

LA PRÁCTICA SOCIAL DE INNOVAR EN UN MAKERSPACE UNIVERSITARIO

Posibilidades y retos

JUAN MANUEL FERNÁNDEZ-CÁRDENAS / CRISTINA GEHIBIÉ REYNAGA-PEÑA /

PAOLA HERNÁNDEZ-SALAZAR / NOÉ ABRAHAM GONZÁLEZ-NIETO / ISRAEL ALATORRE-CUEVAS

Resumen:

En este artículo se presentan los resultados de un estudio sobre el uso de un *makerspace* en una universidad mexicana, como parte de las estrategias de esta institución para el desarrollo de habilidades de innovación en sus estudiantes. Se utilizó un diseño mixto *QUAL+QUAN*, con una primera etapa de recolección de datos y análisis a través de observación no participante, entrevistas y realización de grupos focales. La segunda etapa consistió en encuestar a 2,149 alumnos(as) sobre los atributos del *makerspace*. Los hallazgos demuestran que los participantes aprenden a establecer metas, utilizar herramientas y resolver problemas en una red social que se constituye en el *makerspace*. Colaborativamente, los diferentes equipos resuelven las contradicciones y tensiones de los problemas que los convocan, constituyendo así la práctica social de innovar.

Abstract:

This article presents the results of a study on the use of a makerspace in a Mexican university, a part of the institution's strategies to develop skills of innovation among its students. A mixed *QUAL+QUAN* design was used, with an initial stage of data collection and analysis through nonparticipant observation, interviews, and focus groups. The second stage consisted of surveying 2,149 students on the attributes of the makerspace. The findings show that the participants learn to establish goals, use tools, and solve problems in a social network that is constituted in the makerspace. In collaborative form, teams resolve the contradictions and tensions of the problems that draw them together, thus constructing the social practice of innovating.

Palabras clave: innovaciones educativas; educación superior; práctica educativa; aprendizaje social; enseñanza de la tecnología.

Keywords: educational innovations; higher education; educational practice; social learning; teaching technology.

Juan Manuel Fernández-Cárdenas y Cristina Gehibié Reynaga-Peña: profesores del Tecnológico de Monterrey, Escuela de Humanidades y Educación. Av. Eugenio Garza Sada 2501 Sur, Aulas 2, Piso 4, 64849, Monterrey, Nuevo León, México. CE: j.m.fernandez@tec.mx (ORCID: 0000-0003-2044-1658); cristina.reynaga@tec.mx (ORCID: 0000-0003-3039-551X).

Paola Hernández-Salazar: profesora de la Universidad La Salle. Ciudad de México, México. CE: pao.hdz.salazar@gmail.com (ORCID: 0000-0002-3294-6269).

Noé Abraham González-Nieto: profesor de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Cuajimalpa. Ciudad de México, México. CE: ngonzalez@cua.uam.mx (ORCID: 0000-0002-3781-4222).

Israel Alatorre-Cuevas: profesor del Colegio de Bachilleres. Ciudad de México, México. CE: israel.alatorrec@bachilleres.edu.mx (ORCID: 0000-0002-9628-5500).

Introducción

La innovación suele ser pensada tradicionalmente como una secuencia lineal en la que se diseñan soluciones bien definidas para problemas bien definidos. Sin embargo, esta perspectiva se aleja de las características reales en las que la innovación ocurre en la llamada sociedad del conocimiento, posibilitada por la aparición y el uso masivo de internet, y de las prácticas sociales asociadas a su uso, como lo es el desarrollo de *software* abierto, la diseminación de conocimiento científico en revistas accesibles de manera gratuita, el intercambio comercial en línea y la organización de la sociedad civil a través de redes sociales (Castells, 2002). Similarmente, la innovación ha sido catalogada en algunos casos como el resultado del acomodo de espacios diseñados con mobiliario para la colaboración y el desarrollo de la creatividad (Steelcase, 2017). En esos casos, es importante visibilizar las limitaciones de una perspectiva basada casi únicamente en un ideal de apertura a nuevas ideas que emergen en la convivencia espacio-temporal, pero sin situarlas en el contexto de su pertinencia en la solución de problemas que atañen a un colectivo de personas organizadas socialmente. Esto es, la innovación es en realidad una práctica social que se transforma a través de la búsqueda de soluciones a las contradicciones y tensiones que se presentan en la vida cotidiana de una comunidad de práctica o red de colaboración (Tuomi, 2006; ver también Traver-Martí y Ferrández-Berrueco, 2016).

En este artículo se presentan los hallazgos de un estudio realizado para evaluar las posibilidades y retos en el uso de un *makerspace* universitario para el desarrollo de prácticas sociales de innovación en sus trayectorias de aprendizaje. Se presenta primero una breve descripción de la cultura *maker*, el marco teórico desde el cual se encuadra la investigación, la descripción de la metodología, los resultados principales del estudio, así como una discusión de los hallazgos principales, fortalezas y oportunidades.

La cultura *maker* y la educación superior

Aprender a reparar artefactos descompuestos o a remendar objetos incompletos ha formado parte de la vida cotidiana de muchas personas que consideran fundamental la reutilización de recursos que son escasos o de un valor inaccesible para una comunidad. Este tipo de trabajo, enfocado en la preservación de la funcionalidad de las herramientas culturales que soportan nuestra forma de vida, constituye el origen de lo que hoy cono-

cemos como cultura *maker*, la cual está caracterizada por una orientación hacia la innovación a través de la acción; esta cultura ha generado también un tipo de espacio particular, mezcla de laboratorio y taller, denominado *makerspace*, dentro del cual se configuran, ensayan y desarrollan los prototipos a través de los que la innovación se cristaliza. Adicionalmente, los participantes de los *makerspaces* se reúnen en escenarios como ferias especializadas y talleres para compartir sus diseños y buscar nuevas ideas que ayuden a resolver problemas del mundo real con originalidad y eficiencia. Más recientemente, instituciones educativas, desde escuelas primarias hasta universidades, han tratado de promover este tipo de actividades y espacios como parte de su vida institucional con el propósito de utilizar la energía que se genera en esta modalidad de movimiento social a favor de sus propios procesos de innovación pedagógica en las aulas. John Dewey ya recomendaba hace más de un siglo las virtudes de un sistema educativo basado en los mecanismos de aprender haciendo, sobre todo cuando este tipo de actividades se llevan a cabo para resolver las necesidades y problemas de la comunidad a la que pertenecen los participantes (Dewey, 1909, 2004; ver también Eaves y Harwood, 2018). Así, una educación centrada en las virtudes de la cultura *maker* tiene la fortaleza de desarrollar en las y los estudiantes¹ las competencias para demostrar qué tanto puede hacer una persona con lo que sabe, así como poder comunicar los alcances y atributos de sus creaciones.

En México, el extinto Instituto Nacional del Emprendedor (INADEM) certificó, hasta 2018, a 27 espacios como talleres de alta especialización que agrupan a *makerspaces*, *hackerspaces* y *fablabs* en 13 estados de la República (Secretaría de Economía, 2018). Llama la atención la diversidad de condiciones certificadas para su operación, las cuales incluyen espacios privados, centros comunitarios, asociaciones artesanales, laboratorios con presencia de equipamiento biológico y químico, así como escenarios de educación superior y parques tecnológicos. Más allá de la diversidad, todos los espacios coinciden en tener la capacidad de apoyar la creación de una cultura de innovación y emprendimiento que busca la incubación de pequeñas, medianas y grandes empresas. El INADEM fue transformado en el Fondo Nacional Emprendedor (FNE) de la Unidad de Desarrollo Productivo (UDP) en octubre de 2019, y su espíritu de apoyo a la innovación se mantiene en términos de “desarrollo de capital humano; fortalecimiento de capacidades productivas, tecnológicas y de innovación, así como su

inserción en cadenas de valor y proveeduría” (Secretaría de Economía, 2019:2). En este sentido, es palpable la necesidad de seguir apoyando este tipo de agenda para el desarrollo social y económico de una nación.

En la educación superior varias instituciones como el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y la Universidad de Stanford, en Estados Unidos; la Universidad de Tianjin, en China (Xue y Zhang, 2017); y en México la Universidad Anáhuac, el Tecnológico de Monterrey y la Universidad Autónoma de Nuevo León han acogido y promovido este tipo de modelos educativos con sitios dedicados en sus campus a las actividades de un *makerspace* o laboratorio de innovación. A pesar de que estas iniciativas han cobrado fuerza de manera importante en la educación superior a nivel internacional, aún falta demostrar sus efectos de manera empírica en las comunidades educativas a las que pretenden servir, tanto en un sentido académico como actitudinal (Martin, Dixon y Betser, 2018; Unterfrauner y Voigt, 2017), respondiendo a preguntas como: ¿Qué tipo de servicios ofrecen?, ¿qué tipo de habilidades son desarrolladas por sus participantes?, ¿cuáles son las áreas de oportunidad que deben atenderse como parte de las trayectorias de aprendizaje de los alumnos?

En este artículo respondemos a este tipo de interrogantes a través de un estudio mixto en el que estudiamos a fondo las percepciones de los alumnos de un campus de una universidad privada del norte de México, el Tecnológico de Monterrey. El objetivo fue evaluar las posibilidades y retos en el uso de un *makerspace* universitario para el desarrollo de prácticas sociales de innovación en sus trayectorias de aprendizaje. Los resultados obtenidos ilustran las estrategias de solución de dicha universidad para crear una cultura de innovación entre sus alumnos.

La innovación como práctica social

De acuerdo con Kelley (2002), la innovación es una pieza central del desarrollo de cualquier institución o empresa exitosa de la sociedad del conocimiento. Un componente esencial de la innovación es la creatividad, la cual, más allá de ser un atributo personal, es el resultado del trabajo en equipo, dándole forma a la manera en la que las organizaciones se plantean sus metas y organizan su ambiente laboral. La creatividad es la capacidad humana de generar ideas, resolver problemas y explotar nuevas oportunidades. Empresas como Steelcase y laboratorios como IDEO se han propuesto como objetivo fundamental apoyar la creatividad en el lugar de trabajo y

en otras organizaciones académicas y de la sociedad civil para incrementar la productividad a través de la habilidad de los equipos para resolver problemas eficientemente y crear valor colectivamente.

Adicionalmente, Steelcase (2017) plantea que el desempeño de las personas es altamente dependiente de la calidad de su entorno y de su bienestar físico, cognitivo y emocional. En este sentido, los miembros de la así llamada generación *millennial* suelen demostrar fuertes expectativas de poder elegir y controlar su ambiente de trabajo, privilegiando su propia expresividad, confort, conexiones sociales y sentido de propósito en el trabajo. Steelcase posiciona de manera más contundente su apuesta por el entorno físico cuando plantea que existen fuertes vínculos entre la cognición y los atributos físicos del ambiente. En particular, este despacho postula que las claves ambientales que encuadran largas y amplias vistas, techos altos y transitar por espacios con diferentes configuraciones permiten crear nuevas perspectivas y conexiones de maneras novedosas. Similarmente, son positivas las oportunidades de exposición a la naturaleza y a la luz solar, lo que genera endorfinas que mejoran el estado de ánimo, los procesos de atención y la posibilidad de contemplar enfoques alternativos (Chan y Nokes-Malach, 2016; Lipnicki y Byrne, 2005). Esta empresa apuesta por espacios en los que se puedan crear lazos sociales a través de la interacción informal, la reflexión y la celebración colectiva.

Sin embargo, es evidente que la innovación es mucho más que espacios amplios y bien iluminados, con buenas vistas al exterior. Aunque estos elementos son atributos necesarios para la innovación y la creatividad, quizá no sean suficientes para que se desarrollen nuevas formas de organización social que involucren la resolución conjunta de problemas. La innovación ocurre en el seno de la transformación de una práctica social, cambiando la manera en la que se realizan diferentes actividades colaborativamente. La innovación no es un territorio de inventos de genios prodigiosos que trabajan individualmente, sino el resultado de los mecanismos de apropiación de un espacio o herramienta por parte de un colectivo que la utiliza para resolver un problema, alcanzar un objetivo común o atender sus necesidades. Esta mirada implica reconocer que la innovación es mucho más que la creación de nuevos artefactos y sus usos, pues es de hecho la creación de nuevos significados e interpretaciones, lo que genuinamente produce el cambio socialmente respaldado por un grupo. Esto es, los cambios en escenarios, usos de herramientas y actividades realizadas se convierten en innovaciones

solamente cuando comienzan a desempeñar un papel significativo en las prácticas sociales de los participantes (Tuomi, 2006).

En este sentido, la práctica social está constituida por formas de acción reproducidas colectivamente. Los artefactos tecnológicos suelen desempeñar un papel importante en la formación de la práctica social, ya que ellos externalizan aspectos de dicha práctica y los transforman desde la esfera mental y hacia el mundo material concreto. Las prácticas, por lo tanto, existen en una compleja red de herramientas, conceptos y expectativas (Lave y Wenger, 1991; Wenger, 2010a, 2010b). Cuando hablamos de una práctica social, asumimos que hay una forma recurrente de actividad que tiene cierta estabilidad, lo que a su vez hace compleja la posibilidad de que sea reconfigurada. El significado de una práctica tiene su origen en una comunidad, cuyos miembros son los usuarios de artefactos y herramientas y quienes dan sentido a las metas que se desean alcanzar y los usos de estos artefactos para lograrlas. La motivación para la innovación puede ser identificada en la manera en la que se resuelven tensiones y contradicciones que afectan al colectivo (Engeström, 2014), a través del uso de herramientas y sistemas de actividad que ayudan a aliviar estas tensiones y atender las necesidades de la comunidad. En consecuencia, el enfoque principal de los estudios de innovación debe de darse en el nivel de la práctica social.

Metodología

Este estudio sobre los significados, usos y prácticas del *makerspace*, conocido como *InnovAction Gym* en el Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey, se llevó a cabo en diversas etapas. En primera instancia, se investigaron cuáles son las prácticas sociales más habituales en el *makerspace* bajo estudio a través de métodos de investigación cualitativos, tales como observación no participante, grupos de enfoque y entrevistas con actores clave. En una segunda etapa se aplicó un cuestionario a los miembros de la comunidad estudiantil de dicha universidad, con el fin de saber cuáles eran sus percepciones y significados con respecto al uso de este espacio. En otras palabras, se trata de un estudio mixto, secuencial, **QUAL + QUAN** (Creswell y Plano Clark, 2017), cuyos objetivos específicos involucraron:

- Describir las características del *makerspace*, así como los significados que le atribuyen los usuarios.

- Describir el funcionamiento y los diferentes usos que le dan los participantes.
- Describir el tipo de proyectos de innovación que se desarrollan y las habilidades que los estudiantes ponen en juego.
- Analizar la interacción entre los participantes y la construcción de redes sociales en el contexto del *makerspace*.

Escenario

Como se señaló con antelación, la configuración y atributos espaciales tienen un papel central cuando se trata de detonar procesos creativos y colaborativos que abonen al desarrollo de prácticas sociales de innovación. Es por esto que a continuación se describen con detalle las características ambientales y el tipo de actividades que se realizan en el *makerspace* o *InnovAction Gym* (Bonilla, Manríquez, Rodríguez y Ferchow, 2015).

El *InnovAction Gym* del Tecnológico de Monterrey se encuentra ubicado en un tercer nivel de un edificio con vista panorámica al campus. Cuenta con dos grandes áreas: la académica-social y la del laboratorio.

El área académica-social, denominada *Fractal Room*, está ubicada en un espacio amplio (950 m²) con mobiliario que se puede acomodar de manera flexible para actividades escolares o de investigación, así como seminarios o trabajo en equipo. Las secciones pueden ser delimitadas no solamente por el arreglo de mesas y sillas, sino también por paredes de cristal que pueden ser desplazadas, acomodadas y agrupadas según las necesidades de cada actividad. Esta área tiene también un salón dedicado a la lluvia de ideas y el debate sobre su originalidad para resolver un problema, el salón se denomina el *Sparring Room*. Honrando el valor del trabajo interdisciplinario, se ha habilitado un conjunto de cubículos en los que se ubican profesores de todas las disciplinas, como humanidades, educación, ingeniería, arquitectura, medicina, negocios y ciencia política, asesorando los proyectos que desarrollan los alumnos. Este conjunto de cubículos es denominado la *Escuela de Atenas*, emulando el espíritu de trabajo helenístico, colegiado y democrático entre las diferentes disciplinas académicas para encontrar soluciones a problemas complejos. Se cuenta también con otra sala de reuniones denominada *Esferas de innovación*, dedicada a la incubación de *startups* que materializan los prototipos de alumnos en iniciativas de emprendimiento con potencial de comercialización. Por último, el área académico-social cuenta con una mesa de

billar y está rodeada por un conjunto de hamacas de gran tamaño, hechas con cojines industriales que cuelgan de pesadas cadenas desde el techo de este nivel del edificio. Este equipamiento de tipo lúdico permite que los participantes puedan tener momentos de esparcimiento y descanso, los cuales son fundamentales para el diagnóstico de problemas y necesidades con una mirada amplia, el desarrollo de ideas originales y disruptivas para atender dichos diagnósticos y, sobre todo, para tener el permiso de proponer sin temor a equivocarse.

El área del laboratorio (250m²), por otro lado, cuenta con una mesa de trabajo para la programación de circuitos, pulido y armado de piezas, así como espacios para elaboración de bocetos y planos. Esta mesa está rodeada por cuatro impresoras 3D, una máquina de corte y grabado láser y un *router* industrial para el corte y perforación de piezas gruesas y de amplio perfil. Hay también un conjunto de casilleros para que los usuarios puedan guardar sus pertenencias temporalmente y las paredes tienen agrupadas las más diversas herramientas en cajones y ménsulas: martillos, desarmadores, taladros, limas, pinzas, tijeras, cables, flejes, tornillos, baterías, cintas, pegamentos, entre otros elementos, forman parte de este conjunto de insumos para la elaboración de prácticamente cualquier objeto. El laboratorio presenta así una configuración orientada a la utilización de máquinas de fabricación digital para producir prototipos en resina, plástico, madera, acero, concreto e incluso en derivados biológicos como el micelio. Asimismo, el laboratorio cuenta con computadoras con acceso a bases de datos especializadas en patentes y registros de autor con el fin de que los usuarios puedan revisar la originalidad de sus innovaciones y evitar así conflictos de intereses legales con otros prototipos y patentes en el mercado. Por último, hay una sala de ingeniería inversa, denominada *Frankie Lab*, en la cual se invita y permite que los participantes abran piezas y mecanismos ya desarrollados previamente para comprender su funcionamiento de manera retroactiva a partir de su diseño.

El flujo de participación y trabajo en el *makerspace* puede ser descrito de la siguiente manera:

- 1) El espacio está abierto a cualquier miembro de la comunidad universitaria. Al llegar a la recepción, el usuario debe llenar un registro en que declara los fines de uso del *makerspace* para un periodo de-

terminado o proyecto específico. Los profesores pueden declarar en el registro el uso de las instalaciones para fines de docencia, además de investigación.

- 2) Los alumnos pueden desarrollar proyectos o llevar a cabo tareas específicas para sus materias. Para esto, pueden solicitar asesorías en la *Escuela de Atenas*, o agendar una cita de trabajo en el laboratorio. También pueden participar en equipos que estén desarrollando proyectos y prototipos de solución en los cuales puedan abonar desde su formación profesional.
- 3) El *makerspace* desarrolla también eventos especiales llamados “hackatón” (*hack day*, *hackfest* o *codefest*), los cuales reúnen programadores, desarrolladores, diseñadores gráficos y otros creadores, estudiantes y profesores de la comunidad universitaria, para colaborar en proyectos de resolución de problemas que buscan explorar, ingeniar y diseñar ideas para crear nuevas tecnologías e implementar proyectos.
- 4) Adicionalmente, el *makerspace* ofrece talleres con temáticas específicas, tales como *design thinking* y otras metodologías creativas, seminarios de todas las áreas académicas orientadas a la innovación, capacitación sobre el uso de máquinas de fabricación digital, e incluso reuniones informales para el desarrollo de redes sociales entre participantes de este espacio.
- 5) El uso del espacio y de las máquinas de fabricación digital del laboratorio no tiene costo para la comunidad universitaria, solo se cobra a usuarios corporativos para eventos especiales solicitados externamente.

Se calcula que el total de usuarios del *makerspace* para un semestre académico en promedio ronda los 8,000 alumnos, en un horario que abarca desde las 7 de la mañana y hasta la media noche, y en muchas ocasiones con permiso de utilización las 24 horas del día para el desarrollo de proyectos con entregas inaplazables.

Participantes

En la parte cualitativa de este estudio se llevaron a cabo 20 entrevistas individuales (15 profesores y autoridades y 5 alumnos) y dos grupos focales, uno con profesores (8) y otro con estudiantes (11). En la parte cuantitativa se invitó a participar en la encuesta a 16,100 alumnos que conforman la comunidad estudiantil de la universidad que fue objeto de este estudio.

Para ello se utilizó un instrumento diseñado con base en las principales categorías cualitativas obtenidas previamente.

Procedimiento

El material discursivo obtenido mediante entrevistas semiestructuradas y grupos de enfoque realizados con alumnos, exalumnos y profesores usuarios frecuentes del *makerspace* universitario, así como con las responsables actuales del espacio y algunos de sus fundadores, fue trabajado secuencialmente a través de diferentes fases. En primer lugar, las audiorecordinaciones y videorecordinaciones fueron transcritas literalmente (*verbatim*) y convertidas en texto. Posteriormente, cada texto fue sometido a una lectura detallada y colegiada que permitió codificarlo a partir de la identificación de temas y subtemas relevantes en función de las preguntas de investigación. Finalmente, esos temas y subtemas fueron convertidos en categorías y subcategorías significativas que, si bien se presentan de manera separada con fines analíticos, todas se encuentran articuladas y dan cuenta de cómo se concibe al *makerspace* universitario, lo que se produce en su interior y su impacto en distintos niveles de la práctica educativa y el desarrollo de proyectos de innovación; todo ello, desde la perspectiva de sus usuarios y de quienes atienden de distintas formas este espacio.

Posteriormente, estas categorías cualitativas informaron la construcción de los reactivos de la encuesta que se aplicó a la comunidad estudiantil a través de la herramienta *Survey Monkey*. Para diseñar la encuesta, los autores de este artículo propusieron colegiadamente las preguntas que indagaron cuantitativamente sobre los aspectos que los participantes mencionaron como áreas centrales de su involucramiento con la práctica social de innovar en el *makerspace* universitario. Así, las respuestas a los reactivos de la encuesta robustecieron la información obtenida primeramente de manera cualitativa.

Estadística descriptiva

La encuesta correspondiente a la etapa cuantitativa fue respondida por 2,148 miembros de la comunidad estudiantil del Tecnológico de Monterrey (56% hombres, 44% mujeres), con un rango de edad de los 17 a los 52 años y con una edad promedio de 21 años. Sin embargo, la gran mayoría de quienes la respondieron se encuentran en el rango de los 17 a los 21 años (67%).

El 100% de los respondientes son estudiantes activos, cursando alguna carrera profesional o un posgrado. Participaron en esta encuesta 2,058 alumnos de 51 carreras profesionales en sus diferentes modalidades (tradicional, internacional, trayectorias y exploración) y 90 alumnos de 23 posgrados (9 doctorados, 11 maestrías y 3 especialidades).

De los 2,148 participantes, 1,037 (48%) manifestaron haber hecho uso del *makerspace*: 1,001 corresponden a alumnos de nivel profesional (46%) y 36 (2%) de posgrado.

Resultados

Las categorías y subcategorías producidas a partir de la interpretación del material discursivo y apuntalada por la información estadística son las que se observan en la tabla 1.

TABLA 1
Categorías y subcategorías resultantes del estudio

Categorías	Subcategorías
1. Identidad del <i>makerspace</i>	1.1. Atributos físicos del espacio y experiencia de los usuarios 1.2. Significados del espacio 1.3. El espacio universitario dedicado como <i>makerspace</i>
2. Funcionamiento del <i>makerspace</i>	2.1. Intencionalidad y dosificación del uso del <i>makerspace</i> 2.2. Actividades que se realizan en el <i>makerspace</i> 2.3. La regulación y normatividad del espacio 2.4. Concepto vs. operación del <i>makerspace</i>
3. Las relaciones en el contexto del <i>makerspace</i> y sus efectos	3.1. El andamiaje brindado por profesores y responsables del <i>makerspace</i> 3.2. La interdisciplina y sus límites 3.3. La organización en red: condición para la innovación abierta
4. La huella del <i>makerspace</i>	4.1. En la formación de los estudiantes (impacto) 4.2. En el desarrollo de proyectos de innovación 4.3. Congruencia con el modelo educativo de la institución

Fuente: elaboración propia.

Dado el énfasis de este artículo en la práctica social de la innovación, nos enfocaremos principalmente en explorar los significados que los participantes atribuyen al espacio, las actividades y relaciones que en este se desarrollan, así como sus efectos formativos en los participantes. Los datos cualitativos y cuantitativos se presentarán secuencialmente para cada categoría. En su conjunto, las categorías responden a la pregunta de investigación: ¿Cuáles son los retos y posibilidades de un *makerspace* universitario para el desarrollo de prácticas sociales de innovación entre sus usuarios?

Identidad del *makerspace*

El *makerspace* de esta universidad es concebido por sus usuarios como un lugar abierto, cómodo y dinámico, asociado con el concepto de libertad, tanto por sus espacios amplios sin paredes y su mobiliario móvil como por las reglas de acceso flexible, que permite estancias extendidas y enfocadas en el desarrollo de ideas y prototipos. Algunos usuarios llegan a pasar largas jornadas trabajando en este espacio, convirtiéndolo incluso en una especie de segunda casa por la cual pueden transitar y utilizar las herramientas disponibles como la impresora 3D y la cortadora láser.

En congruencia con lo anterior, en la encuesta se encontró que ante la interrogante, “¿Qué conoces del *makerspace*?”, el 25 % de los participantes (529 alumnos) lo identifica o describe como un espacio o lugar de trabajo/estudio confortable, innovador y de recreación, que fomenta la innovación, la creatividad, el trabajo en equipo o multidisciplinario y la generación de ideas y proyectos, así como el desarrollo de prototipos. En él se llevan a cabo talleres, clases y eventos.

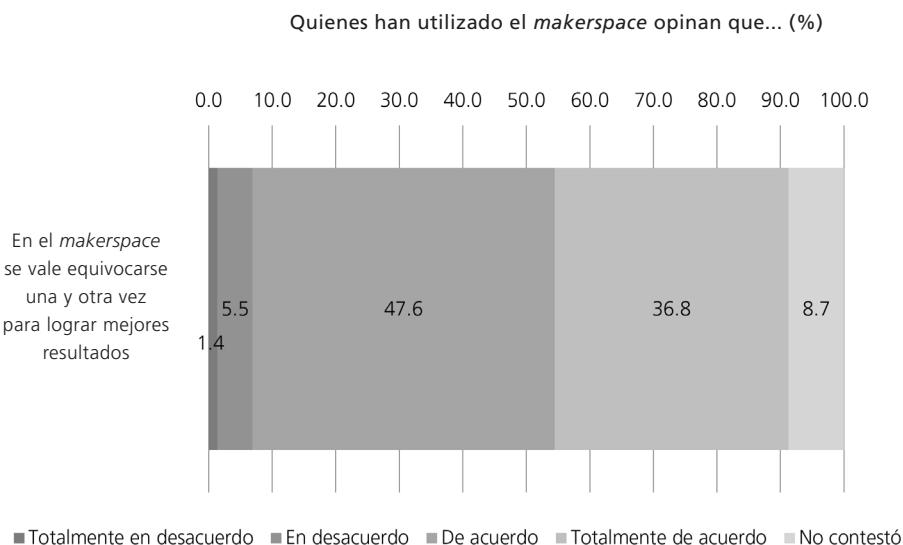
El 74.7% de los respondientes tiene una apreciación positiva del espacio y de su experiencia como usuarios del *makerspace*, ya que considera que el mobiliario es cómodo y el lugar en general es agradable y propicio para trabajar en libertad.

Quienes han hecho uso del lugar lo valoran, ya que el 84.4% manifiesta que es un lugar en donde se vale equivocarse una y otra vez para lograr mejores resultados (figura 1). De igual manera, el 72% de los usuarios del laboratorio coincide en que dicho espacio es parte fundamental y razón de ser del *makerspace*, y que es esencial en la elaboración de prototipos para la consolidación de proyectos de innovación, además que será de utilidad para su vida laboral debido a la experiencia adquirida por el uso de los

equipos; en este mismo sentido, destacan las características de este *makerspace*, tales como la facilidad de acceso al equipo y materiales, costos más económicos, o incluso gratuitos, para el uso de los equipos y el hecho de aprender haciendo. Otros puntos de conformidad son la cantidad suficiente de equipos y el estado óptimo de los mismos.

FIGURA 1

La posibilidad de equivocarse



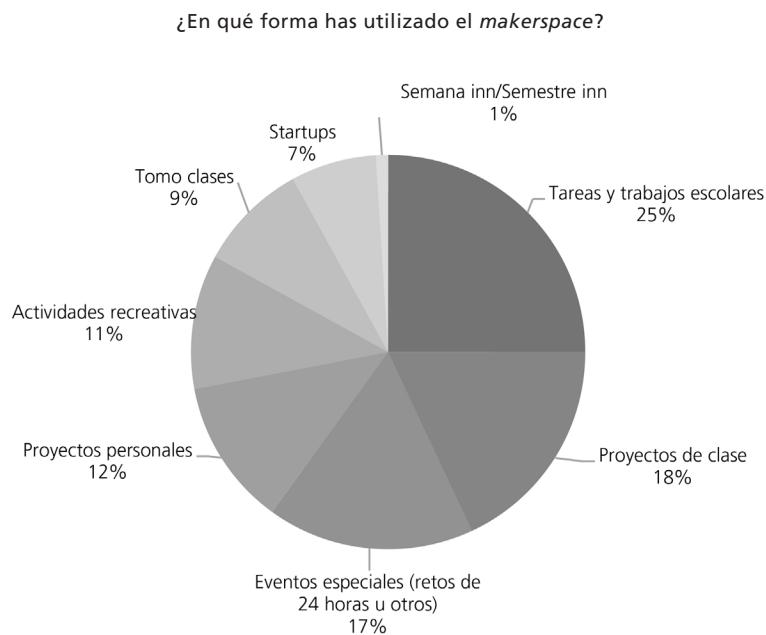
Fuente: elaboración propia.

Funcionamiento del *makerspace*

De acuerdo con la encuesta, las tres formas más frecuentes de uso declaradas para el *makerspace* son: 25% para realizar tareas y trabajos escolares, 18% para llevar a cabo proyectos de clase y 17% para acudir a eventos especiales (figura 2).

En términos generales, la estimación del funcionamiento del *makerspace* es favorable, ya que el 53.1% de los encuestados que manifestó haber hecho uso de ese espacio opina que es un lugar adecuado para tomar clases, además de que el contenido de las materias que estudian y las actividades que llevan a cabo en el *makerspace* están vinculados.

FIGURA 2

Formas de uso del makerspace

Fuente: elaboración propia.

Ahora bien, en lo que se refiere al tipo de innovaciones que se producen en el *makerspace*, los proyectos incluyen los más variados temas, como el desarrollo de exoesqueletos para personas con discapacidad, fibras textiles autoventilantes, plataformas educativas mediadas por el uso de tecnología digital o la producción de conservadores derivados del extracto de aguacate. La mayoría de estas innovaciones busca desarrollar de manera original soluciones que puedan tener un impacto en el alivio de los problemas globales que enfrentamos como sociedad actualmente.

Desde la perspectiva de algunos de los responsables del *makerspace*, los casos de éxito no son necesariamente aquellos en que el equipo logró vender un producto, “sino los que a través del trabajo interdisciplinario pueden generar una idea disruptiva..., no somos una incubadora o una aceleradora o una oficina de transferencia tecnológica” (20170904AlondraEN). En consonancia con esto, una de las fundadoras del *makerspace* señala que un muy buen indicador de impacto es: “[...] que nosotros somos capaces de

generar encuentros de profesores de diferentes disciplinas para generación de proyectos y que ese proyecto perdure y se pueda conectar con otros agentes de emprendimiento, de innovación en el campus” (20170904EréndiraEN).

Entre los casos de éxito, podemos mencionar los siguientes:

OMNIUS: se trata de un equipo que describe su proyecto de la siguiente manera:

[...] nosotros hacemos ropa inteligente que busca aumentar la capacidad del cuerpo humano para regular sus temperaturas [...] el objetivo de esto es que te mejore la calidad de vida en el momento de estar haciendo una actividad física o cuando estás viviendo en un lugar muy caluroso o muy frío, pero el objetivo final del proyecto es evitar el uso del aire acondicionado y la calefacción, que es un sistema súper ineficiente (20170912EstudiantesGF).

La responsable del laboratorio del *makerspace* al momento de realizar esta indagación, comenta que este equipo ha utilizado dicho espacio como esperarían que todos lo utilizaran:

[...] se conocieron, empezaron a trabajar, empezaron a buscar fondos, se metieron a nuestras convocatorias de INADEM y ahorita que están más avanzados están prototipando, entonces ellos mismos hacen sus máquinas, ellos mismos inventan sus materiales y están ya en un nivel mucho más alto que muchos (20170904AlondraEN).

Guante terapéutico: se encuentra desarrollándolo un equipo liderado por un estudiante de Ingeniería en Innovación y Desarrollo. Él lo describe de la siguiente manera: “es un guante para rehabilitación motriz de la mano en pacientes con infarto cerebral [...] monitorea tus movimientos y lo hace un juego para que la rehabilitación sea mucho más efectiva y divertida” (20170912EstudiantesGF). Por su parte, una de las fundadoras del *makerspace* señala que este es un claro ejemplo exitoso porque:

[...] ha podido integrar conocimientos de diferentes cursos e implementarlos en su proyecto [también] porque tiene su sistema de soporte tanto del hospital como parte de protección intelectual, como parte de prototipado; porque el alumno ha sido capaz de aprovechar todos los recursos de la universidad en su proyecto específico (20170904EréndiraEN).

Este proyecto ya se encuentra en la fase de comercialización en clínicas y hospitales.

BIOHUB: se trata de un equipo liderado por un exalumno y una estudiante de Ingeniería en biotecnología. En sus propias palabras, el proyecto consiste en: “desarrollar equipo de acceso abierto para la biología molecular con un enfoque educativo, para estudiantes de preparatoria y universidad” (20170912EstudiantesGF). La responsable del laboratorio del *makerspace* lo identifica como un proyecto exitoso por lo siguiente: “algo que yo veo que ellos tienen es que están muy bien conectados, o sea, se han abierto muchas puertas como que a nivel global con la gente que está en el mismo movimiento, que es el *biohacking*”. Añade que uno de sus líderes está muy bien posicionado en dicho movimiento y esto, a su vez, los ha ayudado a posicionar su proyecto y a conseguir fondos, así como consultoría de expertos.

También en relación con las características de los equipos de trabajo que utilizan el *makerspace* para desarrollar sus proyectos, el 62.4% de los usuarios encuestados opina que el valor del trabajo interdisciplinario es crucial para el desarrollo de proyectos colaborativos.

Las relaciones en el contexto del *makerspace* y sus efectos

Las entrevistas realizadas a los usuarios del *makerspace* revelan que, desde su mirada, la cercanía y la cordialidad definen los vínculos existentes entre profesores y encargadas del *makerspace* con los estudiantes, y queda claro que el andamiaje que aquellos brindan a estos últimos resulta una pieza clave para el desarrollo de sus proyectos de innovación. Una de las fundadoras de este espacio señala que “la mayoría de los proyectos más valiosos del *makerspace* están organizados a través de profesores que están convocando a la comunidad, invitando a alumnos de diferentes áreas [...] se necesita encontrar esos líderes, esos profesores que les guste colaborar, de diferentes disciplinas” (20170904EréndiraEN).

Esto nos habla de que la labor del profesor comienza con la motivación de los estudiantes para que participen en el desarrollo de los proyectos de innovación, y coincide plenamente con la perspectiva de los alumnos, quienes, recuperando su experiencia, sostienen que desarrollar un proyecto requiere del acompañamiento técnico y personal (apoyo afectivo y motivacional) de un profesor. Similarmente, los estudiantes entrevistados hacen referencia a la motivación que les genera trabajar en el *makerspace*. Asisten

a realizar sus proyectos por un interés personal, por lograr las metas que ellos mismos se han impuesto como equipo:

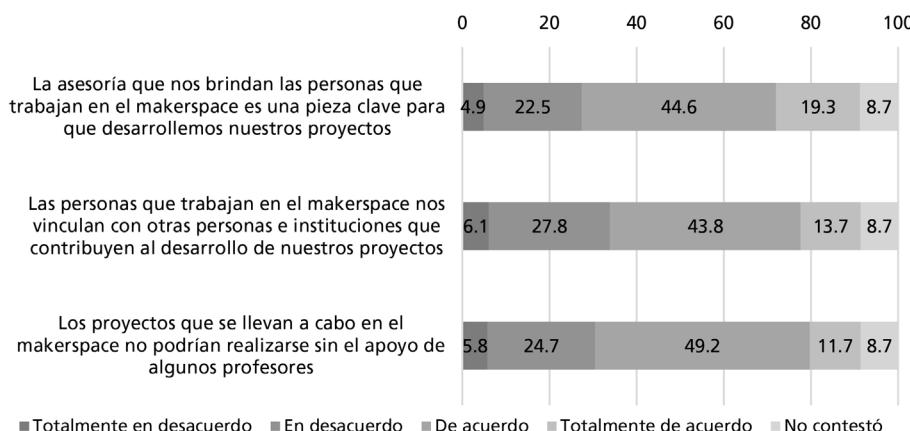
En realidad, no es un proyecto que lo estemos haciendo por alguna calificación, sino más bien es la motivación que tenemos nosotros por aprender, por adquirir conocimientos. Como te decía al principio, conocimientos extracurriculares, fuera de lo que te enseñan en tu carrera..., salir de ese como cajón y aprender otras cosas que también te pueden servir (20170911SergioEN).

Lo expresado por los alumnos nos habla de un compromiso activo con su proceso de aprendizaje (*engagement*), lo cual contribuye de manera positiva en la gestión de sus proyectos. Esto a su vez va aparejado del desarrollo de habilidades personales y sociales en los estudiantes, como: la autorregulación, el liderazgo y el trabajo en equipo.

En esta misma línea, los usuarios estiman de manera positiva el conjunto de ayudas, orientaciones e información recibidas, ya que el 60.8% de los encuestados concuerda en que tanto la asesoría como la vinculación con otras personas e instituciones que les brindan los profesores y demás personas que laboran en el *makerspace* son pieza clave para el desarrollo y consolidación de sus proyectos (figura 3).

FIGURA 3
Asesoría recibida

Quienes han utilizado el *makerspace* opinan que... (%)



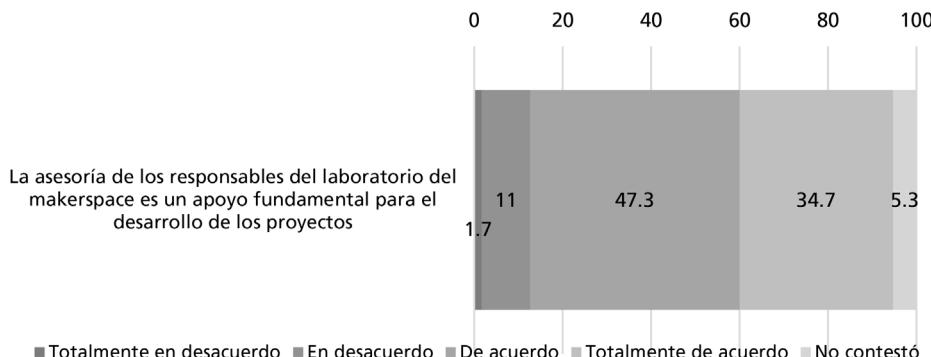
Fuente: elaboración propia.

De manera particular, el 82 % de quienes han hecho uso del laboratorio del *makerspace* consideran que la asesoría de los responsables de este espacio es un apoyo fundamental para el desarrollo de los proyectos (figura 4).

FIGURA 4

Asesoría del laboratorio

Quienes han hecho uso del laboratorio/taller del *makerspace* opinan que... (%)



Fuente: elaboración propia.

Puede apreciarse, entonces, que el *makerspace* es un terreno fértil para la organización de sus usuarios en una red social en que la innovación abierta se lleva a cabo. En esta red se establecen relaciones cordiales y de colaboración en términos de encuentros ocasionales y casuales, así como los planeados en este escenario. Los procesos de participación en la práctica de innovar los va hermanando en la búsqueda de sus propias metas, en la manera en que comparten el uso de los mismos espacios y herramientas del taller de prototipado y en el sentido de comunidad que va emergiendo a través de la identificación que van teniendo con los procesos en los que todos los proponentes de proyectos participan, como es la búsqueda de financiamiento y el registro de patentes. En congruencia con esto, el 64% de los usuarios encuestados considera que están organizados de manera productiva a través de redes de colaboración y que incluso pueden llegar a sentirse parte de una comunidad.

En este sentido, la colaboración en el *makerspace* permite que los participantes resuelvan los problemas que atienden de manera conjunta en sus proyectos. Así, podemos mencionar que los integrantes del proyecto *OMNIUS* han diseñado exitosamente textiles autoventilantes para personas,

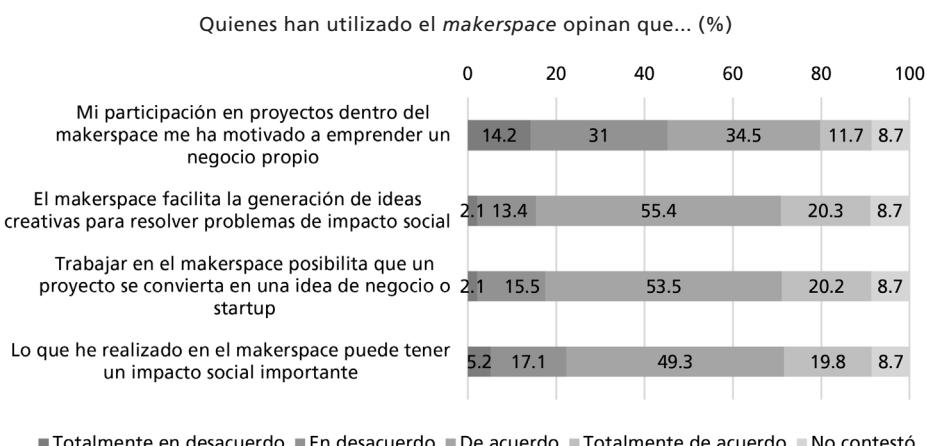
los cuales además permiten el ahorro de energía en los espacios en los que se encuentran interactuando los usuarios de dichos textiles. Similarmente, los participantes del proyecto del *Guante terapéutico* reportan que su colaboración ha logrado la rehabilitación de pacientes con secuelas motrices posteriores a eventos de infarto cerebral. Por último, podemos mencionar que la construcción social de la innovación entre los miembros del proyecto *BIOHUB* ha permitido la enseñanza de contenidos científicos, en particular en biología molecular, socializándolos a través de una plataforma de aprendizaje mediado por tecnología. Todos estos son ejemplos de construcción colaborativa de conocimientos y soluciones innovadoras.

La huella del *makerspace*

Por otra parte, en lo que se refiere al impacto del *makerspace* en la formación académica, sin duda ha sido predominantemente positivo, pues además de los beneficios identificados por los estudiantes entrevistados, el 70.7% de los usuarios encuestados considera que les ha ayudado a aplicar el conocimiento, a trabajar de manera colaborativa y creativa en la solución de problemas, a ejercitarse en posiciones de liderazgo y a desarrollar una mirada profesional. Similarmente, el 66.2% considera que el *makerspace* les ayuda a iniciar una unidad de negocio o *startup* (figura 5).

FIGURA 5

Emprendimiento como resultado de la participación en el makerspace



Fuente: elaboración propia.

De este modo, las fortalezas del *makerspace* pueden resumirse en que es un espacio integrador, un escenario que tiene todas las herramientas, las relaciones y el acompañamiento, en el que la ideación y el prototipado se pueden dar en el mismo lugar, sin tener que desplazarse hacia otros espacios del campus o fuera de este. Desde la perspectiva de sus usuarios, la creatividad, la espontaneidad y la libertad son sus virtudes fundamentales, y por eso lo valoran y desean conservarlo.

Discusión

En este artículo se ha presentado un estudio que respondió a la pregunta de investigación “¿Cuáles son los retos y posibilidades de un *makerspace* universitario para el desarrollo de prácticas sociales de innovación entre sus usuarios?” Los resultados demuestran que el *makerspace* coadyuva en cuatro aspectos o categorías de innovación como práctica social:

- 1) el *makerspace* se constituye como un espacio con una identidad distinta a otros dentro del campus universitario, esta identidad está asociada con un ambiente de libertad y exploración que permite crear y proponer sin temor a poder equivocarse;
- 2) es un espacio fértil para el desarrollo de proyectos innovadores con soluciones disruptivas a problemas actuales, entre los que destacan varios casos de éxito que han pasado de la etapa del prototipado a la obtención de recursos y la comercialización;
- 3) proporciona un conjunto de relaciones de acompañamiento de profesores a los alumnos que los alienta a participar en proyectos y colaborar entre ellos, estas relaciones producen un efecto de involucramiento genuino (*engagement*) que potencia el aprendizaje autorregulado; y
- 4) es un espacio que permite que los alumnos desarrollen posiciones de liderazgo, de aplicación innovadora de su conocimiento profesional, y fomenta el que puedan pensar con autonomía sobre la trayectoria que desean construir en sus vidas, incluyendo la posibilidad de emprender nuevas unidades productivas y tecnológicas que aporten con originalidad al desarrollo académico, social y económico.

Todos estos aspectos o categorías confirman que los esfuerzos institucionales para desarrollar habilidades de innovación en los participantes del *InnovAction Gym* han rendido frutos alentadores, los cuales tienen que ver con el diseño

de un modelo de interacción más parecido a los ambientes educativos no formales, en términos de su libertad, flexibilidad curricular y cercanía con las necesidades y problemas de su comunidad. Estos elementos ayudan a configurar una cultura de innovación entre los participantes, quienes aprecian pertenecer a este grupo social para poder resolver juntos diferentes problemas que coinciden en percibir como relevantes en su vida cotidiana, académica o laboral.

La cultura *maker* incluye una amplia gama de actividades que buscan combinar curiosidad, innovación y creatividad. Así, los espacios creados por y para el trabajo experimental de los *makerspaces* pueden resultar emancipadores porque son epistemológicamente diversos y exponen a los creadores a diferentes formas de conocimiento (Freire, 2005; Lewis, 2012). Un rasgo importante de esta cultura es que está desarrollándose en grupos de pares y comunidades, casi sin ningún tipo de organización que las coordine, pareciéndose más a lo que algunos han descrito como una organización en red (Quinlan, 2015; Rheingold, 2003). Todos estos son elementos que en muchas ocasiones son complementarios a lo que suele encontrarse en los sistemas educativos formales de educación superior, que pueden ser más rígidos, procedimentales y desvinculados de su entorno, en comparación con lo que se encontró de manera situada en este estudio.

Como se mencionó en la introducción de este artículo, los factores necesarios para que surja y se desarrolle la innovación yacen en la identificación de tensiones y contradicciones que se dan en las prácticas sociales existentes, conceptualizadas como un conjunto de actividades compartidas por los miembros de un grupo social que colaboran en la búsqueda del logro de una meta conjunta. A manera de ejemplo, podemos analizar la resolución de contradicciones en los tres proyectos exitosos detallados previamente:

- 1) Para el proyecto *OMNIUS*, la contradicción resuelta es la forma de regular la temperatura corporal de tal manera que la persona no dependa del aire acondicionado de una habitación, sino de un proceso personal basado en textiles que proporcionan la ventilación y la regulación térmica adecuada, lo que lo convierte en una manera más autónoma y sostenible de utilización de la energía.
- 2) Para la elaboración del *Guante Terapéutico*, la contradicción resuelta es la falta de motivación y sentido de ajuste de las terapias de rehabilitación tradicional para convertir esta vivencia en un juego de movimientos más eficiente y con sentido para el paciente.

- 3) La contradicción que resuelve *BIOHUB* es la posibilidad de transformar el sentido memorístico de la enseñanza de la biología por un modelo de ciencia ciudadana que crea una versión accesible y distribuida de esta disciplina, a través de soluciones tecnológicas de bajo costo.

Todas estas contradicciones y tensiones son resueltas en el seno de la colaboración de equipos que trabajan con creatividad situada en la resolución de necesidades reales identificadas.

Esto es, los participantes en su rol social de innovadores desarrollan nuevos productos con el propósito de atender las necesidades de los usuarios. Un innovador busca interpretar de la mejor manera posible la naturaleza de las necesidades de los usuarios y sus posibles soluciones. Cuando tiene éxito, es como un poeta popular que pone en palabras lo que todo mundo estaba pensando, pero que nadie había puesto en palabras (Tuomi, 2006). Una manera de ver esta dinámica de cambio es conceptualizar a la innovación como un elemento integral en una ecología cambiante de prácticas sociales y comunidades que producen y reproducen estas prácticas. La innovación usualmente tiene su origen en las necesidades generadas cuando una red de prácticas produce tensiones y formas de reducirlas.

Lo que posibilita un espacio como el *InnovAction Gym* del Tecnológico de Monterrey no es solamente ofrecer un lugar donde se lleve a cabo la creación de prototipos; es también, sobre todo, un espacio en el que los participantes pueden apropiarse de una cultura de innovación, a través de prácticas que son significativas para ellos. Todo esto, transitando a través de rincones nombrados poéticamente en su interior, como el *Fractal Room*, el *Frankie Lab*, el *Sparring Room*, pero también reconociendo el oficio del innovador, de la mano de asesores que los guían, y de la capacidad de colaboración que ofrece el trabajo de pares en red. Este es un espacio con muchas virtudes que merece seguir siendo apoyado y su labor difundida para que más participantes de esta universidad lo utilicen. También es un espacio con varias áreas de oportunidad detectadas, como la falta de difusión en la comunidad universitaria, o la dominancia de las ingenierías sobre otras disciplinas en la definición de los proyectos de innovación. Sin embargo, el espíritu de colaboración que se deja ver en los testimonios y respuestas recabados nos parece que legitima la decisión que ha tomado esta universidad de promover un espacio de este tipo, en el cual se propician y materializan prácticas de innovación entre estudiantes y profesores. Nos

parece, por último, que se trata de un ejemplo inspirador para el fomento de la innovación en otras instituciones de educación superior.

Agradecimiento

Esta investigación se llevó a cabo gracias al financiamiento del Tecnológico de Monterrey. Agradecemos también la colaboración de Jaime Bonilla Ríos, Ewelina Ferchow, Ernesto Rodríguez Leal, Alejandra Díaz de León Lastras y Leticia Cuervo Pérez, por sus testimonios y trabajo fundador del InnovAction Gym del Tecnológico de Monterrey.

Nota

¹ En adelante, en este artículo se usará más fluida la lectura, sin menoscabo de el masculino con el único objetivo de hacer género.

Referencias

- Bonilla, Jaime; Manríquez, Jorge; Rodríguez, Ernesto y Ferchow, Ewelina (2015). “InnovAction Gym”, ponencia presentada en Re-imagine Innovation, Rapid City, 10 de junio.
- Castells, Manuel (2002). *The internet galaxy: Reflections on the internet, business, and society*, Oxford: Oxford University Press.
- Chan, Joel y Nokes-Malach, Timothy J. (2016). “Situative creativity: Larger physical spaces facilitate thinking of novel uses for everyday objects”, *The Journal of Problem Solving*, vol. 9, núm. 1, pp. 29-45.
- Creswell, John W. y Plano Clark, Vicki L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research*, Los Angeles: SAGE Publications.
- Dewey, John (1909). *Moral principles in education / [The Project Gutenberg eBook of Moral Principles in Education]*, Cambridge: Houghton Mifflin Co.
- Dewey, John (2004). *Experiencia y educación*, Madrid: Biblioteca Nueva.
- Eaves, Sally y Harwood, Stephen (2018). “The emergence of makerspaces, hackerspaces, and fab labs: Dewey’s democratic communities of the twenty-first century?”, en R. Heilbronn, C. Doddington, y R. Higham (eds.), *Dewey and education in the 21st century: Fighting back*, Bingley: Emerald Publishing Limited, pp. 37-60.
- Engeström, Yrjö (2014). “Activity theory and learning at work”, en U. Deinet, C. Reutlinger (eds.), *Tätigkeit – Aneignung – Bildung*, Wiesbaden: Springer VS, pp. 67-96. DOI: 10.1007/978-3-658-02120-7_3
- Freire, Paulo (2005). *Pedagogía del oprimido*, 55^a ed., Ciudad de México: Siglo XXI Editores.
- Kelley, Tom (2002). *The art of innovation: Lessons in creativity from IDEO, America's leading design firm*, Londres: Profile Business.
- Lave, Jean y Wenger, Etienne (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Lewis, Tyson Edward (2012). *The aesthetics of education: Theatre, curiosity, and politics in the work of Jacques Rancière and Paulo Freire*, Nueva York: Bloomsbury Publishing USA.

- Lipnicki, Darren M. y Byrne, Don G. (2005). "Thinking on your back: Solving anagrams faster when supine than when standing", *Cognitive Brain Research*, vol. 24, núm. 3, pp. 719-722.
- Martin, Lee; Dixon, Colin y Betser, Sagit (2018). "Iterative design toward equity: Youth repertoires of practice in a high school maker space", *Equity & Excellence in Education*, vol. 51, núm. 1, pp. 36-47. DOI: 10.1080/10665684.2018.1436997
- Quinlan, Oliver (2015). *Young digital makers. Surveying attitudes and opportunities for digital creativity across the UK (Report summary)*, Londres: Nesta, p. 1-16
- Rheingold, Howard (2003). *Smart mobs: The next social revolution*, Cambridge: Basic Books.
- Secretaría de Economía (2018). "INADEM", *Secretaría de Economía* (sitio web). Disponible en: <http://www.inadem.gob.mx/> Instituto Nacional del Emprendedor (consultado: 17 de febrero de 2019).
- Secretaría de Economía (2019). "Reglas de Operación del Fondo Nacional Emprendedor para el ejercicio fiscal 2019", *Diario Oficial de la Federación*, 28 de febrero, pp. 1-61. Disponible en https://www.inadem.gob.mx/wp-content/uploads/2019/02/ROFNE2019_28022019.pdf
- Steelcase (2017). *Creativity, Work and the Physical Environment*, s.l.e: Steelcase-360° Focus.
- Traver-Martí, Juan Andrés y Ferrández-Berrueco, Reina (2016). "Construcción y validación de un cuestionario de actitudes hacia la innovación educativa en la universidad", *Perfiles Educativos*, vol. 38, núm. 151, pp. 86-103.
- Tuomi, Ilkka (2006). "Innovation as multifocal development of social practice", en I. Tuomi, *Networks of Innovation: Change and Meaning in the Age of the Internet*, Oxford/Nueva York: Oxford University Press, pp. 8-35.
- Unterfrauner, Elisabeth y Voigt, Christian (2017). "Makers' ambitions to do socially valuable things", *The Design Journal*, vol. 20, núm. (supl.), pp. S3317-S3325. DOI: 10.1080/14606925.2017.1352835
- Wenger, Etienne (2010a). "Communities of practice and social learning systems: The career of a concept", en C. Blackmore (ed.), *Social learning systems and communities of practice*, Londres: Springer, pp. 179-198. DOI: 10.1007/978-1-84996-133-2_11
- Wenger, Etienne (2010b). "Conceptual tools for CoPs as Social Learning Systems: Boundaries, Identity, Trajectories and Participation", en C. Blackmore (ed.), *Social learning systems and communities of practice*, Londres: Springer, pp. 125-143. DOI: 10.1007/978-1-84996-133-2_8
- Xue, Ting, y Zhang, Yu-Bo (2017). "Evaluation of current operation situation of maker space in Tianjin universities", *Journal of Interdisciplinary Mathematics*, vol. 20, núm. 6-7, pp. 1471-1476. DOI: 10.1080/09720502.2017.1382158

Artículo recibido: 14 de agosto de 2020

Dictaminado: 18 de marzo de 2021

Segunda versión: 12 de abril de 2021

Aceptado: 21 de abril de 2021