el estudio de los espacios y el movimiento maker encaran el tema desde la perspectiva educativa (sobre el proceso en sí y sobre su papel en el desarrollo de competencias STEM) y de las implicaciones para la generación y transferencia de conocimiento.

Estudiarlos y traducir su estudio en el ámbito práctico debería formar parte de una agenda que mire a futuro, ante la creciente digitalización y que implicará la modificación de la estructura del mercado laboral y de la estructura productiva. De su relevancia no hay duda: recientemente el valor de los espacios colaborativos abiertos se ha manifestado en el despliegue de capacidades para atender la contingencia sanitaria por COVID-19 (por ejemplo, a través de la fabricación de respiradores o el desarrollo de software de datación y seguimiento de casos). En esa medida pueden adquirir un carácter complementario del proceso de formación de capital humano demandado por la dinámica del cambio tecnológico inherente a la cuarta revolución industrial.

REFERENCIAS

- Aldrich, H.E. (2012). The emergence of entrepreneurship as an academic field: A personal essay on institutional entrepreneurship. *Research Policy*, 41(7), 1240-1248.
- Alley, W. (2018). Making English speakers: Makerspaces as constructivist language environments. *Mextesol Journal*, 42(4), 1-8. Recuperado de <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85061571419&partnerID=40&md5=67e0892a4025d75aede59b16e5d93beb>
- Angelidou, M., y Psaltoglou, A. (2017). An empirical investigation of social innovation initiatives for sustainable urban development. *Sustainable Cities and Society*, 33, 113-125. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.05.016>
- Browder, R., Aldrich, H., y Bradley, S. (2019). The emergence of the maker movement: Implications for entrepreneurship research. *Journal of Business Venturing*, 34(3), 459-476. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2019.01.005>
- Cajaiba-Santana, G. (2014). Social innovation: Moving the field forward. A conceptual framework. *Technological Forecasting and Social Change*, 82, 42-51. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.05.008>
- Calabrese, A., y Tan, E. (2018). A Longitudinal Study of Equity-Oriented STEM-Rich Making Among Youth From Historically Marginalized Communities. *American Educational Research Journal*, 55(4), 761-800.
- Carrillo, J., Gomis, R., De los Santos, S., Covarrubias, L., y Matus, M. (2020). ¿Podrán transitar los ingenieros a la Industria 4.0? Análisis industrial en Baja California. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 8(22), 1-22. DOI: 10.22201/enesl.20078064e.2020.22.76089
- Cassidy, D. (2020). *Go make something! The growth of the Maker Movement*. Recuperado de <https://creativeconomy.britishcouncil.org/guide/go-make-something-growth-maker-movement/>
- Chan, C., Chui, C., Chan, K., y Yip, P. (2019). The role of the social innovation and entrepreneurship development fund in fostering social entrepreneurship in Hong Kong: A study on public policy innovation. *Social Policy Administration*, 53(6),

- 903-919.
- Chen, Y., y Wu, C. (2017). The hot spot transformation in the research evolution of maker. *Scientometrics*, 113, 1307-1324. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2542-4>
- Chesbrough, H. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Boston: Harvard Business School Press.
- Chesbrough, H., y Appleyard, M.M. (2007). Open Innovation and Strategy. *California Management Review*, 50(1), 57-76. <https://doi.org/10.2307/41166416>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal]. (2016). *Ciencia, tecnología e innovación en la economía digital: la situación de América Latina y el Caribe*. Santiago: Cepal.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal]. (2018). *Datos, algoritmos y políticas: la redefinición del mundo digital*. Santiago: Cepal.
- Cooke, P. (2016). Nordic innovation models: Why is Norway different? *Norwegian Journal of Geography*, 70(3), 190-201. <https://doi.org/10.1080/00291951.2016.1167120>
- Cuéllar-Reynaga, D., Mendoza-Córdova, M., Ramírez-Marrujo, G.A., Granados, U., Santamaría, D., y Reynaga-Peña, C.G. (2019). *Touch and Learn: Turning simple objects into learning materials*. DOI: 10.1109/CONTIE49246.2019.00033
- De la Iglesia, M.C. (2019). Caja de herramientas 4.0 para el docente en la era de la evaluación por competencias. *Innovación Educativa*, 19(80), 93-112.
- Di Stefano, G., Gambardella, A., y Verona, G. (2012). Technology push and demand pull perspectives in innovation studies: Current findings and future research directions. *Research Policy* 41(8), 1283-1295.
- Di Stefano, G., Peteraf, M., y Verona, G. (2010). Dynamic capabilities deconstructed: a bibliographic investigation into the origins, development, and future directions of the research domain. *Industrial and Corporate Change*, 19(4), 1187-1204.
- Dougherty, D. (2012). The Maker Movement. *Innovations*, 7(3), 11-14. Recuperado de https://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/INOV_a_00135
- Dutz, M., Almeida, R., y Packard, T. (2018). *The Jobs of Tomorrow Technology, Productivity, and Prosperity in Latin America and the Caribbean*. Recuperado de <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29617>
- Fagerberg, J., Fosaas, M., y Sapprasert, F. (2012). Innovation: exploring the knowledge base. *Research Policy*, 41(7), 1132-1153.
- Fagerberg, J., Landström, H., y Martin, B. (2012). Exploring the emerging knowledge base of “the knowledge society”. *Research Policy*, 41(7), 1121-1131
- González-Nieto N.A., Ching-Chiang L.-W.C., Fernández-Cárdenas J.M., Reynaga-Peña C.G., Santamaría-Cid-de-León D., Díaz-de-León-Lastras A., y Cortés Capetillo A.J. (2020). FabLabs in vulnerable communities: STEM education opportunities for everyone. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 14(4), 1535-1555. <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00744-y>
- Hagel, J., Brown, J.S., y Kulasooriya, D. (2013). *A movement in the making*. Recuperado de https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/a-movement-in-the-making/DUP_689_movement_in_the_making_FINAL2.pdf
- Halbinger, M. (2018). The role of makerspaces in supporting consumer innovation and diffusion: An empirical análisis. *Research Policy*, 47(10), 2028-2036.
- Henderson, F., Hall, K., Mutongi, A., y Whittam, G. (2019). Social enterprise, social innovation and self-directed care: lessons from Scotland. *Social Enterprise Journal*, 15(4), 438-456.
- Kalar, B., y Antoncic, B. (2015). The entrepreneurial university, academic activities and technology and knowledge transfer in four European countries. *Technovation*, 36-37, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2014.11.002>
- Kolb, C., y Wagner, M. (2018). How university spin-offs differ in composition and interaction: a qualitative approach. *Journal of Technology Transfer*, 43, 734-759. <https://doi.org/10.1007/s10961-017-9629-1>
- Kublánková, T., Brnkáláková, S., Spacek, M., Slee, B., Nijnik, M., Valero, D., ... Gežík, V. (2018). Understanding social innovation for the well-being of forest-dependent communities: A preliminary theoretical framework. *Forest Policy and Economics*, 97, 163-174. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.09.016>

- Lundvall, B.A. (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter Publishers.
- Lundvall, B.A. (2007). National Innovation Systems—Analytical Concept and Development Tool. *Industry and Innovation*, 14(1), 95-119. <https://doi.org/10.1080/13662710601130863>
- Maravilhas, S., y Martins, J. (2019). Strategic knowledge management in a digital environment: Tacit and explicit knowledge in Fab Labs. *Journal of Business Research*, 94(1), 353-359. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.01.061>
- Morales, Y.M., y Dutrénit, G. (2017). El movimiento Maker y los procesos de generación, transferencia y uso del conocimiento. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 5(15), 33-51. <http://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2017.15.62588>
- Newbiggin, J. (2020). *New skills for a new economy*. Recuperado de <https://creativeconomy.britishcouncil.org/guide/new-skills-new-economy/>
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2000). *Knowledge Management in the Learning Society*. Paris: OECD.
- Parrili, M.D., y Alcalde, H. (2016). STI and DUI innovation modes: Scientific-technological and context-specific nuances. *Research Policy*, 45(4), 747-756.
- Pol, E., y Ville, S. (2009). Social innovation: Buzz word or enduring term? *The Journal of Socio-Economics*, 38(6), 878-885. <https://doi.org/10.1016/j.soccec.2009.02.011>
- Ponzi, L. (2002). The intellectual structure and interdisciplinary breadth of Knowledge Management: A bibliometric study of its early stage of development. *Scientometrics*, 55(2), 259-272.
- Reynaga-Peña C.G., Myers C., Fernández-Cárdenas J.M., Cortés-Capetillo A.J., Glasserman-Morales L.D., y Paulos E. (2020). Makerspaces for inclusive education. En M. Antona y C. Stephanidis (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 246-255). https://doi.org/10.1007/978-3-030-49108-6_18
- Romer, P. (1991). El cambio tecnológico endógeno. *El Tercer Trimestre Económico*, 58(231), 441-480. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/23397462>
- Rosa, V., Lopes, C., De Sousa, B., y Benegas, M. (2020). Open-source hardware as a model of technological innovation and academic entrepreneurship: The Brazilian landscape. *Innovation & Management Review*, 17(2), 177-195.
- Schatan, C. (2018). *Transformación productiva, empleos y retos para la formación de capital humano en México*. Recuperado de <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/15311.pdf>
- Schwab, K. (2015, diciembre, 12). The Fourth Industrial Revolution. What It Means and How to Respond. *Foreign Affairs*. Recuperado de <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>
- Secundo, J., Rippa, P., y Cerchione, R. (2020). Digital Academic Entrepreneurship: A structured literature review and avenue for a research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120118>
- Sims, J., Gichoya, J., Bhardwaj, G., y Bogers, M. (2018). Write Code, Save Lives: How a Community Uses Open Innovation to Address a Societal Challenge. *R&D Management*, 49(3), 369-382.
- Tabarés, R., y Kuittinen, H. (2020). A tale of two innovation cultures: Bridging the gap between makers and manufacturers. *Technology and Society*, 63. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101352>
- Thomä, J. (2017). DUI mode learning and barriers to innovation—A case from Germany. *Research Policy*, 46(7), 1327-1339.
- Van Eck, N.J., y Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics* 84, 523-538.
- Van Eck, N.J., y Waltman, L. (2014). Visualizing bibliometric networks. En Y. Ding, R. Rousseau, y D. Wolfram (Eds.), *Measuring scholarly impact: Methods and practice* (pp. 285-320). Switzerland: Springer.
- Wu, M. (2017, febrero 2). *Quirky, the Failure of Invention Crowdsourcing*. Recuperado de <https://digital.hbs.edu/platform-digit/submission/quirky-the-failure-of-invention-crowdsourcing/#:~:text=Quirk's%20goal%20was%20to%20%E2%80%9Cmake,product%2C%20and%20managing%20retail%20partners>
- Zapata, A. (2017). Una revisión de prácticas educativas expandidas de la ciudad de Medellín. *Revista Científica Guillermo de Ockham*, 15(1). Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=105352363017>

ANEXOS

ANEXO A. PUBLICACIONES INCLUIDAS EN EL ÍNDICE H PARA MAKERSPACES

Año de publicación	Título	Fuente	Citas
2016	Paradoxes of openness and distinction in the sharing economy	Poetics	114
2017	The makerspace movement : Sites of possibilities for equitable opportunities to engage underrepresented youth in STEM	Teachers College Record	78
2014	The invention studio : A university maker space and culture	Advances in Engineering Education	72
2017	Enabling Microfluidics : from Clean Rooms to Makerspaces	Trends in Biotechnology	67
2016	Making community : The wider role of makerspaces in public life	Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings	67
2015	Academic maker spaces and engineering design	ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings	63
2017	Preparing industry for additive manufacturing and its applications : Summary & recommendations from a National Science Foundation workshop	Additive Manufacturing	54
2014	Makers in the library: Case studies of 3D printers and maker spaces in library settings	Library Hi Tech	51
2013	A place to make, hack, and learn : Makerspaces in Australian public libraries	Australian Library Journal	46
2017	An Assessment Instrument of Technological Literacies in Makerspaces and FabLabs	Journal of Engineering Education	41
2013	Learning Spaces in Academic Libraries - A Review of the Evolving Trends	Australian Academic and Research Libraries	40
2017	Makerspace teaching-learning environment to enhance creative competence in engineering students	Thinking Skills and Creativity	36
2016	Making, makers, and makerspaces : A discourse analysis of professional journal articles and blog posts about makerspaces in public libraries	Library Quarterly	35
2015	Change in the Making : Makerspaces and the Ever-Changing Landscape of Libraries	TechTrends	32
2016	Professional Development Considerations for Makerspace Leaders, Part One: Addressing "What?" and "Why?"	TechTrends	30
2014	MakeAbility : Creating Accessible Makerspace Events in a Public Library	Public Library Quarterly	29
2017	Three-Dimensional (3D) Printers in Libraries: Perspective and Preliminary Safety Analysis	Journal of Chemical Education	28
2016	Making as Learning: Makerspaces in Universities	Australian Academic and Research Libraries	28
2015	Learning practices of making: Developing a framework for design	Proceedings of IDC 2015 : The 14 th International Conference on Interaction Design and Children	27
2015	When makerspaces go mobile : case studies of transportable maker locations	Library Hi Tech	27
2019	The emergence of the maker movement : Implications for entrepreneurship research	Journal of Business Venturing	26
2017	Developing makerspaces as sites of entrepreneurship	Proceedings of the ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, CSCW	26
2016	Relating student participation in university maker spaces to their engineering design self-efficacy	ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings	25
2018	Using a makerspace approach to engage Indonesian primary students with STEM	Issues in Educational Research	24
2017	Social justice and out-of-school science learning: Exploring equity in science television, science clubs and maker spaces	Science Education	24
2017	Makerspaces and Local Economic Development	Economic Development Quarterly	24
594 publicaciones			1,513

Fuente: elaboración propia.

ANEXO B. CONCEPTOS

Cluster 1		Cluster 2		Cluster 3		Cluster 4		Cluster 5		Cluster 6		Cluster 7		Cluster 8	
1	makerspace	1	makerspaces	1	students	1	education	1	3d printers	1	stem (science, technology, engineering and mathematics)	1	digital fabrication	1	teaching
2	constructionism	2	computer aided instruction	2	engineering education	2	design	2	maker movement	2	knowledge management	2	fabrication	2	rapid prototyping
3	innovation	3	engineering	3	curricula	3	professional development	3	education computing	3	personnel training	3	steam	3	active learning
4	making	4	human computer interaction	4	surveys	4	problem solving	4	product design	4	science, technology, engineering and mathematics	4	undergraduate students	4	literature reviews
5	3d printing	5	learning environments	5	e-learning	5	curriculum	5	3-d printing	5	entrepreneurship	5	computational thinking	5	computational thinking
6	learning	6	personal computing	6	learning systems	6	humans	6	computer aided design	6	software design	6	computational thinking	6	computational thinking
7	maker space	7	libraries	7	project based learning	7	human	7	design education	7	pedagogical approach	7	elementary schools	7	elementary schools
8	creativity	8	laboratories	8	professional aspects	8	robotics	8	prototyping	8	learning experiences	8	assessment	8	assessment
9	informal learning	9	manufacture	9	engineering design	9	design thinking	9	maker education	9	engineering curriculum	9	student engagement	9	student engagement
10	higher education	10	stem education	10	machine shops	10	motivation	10	software prototyping	10	design-based-learning	10	design-based-learning	10	design-based-learning
11	collaboration	11	scaffolds	11	project management	11	self efficacy	11	maker	11	maker	11	maker	11	maker
12	stem	12	artificial intelligence	12	3d modeling	12	student	12	computer science education	12	computer science education	12	computer science education	12	computer science education
13	computer programming	13	self-directed learning	13	collaborative learning	13	school	13	sustainable development	13	sustainable development	13	sustainable development	13	sustainable development
14	diy	14	informal learning environments	14	curriculum designs	14	article	14	additives	14	additives	14	additives	14	additives
15	community	15	qualitative research	15	engineering research	15	human experiment	15	internet of things	15	internet of things	15	internet of things	15	internet of things
16	teacher education	16	participatory design	16	first-year engineering	16	adult	16	social innovations	16	social innovations	16	social innovations	16	social innovations
17	communities of practice	17	student learning	17	human resource management	17	teacher	17	open innovation	17	open innovation	17	open innovation	17	open innovation
Cluster 1		Cluster 2		Cluster 3		Cluster 4		Cluster 5		Cluster 6		Cluster 7		Cluster 8	
18	makers	18	higher education institutions	18	experiential learning	18	research questions	18	open systems	18	open systems	18	open systems	18	open systems
19	technology	19	computer science	19	community of practice	19	colleges and universities	19	open source software	19	open source software	19	open source software	19	open source software
20	children	20	teaching and learning	20	project-based learning	20	critical thinking	20	critical thinking	20	critical thinking	20	critical thinking	20	critical thinking
21	diversity	21	scaffolding	21	iterative methods	21	library	21	library	21	library	21	library	21	library
22	pedagogy	22	industrial engineering	22	evidence-based practices	22	library services	22	library services	22	library services	22	library services	22	library services
23	virtual reality	23	qualitative analysis	23	school of engineering	23	school of engineering	23	school of engineering	23	school of engineering	23	school of engineering	23	school of engineering
24	equity	24	research methods	24	research methods	24	research methods	24	research methods	24	research methods	24	research methods	24	research methods
25	culture	25	smart city	25	smart city	25	smart city	25	smart city	25	smart city	25	smart city	25	smart city
26	fablab	26	computers	26	computers	26	computers	26	computers	26	computers	26	computers	26	computers
27	inclusion	27	inclusion	27	inclusion	27	inclusion	27	inclusion	27	inclusion	27	inclusion	27	inclusion
28	gender	28	gender	28	gender	28	gender	28	gender	28	gender	28	gender	28	gender
29	hands-on learning	29	hands-on learning	29	hands-on learning	29	hands-on learning	29	hands-on learning	29	hands-on learning	29	hands-on learning	29	hands-on learning
30	maker spaces	30	maker spaces	30	maker spaces	30	maker spaces	30	maker spaces	30	maker spaces	30	maker spaces	30	maker spaces
31	play	31	play	31	play	31	play	31	play	31	play	31	play	31	play
32	computer applications	32	computer applications	32	computer applications	32	computer applications	32	computer applications	32	computer applications	32	computer applications	32	computer applications
33	augmented reality	33	augmented reality	33	augmented reality	33	augmented reality	33	augmented reality	33	augmented reality	33	augmented reality	33	augmented reality
34	maker culture	34	maker culture	34	maker culture	34	maker culture	34	maker culture	34	maker culture	34	maker culture	34	maker culture
35	public libraries	35	public libraries	35	public libraries	35	public libraries	35	public libraries	35	public libraries	35	public libraries	35	public libraries
36	academic libraries	36	academic libraries	36	academic libraries	36	academic libraries	36	academic libraries	36	academic libraries	36	academic libraries	36	academic libraries

Fuente: elaboración propia

NOTAS DE AUTOR

^a Profesor titular A del Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales del IPN. Sus líneas de investigación son: innovación sectorial (software, biotecnología, aeronáutica) y procesos de gestión de la innovación. Miembro del SNI nivel I. Correo electrónico: neburevilo@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7712-8980>

Últimas publicaciones:

- Barragán, A., Oliver, R., y Luna, K. (2020). Specialized human resources training and innovation in Latin America: the case of biotechnology. *Gazzetta Medica Italiana*, 179(1-2), 67-72. <https://doi.org/10.23736/So393-3660.18.03941-4>
- Mackenzie, F. Estrella, D., Longar, M.P. Oliver, R., y Gómez, H. (2019). Mapas de ruta aplicados para el desarrollo de competencias en maquinado de piezas metálicas. En A. Barragán, H. Gómez, H. y R. Oliver (Eds.), *Métodos y herramientas de gestión tecnológica* (pp. 149-167). Ciudad de México: Colofón.
- Stezano, F., y Oliver, R. (2019). Innovation capabilities and performance of biotechnology firms: Some insights from a national survey in Mexico. *Management Research*, 17(4), 445-473. <https://doi.org/10.1108/MRJIAM-11-2018-0880>