

INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO:

ESTUDIOS Y CASOS
DESDE EL POSGRADO

Rosa Leonor Ulloa Cazarez
Inna Artemova
Marco Antonio Chávez Aguayo
Coordinadores



UNIVERSIDAD DE
GUADALAJARA
Red Universitaria e Institución Benemérita de Jalisco

 UDGVIRTUAL®



**INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO:
ESTUDIOS Y CASOS DESDE EL POSGRADO**



UNIVERSIDAD DE
GUADALAJARA

Red Universitaria e Institución Benemérita de Jalisco

Ricardo Villanueva Lomelí
Rector General

Héctor Raúl Solís Gadea
Vicerrector Ejecutivo

Guillermo Arturo Gómez Mata
Secretario General

 UBDGVIRTUAL®

Carlos Iván Moreno Arellano
Rector Interino

Rubén Juan Sebastián García Sánchez
Director Académico

Cynthia Ruano Méndez
Directora Administrativa

Gladstone Oliva Íñiguez
Director de Tecnologías

Angelina Vallín Gallegos
Coordinadora de Recursos Informativos

Alicia Zúñiga Llamas
Responsable del Programa Editorial

Rosa Leonor Ulloa Cazarez
Inna Artemova
Marco Antonio Chávez Aguayo

(Coordinadores)

**INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO:
ESTUDIOS Y CASOS DESDE EL POSGRADO**

México
2023



**UNIVERSIDAD DE
GUADALAJARA**
Red Universitaria e Institución Benemérita de Jalisco

 **UDGVIRTUAL®**

Este libro fue dictaminado por pares académicos con el método del doble ciego y
recibió apoyo de la Universidad de Guadalajara

Primera edición, 2023



UNIVERSIDAD DE
GUADALAJARA
Red Universitaria e Institución Benemérita de Jalisco

D.R. © 2023, Universidad de Guadalajara
Sistema de Universidad Virtual
Avenida de la Paz 2453, Col. Arcos Vallarta
CP 44140, Guadalajara, Jalisco
Tels. 33-3134-2208 / 33-3134-2222 / 33-3134-2200 / ext. 18775
www.udgvirtual.udg.mx

 UDGVIRTUAL®

es marca registrada del Sistema de Universidad Virtual de la Universidad de Guadalajara

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta publicación, su tratamiento informático, la transmisión de cualquier forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros medios, sin el permiso expreso del titular del copyright.

ISBN 978-607-581-060-7 (versión electrónica)
DOI <http://dx.doi.org/10.32870/607.581.0607>

Editado y hecho en México
Edited and made in Mexico

ÍNDICE

Presentación	9
Capítulo 1. Las condiciones para la innovación: una perspectiva desde el posgrado.....	13
Rosa Leonor Ulloa Cazarez	
Capítulo 2. Prometeo: Sistema de Gestión del Conocimiento de Productos de Investigación.....	47
Ana Itzel Betanzos Rodríguez y Rosa Leonor Ulloa Cazarez	
Capítulo 3. Innovación y gestión del conocimiento en un grupo industrial.....	79
Adriana Flores Piña	
Capítulo 4. Fundamentos empíricos para la aplicación de la agricultura de precisión en el cultivo de uva en campos mexicanos. Una revisión de literatura	105
Jorge Eduardo Gaona Hernández	
Capítulo 5. La competencia intercultural en la colaboración científica a nivel educativo superior.....	135
Inna Artemova	
Capítulo 6. Laboratorios tecnocreativos para reducir la deserción en jóvenes adolescentes	159
Mónica Espinoza Torres [†] , Inna Artemova y Jorge Sanabria-Z	
Capítulo 7. Prospectiva de la gestión del conocimiento y la innovación desde la academia	183
Marco Antonio Chávez Aguayo, Inna Artemova y Rosa Leonor Ulloa Cazarez	
Sobre los autores	195

PRESENTACIÓN

En este libro los egresados de la Maestría en Desarrollo y Dirección de la Innovación del Sistema de Universidad Virtual (suv) presentan proyectos donde se evidencian las capacidades que desarrollaron en el transcurso del posgrado para gestionar la innovación a nivel individual y organizacional, donde el conocimiento y la investigación juegan los roles principales.

Los autores de los capítulos partieron de problemáticas que nacieron en contextos con temáticas y necesidades creativas diferentes entre sí, y cuyas soluciones fueron desarrolladas obteniendo inspiración de ambientes productivos diversos con poca o ninguna relación con el contexto del problema. La amalgama de esta diversidad la proporcionaron las perspectivas de innovación y la gestión del conocimiento que se aprecian como ejes temáticos en esta obra.

Quien revise la obra encontrará de interés la aplicación de metodologías como la innovación abierta, de y en los procesos, la innovación educativa y la gestión del conocimiento en situaciones poco convencionales. También podrá identificar las contribuciones de la Maestría en Desarrollo y Dirección de la Innovación (MDDI), en la formación de perfiles profesionales, así como, de forma indirecta, su impacto en los distintos ámbitos organizacionales donde se tiene representación a través de los estudiantes y egresados.

Otra manera de acercarse a este libro es con la perspectiva del entorno en que se crean los proyectos presentados, desde la interacción y relación con los profesores integrantes del cuerpo académico Creatividad, Innovación y Tecnología en la Educación y la Cultura.

Todos los capítulos surgieron de situaciones reales, profesionales y académicas, donde los autores, estudiantes y egresados de los posgrados del suv, de la mano de profesores de la MDDI y miembros del cuerpo académico Creatividad, Innovación y Tecnología en la Educación y la Cultura, trabajaron en problemáticas en el mismo contexto de origen y vigentes en el momento de elaboración de cada capítulo. En la atención de estas situaciones se diseñaron y desarrollaron soluciones con el propósito doble de obtener el grado que corresponde y dar la resolución a las problemáticas identificadas.

Las propuestas siguieron el interés particular de los autores y estuvieron en estrecha vinculación con el contexto que los inspiró. Se presentan en formato sistematizado donde la innovación se manifiesta de forma metodológica y particular en cada capítulo, evidenciando las distintas ópticas, su apropiación, transformación y adecuación de las metodologías de innovación que respondieron a la conveniencia de los casos de estudio, brindando en conjunto una visión compleja y multidimensional, abriendo las posibilidades para replicarse en otros ámbitos y sectores.

Los temas y problemáticas analizados representan situaciones de carácter educativo, de gestión organizacional e industrial, que sirvieron como inspiración a cada autor para modelar a partir del interés y el contexto individual. Así, las soluciones que se describen ilustran la creatividad y el pensamiento estratégico trabajado en los programas del suv.

El capítulo uno presenta la reflexión de Rosa Leonor Ulloa Cazarez, sustentada en teoría y trabajo documental sobre la definición y materialización de la innovación. Introduce un análisis de los conceptos y teorías económicas de la innovación y sus representaciones locales, nacionales e internacionales. Hace hincapié en la pertinencia y el impacto de los posgrados, los que son comúnmente ignorados por los evaluadores de calidad educativa y analistas económicos y políticos. Además, aterriza estas ideas al analizar el caso de un posgrado en innovación en línea, y describe de manera sistemática la forma que toma la innovación como resultado del aprendizaje aplicado de los estudiantes.

En el capítulo dos se plantea que la gestión de la investigación, como producto de conocimiento tangible, debe ser transformada para vincular tendencias

internacionales y normativas particulares del Estado mexicano. Ana Itzel Betanzos Rodríguez y Rosa Leonor Ulloa Cazarez presentan una propuesta de solución que combina soluciones tecnológicas y principios económicos financieros, en el marco de la innovación abierta, para atender la necesidad de generar indicadores e incrementar la visibilidad de los productos académicos y científicos de investigadores adscritos a instituciones de educación superior.

El capítulo tres detalla la experiencia de la implementación de un sistema de gestión del conocimiento en un grupo industrial. La autora, Adriana Flores Piña, narra con sencillez, de manera sintetizada y sistemática, el proceso en el que estuvo involucrada para la creación, construcción e implementación del sistema de gestión del conocimiento, y lo vincula con los productos efectivamente logrados, que se listan como patentes y modelos industriales. El modelo se inspira en varias propuestas metodológicas de la gestión del conocimiento; sin embargo, contiene particularidades derivadas del contexto, la creatividad y la experiencia de la autora.

En el cuarto capítulo, Jorge Eduardo Gaona Hernández hace una revisión del tema de la agricultura de precisión aplicada al cultivo de uva en algunas de las regiones del país. El autor aplica la gestión del conocimiento e identifica oportunidades para la optimización de los procesos agrícolas en campos mexicanos, mediante el uso de tecnologías de la información y la comunicación. A partir de sus hallazgos y aprendizajes, presenta una propuesta sustentada en la innovación tecnológica y la innovación de proceso para mejorar los procesos de monitoreo de los cultivos que resulta creativa, económica, viable y relativamente sencilla de aplicar.

El capítulo cinco es una investigación sobre el impacto de la competencia intercultural en las actividades de investigación de estudiantes de intercambio, realizada por Inna Artemova. La autora detalla una experiencia de intercambio académico internacional de un grupo de estudiantes de nivel de licenciatura, quienes fueron expuestos a situaciones interculturales y de investigación, en un formato de gestión innovador que inició por un encuentro virtual y culminó con un encuentro presencial en uno de los países participantes. La experiencia fue fructífera: los participantes pudieron identificar, a través de actividades metacognitivas, los aspectos

que contempla la competencia intercultural y situarse en un nivel específico, pero también lograron incrementarla combatiendo barreras culturales e idiomáticas.

En el capítulo seis se examina el problema de deserción escolar en la zona metropolitana de Guadalajara en el nivel medio superior. Los autores Mónica Espinoza Torres†, Inna Artemova y Jorge Sanabria-Z estudian el papel de los laboratorios tecnocreativos presenciales y virtuales como espacios innovadores informales para generar aprendizajes en los estudiantes e impactar en los niveles de deserción. Bajo el principio de innovación abierta, el análisis se lleva a cabo a través de la aplicación de entrevistas personales a los alumnos; concluyen que estos espacios proponen beneficios para la solución del problema de deserción escolar en este nivel educativo.

Finalmente, el capítulo siete, bajo la coautoría de Marco Antonio Chávez Aguayo, Inna Artemova y Rosa Leonor Ulloa Cazarez, presenta las perspectivas de innovación y gestión del conocimiento que se muestran a lo largo de la obra, en una óptica que traduce la praxis en conceptos que se entrelazan y modelan una actividad productiva, académica y social manifiesta en los capítulos del libro. Este capítulo cierra amalgamando la coherencia argumental del libro.

La obra en su conjunto resulta de particular interés no solo para quienes intervenimos en su creación como un logro académico, pues la variedad de las situaciones que se presentan y los diferentes enfoques de las propuestas de intervención tienen relevancia y resultan de utilidad práctica para quienes trabajan en la solución de propuestas innovadoras. Los casos que requieran enfoques sistémicos, abiertos, donde el conocimiento no encuentra un flujo óptimo, pueden encontrar una luz en los capítulos de este libro.

Rosa Leonor Ulloa Cazarez
Sistema de Universidad Virtual
Universidad de Guadalajara
Octubre de 2023

CAPÍTULO 1

LAS CONDICIONES PARA LA INNOVACIÓN: UNA PERSPECTIVA DESDE EL POSGRADO

Rosa Leonor Ulloa Cazarez

Introducción

La productividad académica y educativa toma forma en escenarios educativos, en el aula física o virtual, y es divulgada y medida bajo métricas tradicionales de publicación científica y académica; no obstante, en esta es poco visible la innovación en los términos que plantea el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología del país. Esto, como se observará en el capítulo, es resultado de la aplicación de enfoques económicos tecnocéntricos que configuraron la actividad científica y de innovación en nuestro país, permeando el pensamiento social y político.

A pesar de que los enfoques tradicionales valoran el artefacto sobre el conocimiento y la experiencia, es posible identificar en el ambiente educativo de las instituciones de educación tecnológica y universitaria procesos de innovación gestados en escenarios académicos un tanto informales, que atienden soluciones complejas nacidas de los contextos de los estudiantes. En su diseño se involucran ideas y aportaciones a partir de diferentes perspectivas representadas por la comunidad educativa. En términos de lo que se considera como un sistema de innovación,

estas propuestas pueden carecer de formalidad y se escapan del escrutinio de los evaluadores de las estrategias y de las políticas de innovación.

En este contexto, la evaluación de la productividad de la innovación académica y del impacto de las instituciones educativas en los ecosistemas de innovación, deja de considerar a estos productos como indicadores que, aun siendo intangibles, generan crecimiento e inteligencia económica (Mazzucato, 2018). Tradicionalmente se ha tenido resistencia a reconocer la calidad de los programas de modalidades en línea, inclusive llegan a ser omitidos en los índices de calidad educativa nacional, situación que invisibiliza el impacto que tienen en la economía y el desarrollo de la innovación.

Este capítulo tiene como propósito servir de preámbulo a la riqueza y complejidad de la innovación que está inmersa en los productos académicos de estudiantes de programas de posgrado en línea. En las siguientes secciones se presenta una discusión sobre los conceptos económicos que sustentan los temas de gestión y generación de la innovación y el conocimiento, al establecer el punto de partida que le da el contexto al posgrado. En primer lugar, se introducen algunas ideas de la teoría económica sobre los procesos de innovación y su relación con la educación, la productividad científica y tecnológica. Se presenta el modelo schumpeteriano de innovación y cómo fue adoptado para modificar los escenarios de productividad económica y académica, con la finalidad de establecer el fundamento conceptual y empírico de la innovación como la vivimos desde el posgrado.

Posteriormente, en la sección del microentorno se contextualiza la interacción de la universidad, la industria y el gobierno en la generación de innovación y conocimiento en México. Con ello se afirma que un modelo mal formulado desde la política pública resulta en un instrumento que obstruye el dimensionar la innovación que se lleva a cabo a partir de los programas educativos de nivel terciario. Esta postura debe ser analizada desde otra perspectiva, al considerar indicadores que reflejen la realidad nacional, al mismo tiempo que evidencien y propicien el desarrollo económico, humano y social.

Por último, este capítulo se cierra con un caso específico: la Maestría en Desarrollo y Dirección de la Innovación, del Sistema de Universidad Virtual, que incluye

algunas reflexiones para la práctica académica y el diseño y evaluación de políticas públicas e institucionales. En conjunto, se espera que este capítulo sirva como introducción contextual a la presente obra.

El fundamento conceptual y empírico de la innovación

A principios del siglo XIX Schumpeter propuso empíricamente la relación directa y lineal entre la innovación y el crecimiento económico. Asimismo, estableció una distinción entre los fenómenos del crecimiento y el desarrollo económico, conceptos disímiles. El autor también introdujo la consideración de las fuerzas productivas como una combinación de dos categorías: las fuerzas materiales (el trabajo, tierra o propiedad, y el capital) y las fuerzas inmateriales (el nivel de desarrollo económico, el conocimiento y los aspectos socioculturales) (Quevedo, 2019).

La definición original de Schumpeter de la innovación está estrechamente ligada a la tecnología, aunque el concepto integra aspectos como la infraestructura física y de comunicaciones, y los conocimientos del entorno donde la innovación sucede. Estos aspectos explicativos no pueden comprenderse sin reconocer los sistemas educativos de formación y capacitación y los aspectos socioculturales; elementos que, en suma, ejercen un impacto dinámico en el desarrollo económico.

El modelo de innovación propuesto por Schumpeter (1978) analiza la productividad nacional a partir de diferentes componentes, uno de ellos es el sociocultural, propuesto como transversal a la actividad económica. A su vez, plantea que la productividad se refleja en dos indicadores: el crecimiento económico (cuantitativo, de impacto y flujo estático) y el desarrollo económico (cualitativo, de impacto y flujo dinámico).

La propuesta original de Schumpeter radicaba en una visión sociológica de la economía y descriptiva de los sistemas, pero los modelos que inspiró surgieron en contextos académicos motivados por las teorías de la decisión, que dieron lugar al diseño de estrategias que eventualmente se formalizaron en sistemas de innovación. Estos fueron embebidos con rapidez en estructuras y políticas económicas

gubernamentales, interpretándose de forma determinística y proponiendo al desarrollo tecnológico como el motor fundamental de la innovación.

El propósito teórico y explicativo de este modelo, su interpretación y adopción tuvo un enfoque distinto en el panorama académico en occidente, sobre todo en Estados Unidos de América, donde los modelos económicos se separan de sus homólogos europeos en cuanto al análisis de esas interacciones y de las descripciones, optando por posturas prescriptivas de las sinergias económicas. En los modelos económicos que se popularizaron en América del Norte, se vincula principalmente la innovación de forma determinística con el desarrollo tecnológico, marcando una gran diferencia con la propuesta de Schumpeter. En estos países, que tienen un alto nivel de desarrollo, se asume que las condiciones económicas y socioculturales están dadas para fortalecer los sistemas de innovación tecnológicos, lo que a su vez potenciará la actividad productiva.

Con explicaciones causales entre innovación y economía, los sistemas formalizados de innovación crearon dos paradigmas: el primero propone la innovación como el motor económico y, por tanto, la raíz de los problemas, las bondades y los aciertos económicos de una sociedad; mientras que en el segundo la innovación es vista como un producto de la economía de un país, por lo que la responsabilidad por ella recae en los sistemas de ciencia y desarrollo de la tecnología, así como en las políticas públicas que se entrelazan.

Surgieron varias propuestas sobre la innovación, interpretada como desarrollo tecnológico e insertada como variable dominante en modelos matemáticos económicos, que eventualmente se comprobaron insuficientes para explicar las interacciones que se gestan alrededor de los procesos de innovación y crecimiento económico. Ante esto, se reconoció la necesidad de ampliar las definiciones y productos de la innovación, pero sobre todo de identificar y examinar las diferencias bajo los mismos supuestos que se expresan en distintos contextos y se presentan para explicar el crecimiento económico (Omonov & Veretennikova, 2016).

En el afán de plantear la realidad económica, se incorporaron nuevas métricas e indicadores a los modelos de la innovación considerando un conjunto mayor de variables explicativas de las relaciones de la innovación con la productividad y el

crecimiento económico, pero manteniendo un pensamiento determinista y causal en estas relaciones.

En los análisis se incorporaron indicadores de productividad científica y académica, que examinan principalmente el número de registros de propiedad intelectual y publicaciones, que en combinación con los varios indicadores que ya se analizaban de la productividad de una región, generaron perspectivas más amplias del fenómeno. Así, se reconoció como importante la participación de la academia y su productividad en la economía en interacción con distintos agentes como el gobierno, el sistema educativo, la empresa privada y la sociedad.

La innovación, de ser una variable explicativa de la dinámica productiva, fue modificada en los modelos matemáticos, añadiendo otros aspectos relevantes, pero particulares según la diversidad de las condiciones que se presentan en una región (Aghion *et al.*, 2005; Madsen *et al.*, 2010; Zabala-Iturriagoitia *et al.*, 2021). Algunos ejemplos de estas son:

- Las líneas de producción, que consideran la proliferación y diversidad de productos de una economía.
- El número de académicos investigadores y su productividad científica.
- El número de solicitudes de patentes presentadas, en relación con la fuerza laboral total.
- Las inversiones públicas y privadas en los rubros de investigación y desarrollo (ID).
- La capacidad de transferencia y asimilación tecnológica de una comunidad.
- La intensidad de la ID, dimensionada como la relación del número de científicos e ingenieros dedicados a la actividad.
- La participación de la ID en el producto interno bruto (PIB).
- La legislación en materia de protección de la autoría.
- Las características de la población, como el nivel promedio de grado académico o los años de educación de la fuerza laboral.

Esta evolución en la construcción de modelos económicos tuvo la intención de expresar la innovación como la suma de la actividad económica de las regiones,

al mismo tiempo, denota la incorporación y el reconocimiento del factor humano y, en particular, la configuración de propuestas que miden y modelan la capacidad de innovación, lo que tiene impacto en la toma de decisiones políticas y de economía. Por ejemplo, se ha modificado el peso que se le da al nivel de desarrollo económico hasta situarlo en una representación de la realidad más acorde a las cifras que se observan en cada región, que considera las implicaciones de otros aspectos más allá de la capacidad productiva, lo que ha impactado en tomar el PIB como única medida de bienestar.¹

A su vez, en la creación y modelado de la economía se aceptó que, al incorporar las variables relacionadas con el desarrollo humano, se obtienen descripciones menos rígidas que permiten comprender mejor las diferencias observables entre países desarrollados y países en desarrollo. Incluso, las variaciones económicas se entienden mejor cuando se contempla el factor sociocultural delineado por Schumpeter, que resulta determinante para el crecimiento económico que se vincula al desarrollo humano y social (Madsen *et al.*, 2010). Esta mejora en la comprensión de las interacciones económicas y sociales ha permitido delinear políticas públicas sociales y de desarrollo humano que motivan el crecimiento y desarrollo económico.

Al hablar de la relación entre la productividad, la innovación y el impacto en el alcance de las metas para el desarrollo humano, es clave la combinación adecuada de factores para una región específica, no solo para la evaluación de políticas públicas, sino para la construcción y mejora de los sistemas de innovación. Entre estos dos paradigmas se vislumbran relaciones en los escenarios que funcionan como propicios o pocos propicios para el desarrollo de la innovación, vinculada a los centros de investigación y las instituciones de educación superior (IES). En la mayoría de estos análisis se mide y valida la actividad creativa y productiva a través de modelos que intersectan a otros sectores, denominados hélices (Escamilla, 2023).

¹ Hoy por hoy, en México se cuenta con tres métodos para calcular el PIB: el método del gasto, el método de la producción y el método del pago a los factores de la producción (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2003).

En una de estas intersecciones se establece la vinculación entre la productividad económica de una región y la productividad científica y académica (Escamilla, 2023), definida en la interacción de tres hélices: IES, industria y gobierno. Con todo lo anterior, partimos de una definición de innovación que transgrede la concepción popular de que la actividad de innovación es un fenómeno natural en los espacios académicos, que adolece de una medida justa de su impacto en términos económicos y de conocimiento. El contexto da pie a la necesaria reflexión del tema de la innovación en los espacios educativos.

Microentorno

En la esfera internacional se observó una configuración de sistemas de innovación focalizados en regiones e industrias específicas. Es el caso de la región de Silicon Valley en Estados Unidos de América, donde se conjugó el esfuerzo de los gobiernos estatal, nacional y de las industrias locales para incentivar la generación de intangibles e incrementar el capital intelectual, fomentar el emprendimiento e impulsar la industria que en la actualidad es la meca del desarrollo tecnológico.

Estos sistemas de innovación exitosos fueron la comprobación de los principios sobre el determinismo tecnológico y su importancia en la economía. Eliminaron el factor sociocultural (Quevedo, 2019) y lo modelaron ubicando nodos industriales lejanos a las comunidades y a la vida social, generando sus propios ecosistemas y atrayendo a la sociedad. Entonces, la estrategia económica se enfocó en la asignación de recursos encauzados a estos nodos y en el estímulo de los factores que se encontraron relevantes. Al observar esto, los gobiernos y las organizaciones internacionales conjugaron esfuerzos para dar forma a más complejos industriales y tecnológicos, al incentivar con políticas taxativas nobles, flujos de dinero y apoyos en formación y capacitación de la fuerza laboral de las empresas integrantes de los nodos, con la expectativa de un retorno capitalizado en crecimiento económico y la mejora de la calidad de vida de las poblaciones circundantes (Mazzucato, 2018).

No es de extrañarse que las empresas nacidas en el seno de estos ecosistemas de innovación se hayan distinguido por su falta de empatía y humanismo con sentido social; su desmedido interés en el beneficio económico ha causado crisis sociales y rompimientos entre las personas. En esta escena se encontraban las universidades, aportando recursos humanos y técnicos, e instalando oficinas representativas en los nodos de innovación. Algunos de estos, como el de Boston Massachusetts, surgieron alrededor de las universidades y su impulso estuvo entre los principales responsables de la explosión económica de esas regiones (*Insight*, 1997; O'Connell, 2013).

En México, la política pública tuvo una respuesta similar, acompañada por organismos empresariales que lograron canalizar la inversión pública hacia nodos de innovación dentro de complejos industriales siguiendo modelos simplistas, con impactos positivos, pero también con resultados imprevistos e indeseados. Como se ha identificado por el Gobierno mexicano actual (2018-2024), las administraciones anteriores han tenido un enfoque mercantilista, poco sensible al desarrollo humano, social y sustentable de las políticas de incentivo de la inversión pública en la propiedad privada (*Diario Oficial de la Federación, DOF*, 2021). Con esto, los rezagos económicos se ampliaron en el país. El desarrollo humano, el acceso a la educación e incluso los servicios y derechos esenciales para la vida por muchos años han sido privilegios de los estratos humanos localizados en algunas regiones.

Debe considerarse que los nodos industriales y tecnológicos se han desarrollado al margen de los centros de investigación e IES, lo que genera una desconexión y falta de empatía entre el sistema académico y el industrial. En otras latitudes, se crearon políticas integrales para reforzar la generación y capacidad de empleo, asegurar el trabajo, la productividad y el emprendimiento, así como la elevación del nivel educativo de los individuos en las comunidades cercanas a los nodos industriales; sin embargo, en México no se siguió este mismo modelo.

La formación de capital humano se ha considerado estratégica para el desarrollo y el crecimiento económico, pero sobre todo ha sido una palanca para acortar las brechas que separan a unos grupos de otros (Martínez, 2016). En el contexto de los nodos de innovación en el país, insertos en complejos y naves industriales, se diseñan e implementan formatos de interacción empresarial, industrial y algunas

veces educativa que en la realidad los distancian. Las IES se enfocan en la formación tecnológica y de nivel universitario, siendo sensibles a las necesidades industriales y a la oferta laboral, por lo que se han realizado esfuerzos federales e institucionales por generar programas que respondan a las necesidades específicas de un sector (DOF, 2022; Gobierno del Estado de Jalisco, 2020).

Entre las IES y las industrias se firman convenios para involucrar a estudiantes en programas de becarios, estancias de investigación y otros formatos de programas académicos donde se combinan la intervención de entidades de gobierno, sociedad, academia e industria. A estos formatos se les identifica como doble, triple y cuádruple hélice, según el número de sectores representativos de las instancias involucradas. La participación de las instituciones educativas responde a exigencias empresariales, que en muchos casos impactan la operación institucional y la gestión escolar, que se observa reactiva y complaciente, moldeando el propio desarrollo educativo a las imposiciones de la lógica industrial. Teóricamente, debe existir una interacción positiva entre la productividad y el nivel educativo que ostenta la población (Madsen *et al.*, 2010); en este caso, esta ha sido acotada a las zonas de impacto de los nodos de innovación y naves industriales.

Como parte de la política pública económica y educativa, las actividades de extensión y vinculación se plantean también como funciones sustantivas y deseables para todos los involucrados, a partir de la actividad de investigación que se realiza en el seno de las instituciones educativas (Elsevier, 2021; Universidad de Guadalajara, 2019). Vale la pena considerar que esta actividad se encuentra fuertemente constreñida tanto a los imperativos que la política estatal y nacional proponen, como a la lógica de desarrollo industrial y empresarial.

Es importante destacar la brecha de conocimiento que se manifiesta en México respecto a los países con un nivel de desarrollo más alto con los que se tienen fuertes relaciones de intercambio económico. Esta se observa en las distancias entre el conocimiento real manejado en la fuerza laboral y la frontera de este y el desarrollo tecnológico, y se vincula tanto con el nivel de logro educativo como con la calidad de la educación recibida por la población. Estas condiciones repercuten en las formas y formatos que toma la innovación en nuestro territorio (Madsen *et al.*, 2010), que

demarca las diferencias notorias con otras naciones e incluso entre las regiones del mismo país. Ante esto, es conveniente reflexionar e identificar las configuraciones que se gestan y los tipos de productos económicos y de innovación que se generan como tal.

En este contexto, la visión original de Schumpeter (1978) acerca de la innovación es relevante e impacta en los tipos de productos que se elaboran. La diversidad y la estabilidad de los factores productivos plantea que, al modificarse los objetos económicos (por ejemplo, por la intervención del empresario o emprendedor), se inicia la transición de una economía basada en el capital y el trabajo a una economía basada en el conocimiento, donde la proporción de la brecha de conocimiento que hay en una población y la frontera global del conocimiento se reducen.

Adicional a las consideraciones ya incluidas en los modelos explicativos de la capacidad de innovación (descritos en las secciones anteriores), se propone la medición de la brecha de conocimiento como criterio de la calidad educativa, en lugar del nivel educativo. Esto se explica ampliamente en los planteamientos de la innovación en sistemas donde la ciencia y la tecnología son endógenas de las estructuras sociales (Sagasti, 1981).

En los países desarrollados, la inversión en investigación y desarrollo genera productos novedosos e innovaciones identificables, como inventos, patentes y modelos industriales (Aghion *et al.*, 2005). Estos países se encuentran cercanos a la frontera del conocimiento, incluso la amplían al avanzar en el conocimiento y su aplicación; por esta razón, sus productos de innovación son de frontera y requieren un proceso intensivo de aplicación y prueba para reflejar su verdadero impacto económico y social.

La aplicación de estos avances crea ingresos económicos y, por lo general, tiene lugar bajo la forma de *transferencia tecnológica*, proceso que no ocurre en los países creadores de estas tecnologías por ser en especial costoso y requerir de mano de obra más económica en los países alejados de la frontera del conocimiento, donde los productos creados puedan ser comercializados. En otras palabras, se requieren empresas manufactureras, ramas de las empresas creadoras de la innovación, donde se utilicen los conocimientos en la manufactura y desarrollo de

servicios y que estén en relaciones comerciales con las grandes firmas. Estas empresas también deben contar con un ambiente socioeconómico suficiente para la comercialización de sus servicios, al punto en el que prácticamente se conviertan en autosustentables.

Este fenómeno es similar a lo que ocurre en el quehacer científico de frontera, que por lo general no es aplicado en los países donde se está generando, sino por una comunidad científica internacional que muchas veces encuentra la utilidad práctica en localidades geográficamente lejanas del investigador-creador. Por eso, en términos de la economía global, la mayoría de las industrias en los países desarrollados están enfocadas en el diseño de soluciones de punta, mientras que sus plantas de producción se localizan en países con menos niveles de desarrollo, donde la mano de obra y profesional resulta más económica.

En los países donde se encuentran las filiales industriales de las empresas generadoras de innovación, como el caso de México, existe una brecha mayor entre el conocimiento y su frontera, y los productos de la ID son predominantemente de carácter imitativo, de transferencia de tecnología, de absorción del conocimiento y de la técnica que se crean en los países desarrollados (Madsen *et al.*, 2010). Son naciones donde la tecnología extranjera es comprada, adecuada y aplicada, términos en los que se explica su crecimiento económico, junto con los de uso y reúso del conocimiento.

Esto confirma que las condiciones regionales, sociales, culturales y educativas impactan el avance y el desarrollo de la capacidad de innovación propuesta por Schumpeter. También se observa la validez de su planteamiento acerca de las condiciones para la innovación, que ocurre en un contexto en desequilibrio económico, social y cultural, y no como resultado de acciones incrementales.

En coherencia, un país en desarrollo que cuente con un número importante de población educada e insertada en el ámbito laboral, que tenga un mayor porcentaje de integración y utilización de tecnología de punta, y potencial para desarrollar sus futuras aplicaciones, tiene condiciones y capacidades para la absorción y aplicación tecnológica. Además, su tasa de crecimiento económico debe ser mayor que la de otros países desarrollados, ya que naturalmente se

avanza de manera progresiva en el conocimiento, tanto el que se tenía como el actual generado por la nueva aplicación tecnológica; con esto se elevan de forma contundente sus indicadores económicos.

Este escenario se observa en México; sin embargo, en términos cualitativos, se podría no estar avanzando hacia la frontera del conocimiento, inclusive puede estar alejándose de la realidad local y las necesidades de desarrollo por servir a intereses corporativos transnacionales. Se entiende, entonces, que en los países en vías de desarrollo la educación facilita el desarrollo económico, habilitando la absorción de conocimiento y su uso, así como la implementación y modificación de tecnologías extranjeras, lo que a su vez incentiva la productividad y el crecimiento económico.

Esto no impacta en el desarrollo de la innovación definido por Schumpeter, medible en el desarrollo económico como fenómeno dinámico; tampoco en la evaluación de la actividad de investigación y desarrollo, y su impacto en la productividad de las relaciones entre la industria, el gobierno y el sistema educativo. No obstante, estas actividades de transferencia tecnológica generan un impacto sociocultural, considerado por Schumpeter como una causa y una consecuencia de la innovación.

Así, el incremento del número de investigadores y científicos en una región no se relaciona necesaria ni lineal o directamente con el incremento de indicadores de innovación, medidos en números de registro de obra, o en la mejora de indicadores económicos de productividad. Estas variables complementan y a su vez se explican en una red de interacciones con otras variables, pues el incremento del número de publicaciones y citas que tiene la comunidad científica de un país no desarrollado no se relacionará de manera intrínseca con el crecimiento y el desarrollo económico, como se pretende.

Modificar esta dinámica, desordenada e inconsistente, amerita el análisis de las condiciones estructurales de una región a nivel macro y la identificación de los indicadores de crecimiento y mejora real que nos permitan comprender el panorama regional.

Apuntes locales sobre innovación

La diferencia en el tipo de crecimiento entre un país en desarrollo y otro desarrollado es un principio teórico-económico establecido que debe considerarse al calcular los indicadores de innovación; en estos, por ejemplo, no han de reconocerse como una falla estructural a nivel micro los sistemas universitarios, aunque quizá sí puedan cuestionarse los sistemas de innovación configurados bajo una lógica industrial, lineal y con una perspectiva que no considera el aspecto sociocultural –sistemas sesgados en cuanto a las necesidades de desarrollo equitativo de un país–.

Además, existen consideraciones estructurales que condicionan la actividad de innovación; es el caso de la eficiencia de la legislatura en materia de protección de la propiedad intelectual y la prevención de la corrupción (Boudreau & Lakhani, 2016), al igual que la derivada confianza que se tenga en los mecanismos legales y políticos. Ambas se conjugan con el resto de factores para propiciar una actividad de investigación y desarrollo resultante en productos económicos basados en el conocimiento (Federico *et al.*, 2020).

La medición de la confianza en el sistema de protección de la propiedad intelectual sería otro elemento a considerar en el modelado de la innovación. Por tanto, es necesario el desarrollo de modelos contextualizados en la realidad económica de la región o del país y la identificación de los indicadores que reflejen el verdadero impacto que tienen las interacciones entre los participantes de los sistemas de innovación, tanto para la medición de su eficiencia como para la configuración de los elementos y actores necesarios, por ejemplo, en el trinomio universidad-industria-gobierno (Omonov & Veretennikova, 2016), donde la relación entre educación superior, innovación y desarrollo económico es clara al menos en el plano teórico.

Construir un modelo matemático que represente las interacciones en este trinomio permitiría configurar sistemas y relaciones de trascendencia, así como manipular el tipo de innovación, de productos económicos y el crecimiento económico-social a que se aspira, con base en las teorías de la decisión. Se debe partir del reconocimiento de las limitaciones locales y sus posibles configuraciones, de tal forma que, según el nivel de logro de indicadores sociales, económicos y de

desarrollo humano de una región, será el tipo de producto de innovación que se genere (Madsen *et al.*, 2010).

Desde esta perspectiva, un país en desarrollo registra una tasa de crecimiento mayor que la de los países productores de conocimiento y considerados innovadores, que por lo general son los más avanzados económicamente. Consideramos que este crecimiento económico no tiene relación directa con la capacidad de innovación (definida en las palabras de Schumpeter), sino más bien explica el crecimiento económico en términos de la magnitud de la distancia a la frontera del conocimiento que observa una población. El crecimiento puede significar que se está extendiendo la frontera y que los países en esta función se encuentran en la cúspide de lo que denominamos sociedad del conocimiento. Por supuesto, se ve reflejado de manera positiva en indicadores monetarios, como el PIB (Madsen *et al.*, 2010), y la dependencia económica y cultural de otros países con menor nivel de desarrollo económico.

Esto no se debe interpretar en sentido inverso, es decir, que hay un crecimiento en términos del alcance de las metas de desarrollo sustentable en el país en vías de desarrollo, aunque sí es una pauta para identificar que la clave para los países que se encuentran a distancia de la frontera de conocimiento es transitar con pasos firmes, estudiados y estratégicos hacia los siguientes escalones. La aspiración de que una economía en desarrollo, con una población educada y activa profesionalmente, que comience a generar invenciones e innovaciones bajo la lógica de mercado, sin mediar el proceso intermedio de absorción de conocimiento y transferencia tecnológica previo, es una ilusión, una expectativa que puede estar lejana de las necesidades de la sociedad.

En primer lugar, se requieren procesos de imitación, copia y experimentación. De estos, se han presentado argumentos sociológicos y psicológicos que afirman que cultural y cognitivamente una sociedad no puede avanzar a otro estado de inventiva si no se desarrollan los procesos de pensamiento necesarios para asimilar el conocimiento y la tecnología ya vigentes (Castells, 1996). En México, nos encontramos en este proceso: se precisa trabajar a nivel cultural, recorriendo la brecha de conocimiento y acelerando los procesos de formación y educación

continua, al mismo tiempo que se trabaja en la mejora de las condiciones laborales, de educación y de ambiente productivo.

Un aspecto contextual a considerar es el tipo de industria disponible en cada lugar. En el caso de México, las industrias surgen principalmente como filiales de matrices que se encuentran de manera física o virtual en otros países, que llegaron con la expectativa de aplicar de manera tangible los productos del conocimiento que ya han generado y que se seguirían produciendo. Estas no están enfocadas en realizar investigación y desarrollo con una perspectiva local, sino global: el interés está en crear los productos y servicios que atiendan sus necesidades particulares de desarrollo y crecimiento a nivel global, así como en la mejora de los procesos de fabricación.

Dentro de las industrias mexicanas, si bien los trabajadores son involucrados en procesos creativos, no necesariamente aterrizan en productos de conocimiento, aun cuando la fuerza laboral registre un nivel educativo superior. Al respecto, se concluye que la creatividad se emplea en la apropiación tecnológica y científica, en su aplicación en contextos distintos en donde fue creada la innovación, pero no en su creación. En este planteamiento de aplicación y no de creación, se puede intuir que las participaciones de académicos y de estudiantes involucrados de manera profesional en la industria local tienen un impacto objetivo, como la interacción con las industrias en países desarrollados.

De esta forma, se determina que la academia juega el rol de comunicación de la ciencia y de los avances tecnológicos. En el caso mexicano, este impacto es intangible en el logro de indicadores económicos, reconociendo que la mayoría de las innovaciones en estos contextos son duplicaciones y procesos de transferencia tecnológica. También debe reconocerse que el trabajo realizado por científicos mexicanos no necesariamente se involucra con la industria, pero sí aporta a la ciencia de frontera, y sus resultados, publicados en los formatos oficiales de la ciencia, pueden resultar en opciones de transferencia y aplicación de conocimiento. No obstante, no se observan iniciativas con el peso suficiente, que motiven la interacción efectiva entre este grupo de creadores y las industrias locales, ni de gobierno ni de particulares.

En México el crecimiento económico se observa en los indicadores numéricos considerados actualmente en la política nacional, así como en la interacción entre el número de inventos, patentes, desarrollo tecnológico y científico, lo que dificulta comprender cómo ciertas categorías o áreas educativas deberían inducir el crecimiento de forma permanente, mientras que otras no son consideradas. Llama la atención el análisis de la participación de ciertas áreas del conocimiento –como las artes, las humanidades, el derecho, entre otras–, pues resulta prioritario discutir las contribuciones que aportan estos campos de manera paralela y colateral en una perspectiva amplia a estos indicadores (Madsen *et al.*, 2010).

El crecimiento económico en el contexto mexicano podría basarse en la participación de la academia en los proyectos de innovación dentro de las industrias, en las acciones de emprendimiento de los individuos y de aplicación del conocimiento y de la innovación, y no solo en su creación o revisión de productos con capacidad de registro intelectual. Aquí es donde los temas de la productividad académica y la eficiencia de las interacciones entre las universidades y la industria, surgen para su discusión, en la perspectiva de incluir aquellas variables realmente relevantes en la ecuación.

Innovación, universidad e industria

Al analizar las interacciones en lo que se denomina como triple hélice (industria, universidad y gobierno), se espera encontrar una sinergia de procesos y acuerdos entre los tres entes. En esta asociación se enjuicia el desempeño de las instituciones educativas, por ser las formadoras de los recursos humanos que serán o ya se encuentran integrados a la fuerza laboral; se observan las interacciones de la academia y su efectividad para lograr el crecimiento y productividad industrial y empresarial, pero poco se discute el rol de la industria y el gobierno. A esta ecuación se requiere sumar la sociedad como un ente productivo.

Llama la atención que, en los procesos de evaluación, en esta triple hélice los roles se caracterizaron de forma popular en una dinámica de víctima (industria y sociedad), victimario (sistema educativo) y juez (gobierno). Aun recientemente

son comunes los foros donde se recaban las necesidades de las industrias y empresas de una región (Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco, COECYTJAL, 2019; Secretaría de Economía, 2019; Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2016), pero en gobiernos anteriores no se recuerdan iniciativas donde se consulte con la academia las líneas estratégicas de desarrollo, o para fundamentar la toma de decisiones en materia de política pública, confrontando con la industria y la sociedad.

Los foros existentes se reducían a presentar a unos ante los otros, lo que indicaba una ruptura y una ausencia de sinergia entre los tres ejes de la hélice, implicando roles de ejecutor y seguidor de la hélice integrada por las entidades educativas. La academia, como tal, cuando se involucra en los nodos de innovación trabaja intensamente desarrollando soluciones para y con las industrias; no define sus objetivos al margen de estas y se atiene a lo que la legislación y políticas públicas determinan como un adecuado proceder.

Por otro lado, los sistemas de innovación configurados formalmente en nodos industriales conservan las estructuras de generación y aplicación del conocimiento de las industrias; al encontrarse dentro de su circunferencia regional se limita el alcance de las innovaciones a las perspectivas de conocimiento y estrategia que se arraigan en la práctica local industrial (Mazzucato, 2018), lo que condiciona de manera contundente el tipo de producto de innovación que se genera, y la forma de realizar la investigación y el desarrollo.

La participación de la comunidad educativa, por consecuencia, se limita a las áreas de conocimiento y vocaciones representadas en los nodos de innovación. Las instituciones educativas responden al paradigma y a la expectativa industrial, absorbiendo sus conceptos y reforzándolos en los programas de vinculación e intercambio estudiantil y académico, incluso adecuan la oferta educativa para la generación de profesionistas que respondan a las necesidades explícitas de estas industrias (DOF, 2021).

Cabe señalar que las mismas comunidades educativas se enfrentan a dificultades cuando quieren acceder a recursos y apoyos para llevar a cabo investigaciones fuera de los confines de los planes y programas gubernamentales. En este marco acotado de interacción, en apariencia ambos sistemas se mueven en

armonía, pero entre ellos se expresan tensiones; un ejemplo de esto se observa en los formatos de divulgación del conocimiento y la innovación (Ulloa *et al.*, 2018), que impactan en los resultados de la evaluación de la productividad científica y académica, y su incidencia en la mejora de los indicadores de desarrollo humano.

En un extremo de la tensión, la investigación y los proyectos en el contexto educativo siguen protocolos estandarizados para su elaboración y divulgación, y se expresan en productos que por lo general se convierten en publicaciones formales. De esta manera, es posible validar su impacto en el sistema de investigación, innovación y desarrollo tecnológico, según dictan las políticas y la legislación en la materia. En este aspecto las universidades y los centros de investigación mantienen el foco en la ciencia y la publicación abiertas.

En el otro extremo está el celo de las empresas por mantener la ventaja competitiva protegiendo los productos de conocimiento e innovación. Esto genera una tensión de abierto-cerrado con la academia, donde también se diluyen las aportaciones académicas y científicas que, sin lugar a dudas, impulsan el crecimiento de las empresas. Sumado a esto se tiene una falta de certeza alrededor de los procesos de protección de una obra por parte de las empresas y organizaciones locales que se resisten a utilizar los mecanismos formales de registro de la propiedad intelectual, otro factor de impacto para los indicadores de innovación expuestos en estas páginas.

De manera natural, la capacidad de innovación de una región se vuelve el prestigio del sistema educativo, basado en la capacidad productiva de la academia y de las instituciones de educación superior y tecnológica. Esta condición impacta la evaluación de la productividad científica y académica de las instituciones educativas, tanto las que participan en las interacciones con los nodos de innovación como las que no lo hacen, ya que bajo los esquemas formales de evaluación y definición de indicadores de desempeño económico se ve disminuido el rol que tienen la academia y las instituciones educativas.

En el país hay complejos industriales con dinámicas e intereses distintos a los de la academia, que se delinean como pautas para el desarrollo científico y tecnológico. En las empresas que integran estos complejos industriales se buscan soluciones globales y el atender una demanda de producción, respondiendo

a necesidades que tienen que ver con la distribución de los productos y servicios que se ofertan. La industria se mueve bajo otro tipo de presiones que se originan justo como una estrategia de posicionamiento de las innovaciones en las matrices de estas industrias, ubicadas generalmente en países desarrollados y que, como filiales, tienen la comisión de fomentar la aplicación y transferencia de tecnología.

Los procesos de generación de conocimiento en la lógica empresarial son distintos a los de la academia, así como lo son los productos que evidencian las respectivas productividades. Las interacciones con la academia y los sectores científicos se dan en formatos específicos, generando productos relevantes para la industria, pero con un alcance menos visible para los indicadores de productividad de la academia.

Al compararles únicamente con fundamento en el registro de obra, se deja en desventaja y se cuestiona la productividad de la academia en las relaciones con la industria. El número de registro de patentes, marcas y diseños industriales, productos tangibles de conocimiento bajo la lógica industrial, minimizan el impacto derivado de las interacciones que se dan en los espacios de academia, entre estudiantes, docentes y profesionistas, pues estas no se registran o evidencian en estos productos.

No se discute el rol que el sistema educativo tiene en la solvencia y éxito que se manifiestan en el cumplimiento de los propósitos empresariales, ya que, como hemos mencionado, cuando se evalúan los indicadores de desarrollo económico y social no se consideran los beneficios que los entes empresariales obtienen de la academia y que se gestan en las aulas y otros espacios educativos.

En la rama económica se concluye que la productividad de una nación está en estrecha relación con su capacidad de fomentar la actividad de investigación y desarrollo. A su vez, esta capacidad es modelada por varios factores y sus productos no se limitan al número de invenciones y registro de obra, sino que implican modelos económicos más complejos y diversos de la innovación y la productividad (Popov *et al.*, 2017).

En el caso de México, se ha concluido que no hay relación entre el crecimiento sostenido del número de investigadores registrado oficialmente en el Sistema Nacional de Investigadores, y el de los indicadores económicos, sociales y culturales del país; tampoco que el trabajo de los investigadores no ha sido sensible con la

atención de las necesidades prioritarias de desarrollo siguiendo una lógica empresarial. Lo anterior es en parte correcto y suena lógico: en México, la academia es el centro de desarrollo de la investigación científica, tecnológica y de innovación, lo que implica una responsabilidad relevante y directa, especialmente al documentarse disparidades en el desarrollo de las regiones donde una entidad educativa tiene representatividad.

No obstante, se deja de considerar que las relaciones entre la industria y las instituciones de educación superior se dieron en el trinomio donde interviene el gobierno como ente regulador, por lo que resalta la necesidad de identificar el impacto de los entes en la evaluación de los modelos económicos que consideran la capacidad de investigación y desarrollo. La lógica gubernamental en México, por ejemplo, ocasionó disparidades regionales al estructurar una distribución del recurso público, geográficamente sesgado, destinado al incentivo de la actividad científica, la productividad académica y la innovación.

El modelo de financiamiento de esquemas de innovación fundados en nodos industriales que concentran la inversión pública en regiones económicamente ya estables generó un círculo virtuoso pero cerrado de inversión-productividad, que incrementa la brecha con las regiones que documentan rezagos históricos en el desarrollo industrial y económico, y sobre todo en el de innovación, según los principios económicos tradicionales (Glaeser & Hausman, 2020; Madsen *et al.*, 2010). De tal manera, estos sistemas de innovación han crecido al mismo tiempo que lo ha hecho el Sistema Nacional de Investigadores, pero se observa que la actividad de investigación y desarrollo no ha generado los productos suficientes, tanto económica como socialmente, para evaluar como eficaz y efectiva a la inversión pública.

El posgrado como una hélice articulada

La productividad académica y educativa que toma forma en los escenarios áulicos es poco visible para la política de ciencia, innovación y tecnología de nuestro país.

Sin embargo, los programas formales de educación en posgrado tienen un impacto intangible que prevalece e incentiva el crecimiento económico y humano de maneras inteligentes (Mazzucato, 2018), pero que solo queda documentado en el registro de una calificación y en la obtención de un grado académico.

En los ambientes escolares (tradicionales y en línea), la innovación toma lugar bajo requerimientos y protocolos académicos, que imponen barreras y retos para el diseño y experimentación de la innovación, esto en relación con la producción de conocimiento formal: con la rigurosidad en la definición de las unidades de análisis, la replicación de los métodos, el tamaño de las muestras, la representatividad y validación de los resultados (Boudreau & Lakhani, 2016), por mencionar algunos. Estos aspectos, si bien les dan formalidad a los productos, obstruyen el paso a la innovación en contextos acotados empresariales, requiriendo soluciones inmediatas y menos protocolarias basadas en las dinámicas de la industria.

Los actores educativos parten de la premisa de que la educación superior tiene como función sustantiva la extensión y vinculación, que se traduce en habilitar e incentivar las interacciones con los sectores productivos y sociales, delineando un planteamiento curricular alrededor de proyectos de aplicación del conocimiento y la construcción de comunidades de aprendizaje donde confluye la comunidad universitaria (integrada por docentes y estudiantes), las redes de investigación, las asociaciones civiles y de profesionistas (Sistema de Universidad Virtual, 2010).

En el contexto de los nodos de innovación en el país, insertos en complejos y naves industriales, se diseñan e implementan formatos de interacción empresarial, industrial y educativa, enfocándose principalmente en la formación tecnológica y de nivel universitario, e involucran a estudiantes en programas de becas, estancias de investigación y otros formatos académicos donde se combinan la intervención de entidades de gobierno, sociedad y academia (como ya se mencionó, de doble, triple y cuádruple hélice, según el número de instancias involucradas).

En respuesta a las exigencias económicas, que en muchos casos impactaba la operación misma, la participación de las instituciones educativas se volvió reactiva y complaciente, enfocando su propio desarrollo en las imposiciones que establecía la lógica industrial. La interacción positiva entre la productividad y el

nivel educativo que ostenta la población (Madsen *et al.*, 2010) se acota a las zonas de impacto de los nodos de innovación y naves industriales. Como política pública económica y educativa, se estimula el incremento de la matrícula a niveles educativos superiores, así como la interacción entre la universidad, la industria y otros sectores productivos y sociales.

Las actividades de extensión y vinculación se plantean como funciones sustantivas y deseables para todos, a partir de la actividad de investigación que se realiza en el seno de las instituciones educativas (Elsevier, 2021; Universidad de Guadalajara, 2019). Ha de considerarse que dicha actividad se atiene a los imperativos que la política nacional y estatal proponen, y a lo que las industrias determinan como sus necesidades de desarrollo. Entonces, adicional a las consideraciones ya incluidas en los modelos explicativos de la capacidad de innovación, se propone la medición de la brecha del conocimiento como criterio de avance en cuanto al desarrollo económico, pero también de la calidad educativa, en lugar de considerar solo el nivel educativo como criterio cuantitativo.

La cualidad de los países desarrollados es que su inversión en investigación y desarrollo genera productos e innovaciones novedosos. En el caso de los países en vías de desarrollo, la educación habilita la absorción de conocimiento y su uso, la implementación y modificación de tecnologías extranjeras, no solo en el seno de la academia sino también en la actividad productiva regional, lo que a su vez incentiva el crecimiento económico. Esto no impacta en las métricas que se obtienen de los modelos explicativos de la capacidad de innovación, o en la evaluación de la investigación y desarrollo, ni en la productividad de las relaciones entre la industria, el gobierno y el sistema educativo.

De esta forma, el incremento del número de investigadores y científicos en una región no se relaciona lineal y directamente con el incremento de indicadores de innovación, medidos en números de registro de obra o en la mejora de indicadores económicos. El impacto real de esos indicadores está en su aplicación directa en la solución de problemas locales. Estas variables se complementan y, a su vez, se explican en una red de interacciones con otras variables, lo que amerita el análisis de las condiciones estructurales a nivel macro y la identificación de los

indicadores de crecimiento y mejora real que nos permitan comprender el panorama regional.

La innovación en la Maestría en Desarrollo y Dirección de la Innovación

La complejidad del caso a exponer, de la Maestría en Desarrollo y Dirección de la Innovación (MDDI o el posgrado en lo sucesivo) del Sistema de Universidad Virtual de la Universidad de Guadalajara, es mayor al tratarse de una modalidad de estudio no tradicional, que ha encontrado resistencia para su reconocimiento en calidad educativa por la sociedad y por los programas públicos nacionales.² Al estar fuera de los padrones e índices de consideración del sistema de ciencia y tecnología nacional, este posgrado escapa del escrutinio de los evaluadores de las estrategias y de las políticas educativas y de innovación. Por ello, el impacto en la economía y el desarrollo de la innovación regional y nacional de este tipo de programas es más invisible que el de los posgrados en formato tradicional.

En este contexto, la evaluación de la productividad de la innovación académica deja de considerar a los productos de innovación que se generan en el contexto de la MDDI como indicadores. Pese a esto, en el ambiente educativo en línea de la MDDI se dan procesos de innovación en escenarios informales, que atienden soluciones complejas nacidas del contexto del estudiante involucrando la comunidad de ideas y aportaciones a partir de diferentes perspectivas, pero que, en términos de lo que un sistema de innovación formal propone, carecen de impacto.

En el aula virtual del posgrado se generan interacciones en formatos más abiertos, algunas veces no estructurados y, sobre todo, no dirigidos desde las políticas públicas o los sistemas formales de innovación; estos ocurren en el seno de la construcción del conocimiento de las instituciones educativas, las aulas y los laboratorios electrónicos, y en la diversidad de colaboraciones académicas. En

² Situación que puede generalizarse respecto a los programas de educación superior con modalidad en línea.

este entorno ocurre la maestría en línea, donde las dinámicas de participación, el involucramiento de distintos actores, la experimentación y la exploración son la clave (Hirschman, 2015).

En el aula virtual de la MDDI se trazan límites nuevos y diferentes que incentivan la cooperación y la colaboración entre pares, con la guía y mediación de expertos docentes (Cromwell & Gardner, 2020). De esta forma, los participantes no encuentran los límites ni las fronteras que impone la separación geográfica unos de otros, o del acceso a la información, la inteligencia y el conocimiento, pues todo está en el aula virtual, espacio interactivo de intervención donde se genera un microsistema de innovación que se ralentiza en otros contextos de mayor competitividad (Federico *et al.*, 2020).

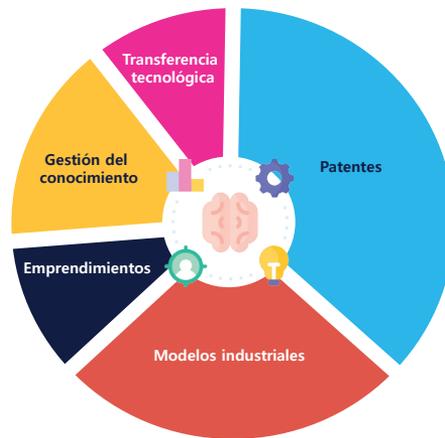
Desde la escuela hay una oportunidad de trabajo al identificar las restricciones que el programa escolar impone a los estudiantes y que sesga la capacidad y disponibilidad del contexto donde se insertan los alumnos. En el caso de la MDDI, los estudiantes cuentan con un espacio para la innovación aplicable en una diversidad de contextos no acotados a una necesidad específica, y logran un perfil de innovación replicable en cualquier área de conocimiento, empresa u organización (Sistema de Universidad Virtual, 2022) (ver figura 1).

Una característica a considerar es que 100% de los proyectos que presentan los estudiantes a su ingreso al programa tiene posibilidades de generar un producto de patente, de modelo industrial o de registro de propiedad intelectual. Este es un criterio que se evalúa durante el proceso de admisión al programa (ver gráfica 1). Los proyectos iniciales van modificándose y adecuándose a las posibilidades, de tal manera que al finalizar el primer semestre lectivo algunos estudiantes ya han transitado hacia otros formatos de innovación.

Debido al perfil de los estudiantes de la MDDI, el conjunto de proyectos tiene aplicación tanto en los negocios como en la administración pública; en cuanto a los proyectos empresariales, la mayoría se inserta en el contexto de empresas medianas, con poca capacidad de innovación y con una visión limitada y estropeada de las posibilidades del registro de propiedad intelectual.



Figura 1. Líneas de generación y aplicación del conocimiento.
Fuente: Sistema de Universidad Virtual (2022).



Gráfica 1. Iniciativas de proyectos de los estudiantes de la MDDI en el primer semestre del ciclo 2021-B.
Fuente: elaboración propia.

Las interacciones consideradas en la creación del modelo educativo del Sistema de Universidad Virtual (2010) se presentan de manera intencionada y enfocada en la generación de conocimiento y su aplicación a través de los proyectos de los estudiantes, que son principalmente adultos que trabajan en empresas y

organizaciones de diversos sectores (Sistema de Universidad Virtual, 2021). Los alumnos traen ideas y retos de sus contextos laborales y de vida que transforman en proyectos académicos; bajo la guía de un tutor, trabajan fuera de su contexto, experimentan y colaboran sin el miedo a fallar; al final surgen iniciativas de gestión del conocimiento y de innovación que de otra manera no hubieran surgido.

Cada proyecto de estudio habilita las circunstancias y las condiciones para que la innovación se dé bajo un concepto y formato no tradicional, donde se desdibuja la rigidez de las estructuras y disminuyen los temores a los riesgos de error (Hirschman, 2015). Un porcentaje importante de los estudiantes elaboran proyectos que esperan aplicar en su contexto laboral inmediato.³ A medida que el estudiante avanza en la construcción de su proyecto, se encuentra con obstáculos económicos y condiciones no ideales para el desarrollo y la aceptación de las propuestas de innovación.

El tipo de resistencias que hallan los estudiantes en sus contextos laborales se resumen en dos (interrelacionadas): 1) desconfianza en el sistema de protección de la propiedad intelectual, y 2) falta de visión y conocimiento del potencial económico que el registro de propiedad intelectual puede aportar a la empresa. Por otro lado, tres de las limitaciones más sobresalientes que impiden a los estudiantes llevar a cabo los proyectos son: la brecha de conocimiento y técnica, la falta de recursos económicos y la gestión del tiempo.

Al vencerse el tiempo de conclusión del programa, los estudiantes, enfrentando obstáculos estructurales y personales, y las negativas o restricciones de las empresas donde laboran, concluyen su titulación con un plan de trabajo bien estructurado, que implica el desarrollo de un invento, un proceso o producto con altas posibilidades de registro de propiedad intelectual, y con un listado de innovaciones estructurales y procedimentales aplicadas en sus grupos de trabajo, para habilitar la posibilidad de su ejecución. Pero la innovación propuesta no forma parte de los productos tangibles en el trabajo final de titulación, y debido a las condiciones del ambiente donde se inserta la innovación, tampoco se identifican posibilidades de realizarla.

³ Entorno conformado por 80% de empresas pequeñas y medianas.

A pesar de las limitantes descritas, dentro del espacio educativo que ofrece la MDDI se generan ideas y se abren oportunidades, a la vez que se establecen relaciones sociales, académicas y profesionales a través de generar procesos interrelacionados. La formación de emprendedores es un tema gris (Consejo General Universitario, 2018), junto con su impacto en la transformación del sector productivo y económico, y en los indicadores, como la creación de inventos y de productos (Glaeser & Hausman, 2020), sobre todo al poner en relieve la esperanza de vida de los negocios nuevos: en México es hasta tres años de vida para 35% de ellos, mientras que el resto podría extenderse solo hasta los cinco años (INEGI, 2017).

Una vez que un estudiante tiene una idea que no se inserta dentro de una organización ya existente, debe hacerse del recurso económico para diseñarla, ejecutarla y luego mantenerla. Parece simple, pero la tarea es compleja y se enfrenta a múltiples obstáculos que en algunos casos terminan por afectar el producto final del emprendimiento. En el contexto nacional, si bien se estimula el emprendimiento a través del financiamiento o la otorgación de recursos, según Sánchez Piña (investigador asociado de la Universidad de Harvard), el impulso se proyecta de arranque y de corto plazo, solo para iniciar con el proyecto una vez que ha sido diseñado.

No se cuenta con un sistema de estímulo al emprendimiento, a la creatividad y al sostenimiento de nuevas empresas al mediano y largo plazo, que permita que una empresa ya iniciada se mantenga en el mercado fortalecida para sortear las dificultades que surgen a partir del cuarto año, cuando el flujo inicial económico ya se ha consumido (Sánchez Piña, comunicación personal, 7 de junio de 2018).

Además, resalta que la mayoría de los recursos económicos desplegados por el gobierno para apoyo del emprendimiento responden a políticas públicas con enfoques particulares, como el apoyo a las mujeres, a las personas de la tercera edad, entre otros grupos vulnerables. Estas iniciativas dejan fuera al grueso de la población de jóvenes que no pertenecen a alguna minoría desfavorecida, que corresponden al perfil de estudiantes de educación superior que podrían acercarse a la frontera de conocimiento, al menos de forma más inmediata.

El impacto para los estudiantes del posgrado es el continuar con sus vidas profesionales en las rutinas que antecedian al posgrado, sin una posibilidad real e inmediata de aplicar los conocimientos ganados, incentivar su creatividad, inventiva y emprendimiento. De ahí la afirmación que el impacto que una institución educativa pueda tener en el entorno económico y de innovación depende en gran medida de las capacidades políticas y estructurales para el desarrollo de la innovación (Popov *et al.*, 2017).

La educación tiene la facultad y capacidad de formar científicos, personas habilidosas y entrenadas que eventualmente se integran a la fuerza laboral con una comprensión suficiente de la ciencia y las tecnologías. Muchos de los esfuerzos por evaluar indicadores de desempeño educativo se basan en la medición de la inserción laboral de los egresados. Pero el contenido de la innovación gestada en los contextos áulicos virtuales no se evidencia en estos números, por lo que es imperativo que se reconozcan las ideas, las oportunidades y las acciones que se gestan en este espacio educativo, y las interrelaciones que permiten potenciar la capacidad creativa y de innovación.

Discusión

En los proyectos de los estudiantes y egresados de la MDDI se observan innovaciones graduales, radicales y sistémicas (Omonov & Veretennikova, 2016), lo que está en armonía con la promoción gubernamental de acciones de transferencia tecnológica y una política de cooperación e innovación abierta, considerando los entes de la pentahélice: academia, gobierno, industria, sociedad y ambiente (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2021).

En este sentido, la MDDI aporta indicadores al desarrollo estatal y nacional (al observar una matrícula representativa de varios estados), al incrementar la productividad de los negocios locales y de las personas. Sin embargo, la falta de un entorno propicio para el emprendimiento y la sostenibilidad de las iniciativas es un punto de interés que los gobiernos estatal y federal podrían priorizar, por

ejemplo, al incentivar la apertura de industrias (Gobierno de México, 2019) y el emprendimiento local en las zonas identificadas con mayores necesidades de desarrollo (México cómo vamos, 2021).

En Jalisco, por mencionar un estado, se configuran desigualdades regionales de desarrollo social, humano y económico, que podrían ser tratadas desde la academia en colaboración con la comunidad de estudiantes y las poblaciones de esas zonas. Desde el punto de vista de la estrategia política del Gobierno Federal a través del Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación, proyectar e impulsar el crecimiento basado en la innovación con el enfoque de los negocios no es una solución verdadera (DOF, 2021). La reducción de las desigualdades implica resignificar el quehacer de la ciencia y su dirección al desarrollo de soluciones con personalidad sustentable, humanitaria y ética.

De acuerdo con esta postura del Gobierno Federal, se requiere generar una estrategia de reconocimiento de la calidad del entorno en que se desarrollan e implementan las ideas (Pérez Hernández *et al.*, 2020), incentivando el impulso de proyectos e ideas locales, pero también el trabajo que la academia hace desde el aula, para motivar el desarrollo y crecimiento de los estudiantes, sus proyectos productivos y el impacto que estos tienen en el desarrollo local y nacional.

Referencias

- Aghion, P.; Howitt, P. & Mayer-Foulkes, D. (2005). The effect of financial development on convergence: theory and evidence. *Quarterly Journal of Economics*, 120(1), 173-222. <https://www.jstor.org/stable/25098734>
- Boudreau, K. J. & Lakhani, K. R. (2016). Innovation Experiments: Researching Technical Advance, Knowledge Production, and the Design of Supporting Institutions. *Innovation Policy and the Economy*, 16, 135-167. <https://doi.org/10.1086/684988>
- Castells, M. (1996). *La era de la información: economía, sociedad y cultura*. Siglo XXI.
- Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco (COECYTJAL). (2019). Convocatoria. Foro Estatal de Consulta “Humanidades, Ciencia y Tecnología en México: Presente y Futuro”. <http://>

- www.coecytjal.org.mx/Plataforma/convocatorias/foro/Convocatoria%20Foro%20Consulta%20Estatal%20-%20Jalisco.pdf
- Consejo General Universitario. (2018). *Dictamen de la Maestría en Desarrollo y Dirección de la Innovación*. Universidad de Guadalajara. https://www.udgvirtual.udg.mx/sites/default/files/dictamen_mddi.pdf
- Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT). (2020). Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2024, derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5639501
- Cromwell, J. R. & Gardner, H. K. (2020). High-stakes innovation: When collaboration in teams enhances (or undermines) innovation in professional service firms. *Journal of Professions and Organization*, 7(1), 2-26. <https://doi.org/10.1093/jpo/joz017>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2021). Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2024. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5639501&fecha=28/12/2021
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2022). Acuerdo número 02/02/22 por el que se emiten los Lineamientos Generales para la impartición del Tipo Medio Superior mediante la Opción de Educación Dual. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5643226&fecha=18/02/2022
- Druetta, D. C. (2005). La sociedad de la información: una mirada desde la comunicación. *Ciencia*, 56(4), 23-37. http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/56_4/la_sociedad.pdf
- Elsevier. (2021). *University-industry collaboration: a closer look for research leaders*. Research Intelligence. https://www.elsevier.com/___data/assets/pdf_file/0008/1115396/university-industry-collaboration.pdf
- Escamilla Mejía, Ma. G. (2023). *Análisis del impacto de la educación terciaria en el crecimiento económico de los países de la OCDE 2000-2019, desde un enfoque de política pública* (tesis de doctorado). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/jspui/handle/231104/3135>
- Federico, G.; Scott Morton, F. & Shapiro, C. (2020). Antitrust and Innovation: Welcoming and Protecting Disruption. *Innovation Policy and the Economy*, 20, 125-190. <https://doi.org/10.1086/705642>

- Glaeser, E. L. & Hausman, N. (2020). The Spatial Mismatch between Innovation and Joblessness. *Innovation Policy and the Economy*, 20, 233-299. <https://doi.org/10.1086/705646>
- Gobierno de México. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024*. Gobierno de México. <https://framework-gb.cdn.gob.mx/landing/documentos/PND.pdf>
- Gobierno del Estado de Jalisco. (8 de abril de 2020). Gobierno de Jalisco, Conahcyt, CIA-TEJ y Tec de Monterrey lanzan en conjunto el primer Hub de bioemprendimiento en México. Gobierno del Estado de Jalisco. <https://www.jalisco.gob.mx/es/prensa/noticias/109091>
- Hirschman, A. O. (2015). *Development projects observed*. The Brookings Institution.
- Insight. (1997). Downtown Boston - Dynamo of the hub. *Insight*. <https://web.archive.org/web/20070613235943/http://www.cityofboston.gov/bra/PDF/ResearchPublications//pdr97-2.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2003). *Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa. Metodología*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/pibent/2003/metodologias/702825000236.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). *Mortalidad acumulada por cada 100 negocios que ingresan a la actividad económica, según años transcurridos desde su ingreso*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/dn/2014/>
- Madsen, J. B.; Islam, R. M. & Ang, J. B. (2010). Catching up to the technology frontier: the dichotomy between innovation and imitation. *Canadian Journal of Economics*, 43(4), 1389-1411. <https://www.jstor.org/stable/40925281>
- Martínez Gámez, A. E. (2016). Factores socio-culturales asociados al emprendedor: evidencia empírica para América Latina. *Revista Venezolana de Gerencia*, 21(74), 312-330. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rvg/article/view/21262>
- Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities. *Industrial and Corporate Change*, 27(5), 803-815. <https://doi.org/10.1093/icc/dty034>
- México cómo vamos. (2021). *Índice de progreso social 2015-2020*. <https://mexicocomovamos.mx/indice-de-progreso-social-2015-2020/>

- O'Connell, J. C. (2013). *The hub's Metropolis. greater Boston's development from railroad suburbs to smart growth*. The MIT Press.
- Omonov, Z. K. & Veretennikova, A. Y. (2016). Quantitative scaling of social innovations. *Montenegrin Journal of Economics*, 12(4), 77-86. <https://ideas.repec.org/a/mje/mje-jnl/v12y2016i4p77-86.html>
- Pérez Hernández, C. C.; Hernández Calzada, M. A. y Mendoza Moheno, J. (2020). Hacia una economía del conocimiento en México: fallos y desafíos. *Journal of Economic Literature*, 17(49), 147-164. <http://revistaeconomia.unam.mx/index.php/ecu/article/view/512/557>
- Popov, E.; Stoffers, J.; Omonov, Z. & Veretennikova, A. Y. (2017). Social Innovations Development Modelling. *International Journal of Economic Research*, 14(14), 365-381. https://serialsjournals.com/abstract/16352_ch_32_f_-_jol_stoffers.pdf
- Quevedo, Luis F. (2019). Aproximación crítica a la teoría económica propuesta por Schumpeter. *Revista Investigación y Negocios*, 12(20). 2521-2737. <https://www.ingcomercial.edu.bo/revistainvestigacionynegocios/index.php/revista/article/view/66>
- Sagasti, F. R. (1981). *Ciencia, tecnología y desarrollo latinoamericano*. Fondo de Cultura Económica.
- Schumpeter, J. (1978). *Teoría del desenvolvimiento económico*. Fondo de Cultura Económica.
- Secretaría de Economía. (5 de marzo de 2019). La Secretaría de Economía realizará tres Foros Estatales de Participación y Consulta del Plan Nacional de Desarrollo. <https://www.gob.mx/se/prensa/la-secretaria-de-economia-realizara-tres-foros-estatales-de-participacion-y-consulta-del-plan-nacional-de-desarrollo>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (16 de febrero de 2016). Destaca sector empresarial importancia del Foro de Consulta para la Justicia Laboral Cotidiana. <https://www.gob.mx/stps/prensa/destaca-sector-empresarial-importancia-del-foro-de-consulta-para-la-justicia-laboral-cotidiana>
- Sistema de Universidad Virtual. (2010). Modelo Educativo del Sistema de Universidad Virtual. Universidad de Guadalajara. https://www.uv.mx/dgdaie/files/2014/03/U2.1Modelo_EducativoUDG1.pdf
- Sistema de Universidad Virtual. (2021). *Informe de Actividades 2020*. Universidad de Guadalajara. <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/4042>

- Sistema de Universidad Virtual. (2022). Maestría en Desarrollo y Dirección de la Innovación (MDDI). <http://www.udgvirtual.udg.mx/siga/CAP/PF/APDC-118.pdf>
- Ulloa Cazarez, R. L.; Betanzos Rodríguez, A. I. & Acosta Martínez, N. C. (2018). Prometeo: Knowledge Management System for Research Products. *10th European Conference on Intangibles and Intellectual Capital, ECIC 2018* (315-322). Pescara, Italia.
- Universidad de Guadalajara. (2019). *Plan de Desarrollo Institucional 2019-2025. Visión 2030*. Universidad de Guadalajara. http://www.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/pdi_2019-2025.pdf
- Zabala-Iturriagoitia, J.; Aparicio, J.; Ortiz, L.; Carayannis, E. & Grigoroudis, E. (2021). The productivity of national innovation systems in Europe: catching up or falling behind. *Technovation*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102215>

CAPÍTULO 2

PROMETEO: SISTEMA DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

Ana Itzel Betanzos Rodríguez

Rosa Leonor Ulloa Cazarez

Introducción

El conocimiento, aunque intangible e intrínseco, le ha permitido al humano subsistir. En un espectro más amplio, compartir información le ha ayudado a mejorar la forma y organización de la vida. Ha sido la búsqueda del bienestar lo que ha incentivado la creación de sistemas y metodologías sistemáticas para la aprehensión del conocimiento técnico y científico, permitiendo documentar e incorporar las experiencias. Eventualmente, este conocimiento retribuye a la sociedad, al formalizarse y dispersarse a través de la docencia, publicaciones formales, conferencias, inventos y otras formas similares de registro y divulgación.

Los creadores, es decir, los investigadores y académicos que pertenecen a instituciones formales de educación, siguen protocolos estructurados de documentación de las experiencias y el conocimiento, de manera que su trabajo aterriza y se evidencia en productos de ciencia, en el registro de obra de patentes y, en general, de propiedad intelectual, al atender criterios formales y cuantitativos de productividad, no sin enfrentarse a desafíos y restricciones (Ulloa *et al.*, 2019).

Uno de estos obstáculos es la vinculación del conocimiento técnico y científico, que se genera y acumula en el seno de las organizaciones educativas y científicas, con el resto de la sociedad, más bien lejana de estos centros de incubación (Wit-de Vries *et al.*, 2019). La divulgación de hallazgos y avances en sistemas tradicionales de publicación científica no cubren este enlace ni con la sociedad ni con la industria de manera intencionada, a menos que, y solo si, el producto de investigación precisamente surja y se documente en esta interacción.

De esta forma, se analiza cómo maximizar el capital resultado del trabajo acumulado del creador del objeto de conocimiento (oc),¹ ya sea de una forma interiorizada o “incorporada” (Bourdieu, 2000), donde se haga visible la necesidad de innovar los medios y procesos de difusión de la producción generada por los investigadores académicos, y de tener métricas para calcular su impacto y potencial que se vinculen a su valuación. Asimismo, es menester proporcionarles las herramientas para el monitoreo del uso que un usuario cualquiera hace de los objetos de conocimiento.

En este contexto, el presente capítulo identifica la necesidad de difundir y vincular el conocimiento académico con otras esferas de aplicación para expandir su potencial de impacto; en particular, se propone la creación de una metodología útil para la valuación de los productos de investigación. Se tiene como objetivo describir las bases para generar una propuesta de un sistema de gestión de oc producto de investigación, al que denominamos sistema Prometeo.

En el diseño de la propuesta planteamos un modelo de valuación de oc que facilita la identificación de su impacto científico y comercial, a la vez que sirva de sustento para su comercialización. Para lograrlo, es necesario el desarrollo de tecnologías para la exhibición y monitoreo de los oc, por lo que, de manera secundaria, se reconoció el objetivo de identificar las implicaciones técnicas de aplicar la metodología de evaluación en un sistema electrónico. La innovación se maneja en dos perspectivas: la

¹ En este trabajo, los oc se definen como las expresiones esquematizadas, gráficas, textuales y modeladas de las operaciones conceptuales, lógicas, de modelado y de organización, que llevan a cabo los creadores de conocimiento y que forman parte de una obra académica más extensa –generalmente escrita– como artículos científicos, capítulos de libro y libros.

primera atiende una innovación de procesos (OCDE, 2007), que involucra a la entidad educativa, insertando tecnologías de punta en la gestión de los productos de innovación; la segunda perspectiva es la innovación social (OCDE, 2023), al prometer acercar el conocimiento útil y práctico de forma tangible a la sociedad y a los grupos productivos que actualmente se encuentran ajenos de los procesos académicos.

Este capítulo se distribuye de la siguiente manera: en el contexto se integran el diagnóstico y el análisis del problema que inspira este trabajo, los cuales narran la situación de la producción científica y académica en el ámbito mexicano, particularizando a los creadores académicos inscritos a instituciones de educación superior (IES). En los fundamentos teóricos de la propuesta se presenta la base filosófica y conceptual del sistema que proponemos: partimos del principio de que el conocimiento es un objeto intangible de valor, que al ser indicador y motor de la productividad de las organizaciones ha captado mayor interés en la última década, lo que incentiva la creación de sistemas para su gestión. Se concluye con el constructo conceptual del conocimiento y su gestión, como base para situar conceptual y metodológicamente el caso que se presenta.

Contexto

La aceleración de la tecnología y la información disponible en la red electrónica permiten que se recobre la importancia del bien más valioso que ha acompañado al ser humano desde el principio de la historia: el conocimiento. Aunque ha variado a través de los siglos, se observa una constante y creciente tendencia de medir el conocimiento, que ha llevado a considerarlo solo cuando es tangible y en beneficio franco para la sociedad.

En este contexto, los hallazgos científicos e invenciones que se dan en la academia son oc llamados a su divulgación y a la monetización, convirtiéndose en muchas ocasiones en indicadores para la gestión de recursos económicos institucionales para el financiamiento de proyectos. En la academia, en el proceso de generar el conocimiento, se crea una diversidad de productos (Lin & Bozeman,

2006), desde aplicaciones de *software*, algoritmos, bases de datos, métodos, modelos y esquemas, hasta matrices, tablas y gráficos, utilizados para procesar, describir, interpretar y manejar la información y la secuencia de acciones que preceden su creación o descubrimiento.

Los oc creados en la academia son restringidos, parecen quedar confinados en formatos tradicionales de publicación académica por mecanismos institucionales. Esta situación provoca que una cantidad considerable de esfuerzo necesario para su creación se diluya, lo que afecta en su impacto y relevancia sin considerar que son, por sí mismos, oc tangibles, útiles y valuales (Nonaka y Takeuchi, 1999). Este mismo problema ya ha sido identificado por las grandes empresas editoriales, haciéndose evidente en la tendencia a resaltar los oc de los artículos publicados en revistas especializadas, junto con el resumen y los datos bibliográficos de la obra. En algunos casos, esto también se hace a través de la creación y divulgación de bases de datos o publicaciones exclusivas para estos tipos de objetos (Wiley, 2019), resaltando su potencial para el reconocimiento del autor.

Estas iniciativas mantienen el foco en las publicaciones académicas tradicionales, que son altamente especializadas y tienen como objetivo llegar a una audiencia muy particular, quedando los oc “ocultos” a otro tipo de audiencias (Ulloa *et al.*, 2019; Pérez, 2002). Asimismo, limitan la evaluación precisa del impacto real y del potencial del trabajo (Organización del Convenio Andrés Bello, 2018), lo que genera una evaluación y valuación incompleta de la productividad y la innovación del individuo y de la institución que lo acoge (OCDE y EUROSTAT, 2007).

Dentro de las instituciones de educación superior (IES), los académicos siguen una serie de procesos cognitivos vinculados con la creación del conocimiento y su almacenamiento, que luego se evidencian en distintos oc socializados en otros formatos académicos extensos, como foros y publicaciones científicas. Como sabemos, en la academia, la principal forma de difundir el conocimiento creado es la publicación de la obra en formatos científicos y académicos validados según el sistema que se trate; estos por lo general persiguen el logro de indicadores basados en métricas de producción científica, como el número de citas, vistas y, en algunos casos, compras de la obra.

Estos datos solo refieren el consumo de la obra, mas no la transferencia, el uso y beneficio particular de los oc (Chen & Dahlman, 2006; Mohamed *et al.*, 2022), por lo que, aunque permiten medir el beneficio para el autor (en términos de la relevancia) y para los sistemas de ciencia y tecnología (en términos de la medición de la productividad e innovación), dificultan la valuación de los oc y de la obra misma en su pleno potencial en términos económicos, culturales y científicos. Estas condiciones de productividad están totalmente ligadas a la política de evaluación del desempeño del investigador, donde, al menos en México, se privilegia la publicación del producto de conocimiento en editoriales que en su mayoría publican documentos en lengua inglesa y tienen costos poco accesibles para la sociedad en general (DORA, 2012) y, en casos particulares, para los investigadores, con lo que se entorpece la fluidez del proceso virtuoso de gestión del conocimiento.

Para recuperar su valor e identificar el impacto real de cada oc, deben ser enfatizados más allá de las publicaciones tradicionales, por lo que es necesario buscar una forma innovadora que los gestione a otro nivel; por ejemplo, extraer los oc de publicaciones académicas les podría dar, individualmente, una mayor difusión. El contexto anterior invita al análisis del sistema nacional de incentivo de la actividad científica y académica, así como de las estrategias para medir su productividad en el país. De igual forma, se encuentra necesario generar propuestas distintas para visualizar la ciencia académica en todo su contexto, como la creación de indicadores y métricas que consideren los principios de la investigación y la ciencia abiertas, y que permitan evaluar el impacto que tiene el autor a través de la visualización, uso y retroalimentación que recibe de sus oc.

Contexto histórico internacional

Los indicadores dentro de la productividad científica nacen en una vertiente económica. El gobierno estadounidense, buscando medir el alcance de los efectos económicos de la Gran Depresión en la década de los años treinta, emitió el primer informe presidencial sobre tendencias sociales. Fue hasta 1974 que la junta de la

nación busca un soporte en indicadores que puedan medir la ciencia para fortalecer y satisfacer sus necesidades con la tecnología que puede generar (Guadarrama y Manzano, 2016).

Con los avances que presentaba Estados Unidos al usar los indicadores como referente de la ciencia, organismos como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), y varios científicos del mundo, empezaron a utilizarlos para elaborar métricas de gestión de la ciencia en diversos ámbitos y no solo el académico. En la tabla 1 se muestra el concepto de algunos de estos indicadores internacionales de ciencia, tecnología e innovación (CTI).

Tabla 1. Indicadores internacionales de ciencia, tecnología e innovación (CTI)

Autor	Fecha	Definición
OCDE	1976	Una serie de datos que mide y refleja el esfuerzo en ciencia y tecnología de un país, demuestra sus fortalezas y debilidades y sigue su carácter notablemente cambiante con el objetivo de proporcionar alertas tempranas de eventos y tendencias que podrían debilitar su capacidad de satisfacer las necesidades de los países (OCDE, 1976; Guadarrama y Manzano, 2016, p. 10)
General Accounting Office (GAO)	1979	Los indicadores de CTI buscan cuantificar, pero, ante todo, definir, entender y medir fenómenos sociales
Smith	1998	“Combinación de estadística y dato en formas que permitan su análisis, así como la idea de la inversión en I+D, que es la proporción del gasto en I+D realizado por una industria o país, que a su vez refleja su compromiso por invertir” (Guadarrama y Manzano, 2016, p. 11)
Archibugi, Denni y Filippetti	2009	Estos autores proporcionan tres razones principales para la recolección de indicadores: la teórica, la informativa y la estratégica
Gault	2010	Los indicadores de CTI son usados para cuatro propósitos políticos: monitorear, comparar, evaluar y pronosticar
Alemán y Lezama	2013	Introducen la idea de los indicadores que pueden ser “medidos en números, hechos, opiniones o percepciones que señalan situaciones o condiciones específicas. Son instrumentos importantes para evaluar y dar seguimiento al proceso de desarrollo, valiosos para orientar cómo se pueden alcanzar mejores resultados” (Alemán y Lezama, 2013, citado por Díaz <i>et al.</i> , 2018, p. 77)

Fuente: elaboración propia con base en Guadarrama y Manzano (2016) y Díaz *et al.* (2018).

La investigación es uno de los factores de mayor relevancia para el desarrollo de cada país, por ello es necesario calcular el impacto que tiene la generación, difusión, transmisión y aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos. Aquí aparecen los indicadores de las ciencias, como la bibliometría, la infometría, y la ciencimetría, que a partir del estudio de la actividad bibliográfica y la actividad científico informativa generan los datos necesarios para producir conocimiento del estado de la investigación que se realiza (Nirma, 2016), al crear herramientas para medir el impacto de los productos resultado de investigación.

Los artículos científicos son uno de los productos de investigación de mayor relevancia, al ser los mecanismos más prolíficos y exitosos para la transferencia del conocimiento científico. Por esta razón, es de particular interés para las comunidades académicas –editores, lectores y autores, principalmente– conocer el “alcance” que tienen sus trabajos a nivel nacional e internacional (Russell, 2004; Gregorio-Chaviano *et al.*, 2022), así como la visibilidad y el impacto que tienen las revistas a las que someten a publicación sus trabajos.

Diversos expertos han planteado múltiples enfoques y mecanismos para medir el quehacer científico centrándose en tres componentes: producción científica, producción documentaria y producción de citas (González *et al.*, 2019). En primer término, los artículos científicos como producto de la ciencia también son medibles a través de métricas que, en la actualidad, son determinadas por la oferta que ofrece la fuente (editoriales científicas) con base en la demanda de las comunidades interesadas y el propósito de mejorar la información de la sociedad. Empero, en la creación de métricas, no se consideran en realidad a los usuarios finales que reciben la información.

En el ámbito científico internacional, las métricas iniciaron como una ayuda a la generación del conocimiento y a su evaluación, pero cada vez los usuarios pierden de vista la finalidad de estas y se rigen por los datos y no por el juicio, hasta llegar a la denominada “obsesión por el factor de impacto”. Como una alternativa nacen las métricas relacionadas con el uso social, como los comentarios en línea (Hicks *et al.*, 2015). Al respecto, en 2012 se crea el acuerdo de Leiden durante la reunión anual de la Sociedad Americana de Biología Celular en San Francisco,

donde la principal recomendación es no utilizar métricas respaldadas en revistas, y reconocer el valor del resultado de las investigaciones con base en los criterios explícitos generados por el evaluador (Sociedad Americana de Biología Celular, 2012).

El manifiesto de Leiden considera diez principios para crear métricas claras que permitan a los investigadores revisar los indicadores en busca de respuestas (Hicks *et al.*, 2015):

- 1) Respalda la evaluación cuantitativa con la evaluación cualitativa de expertos.
- 2) Medir el desempeño frente a las misiones de investigación de la institución, grupo o investigador.
- 3) Proteger la excelencia en la investigación de relevancia local.
- 4) Mantener abiertos, transparentes y simples los procesos analíticos y de recopilación de datos.
- 5) Permitir que los evaluados verifiquen los datos y el análisis.
- 6) Tener en cuenta la variación por campo en las prácticas de publicación y citación.
- 7) Basar la evaluación de investigadores individuales en un juicio cualitativo de su cartera.
- 8) Evitar la concreción fuera de lugar y la precisión falsa.
- 9) Reconocer los efectos sistémicos de la evaluación y los indicadores.
- 10) Examinar los indicadores con regularidad y actualizarlos.

Este tipo de iniciativas marcan el desarrollo de métricas alternativas con impacto social, enfocadas en la gestión de la ciencia abierta mediante su desarrollo y validación por los usuarios directos (Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología, RICYT, 2019).

Se retoma la visión inicial de los indicadores y métricas como una necesidad de aprovechar la ciencia para generar avances tecnológicos e innovación que sean capaces de impactar en el bienestar de la población. De esta forma se han generado bienes estratégicos de naturaleza intangible que la sociedad, bajo el concepto de sociedad del conocimiento (naciones, empresas y sociedad en general), busca

gestionar para obtener beneficios (Berrere, 2010). Así, la productividad científica expresada en publicaciones científicas también es un indicador del avance de la sociedad a través de la ciencia y tecnología.

Organizaciones como la UNESCO denotan algunos rasgos en la ciencia actual, entre los que destacan la creciente privatización y comercialización del conocimiento, lo que provoca rezagos dentro de la misma actividad científica. En consecuencia, se observan naciones con un notorio avance sobre las demás, beneficiándose, por ejemplo, Estados Unidos, Japón y países dentro de la Unión Europea como Alemania (Navas y Gulín, 2020).

A partir de las propuestas de utilizar los indicadores como referente de la ciencia, organizaciones como la OCDE y la GAO, junto con científicos del mundo, continúan creándolos para elaborar métricas de gestión de la ciencia en diversos ámbitos (estos llegan a comprenderse dentro de los conceptos mostrados en la tabla 1). Sin embargo, la sociedad en general, quienes deberían ser los beneficiarios de la información por ser usuarios finales, no son considerados en la creación de estas métricas (Comisión Europea, 2017).

Como se mencionó, los indicadores y métricas nacen como una necesidad de aprovechar la ciencia para generar avances tecnológicos e innovación que sean capaces de impactar en el bienestar de la población. De esta forma la ciencia ha generado bienes estratégicos de naturaleza intangible (como el conocimiento y la información) en donde la sociedad del conocimiento (integrada por las naciones, sus empresas y sociedad en general) busca gestionarlos para obtener mayores beneficios (Berrere, 2010).

La medición de la productividad científica en México

En México, la productividad científica comienza a ser evaluada a partir de la crisis de 1982, cuando el gobierno puso un mayor énfasis en la eficiencia, argumentado escasez de recursos. En ese entonces se crearon organismos para la redistribución y transferencia de los recursos generados por y para la investigación. A la par, se

generaron estrategias desde la política pública que incentivaran una mayor productividad del investigador, y que facilitaran la evaluación y medición con base en el número de publicaciones, proyectos y citas a los mismos; este sistema se utilizó para la retribución económica con base en la llamada productividad.

A la fecha, este reajuste de la política científica nacional ha quedado como un incentivo que se otorga a los cuerpos académicos para incitar la producción científica en México a través de programas como el Sistema Nacional de Investigadores (López, 2017). No obstante, en la consideración de los principios de la economía del conocimiento, no solo las empresas, sino también los hogares, mantienen un rol central en el proceso de generación y diseminación del conocimiento (Navarrete, 2017), lo que implica socializarlo y proyectarlo en mejoras a la sociedad que económicamente podrán reflejarse en un incremento en la propiedad intelectual, como símbolo de productividad científica y tecnológica por lo común aceptados. Debiendo darse una triple interacción, se obstaculiza la finalidad al limitar la divulgación de la producción científica a formatos tradicionales, extensos, altamente especializados y muy costosos de acceder.

Así, en un afán de contribuir a la diseminación de la ciencia y los beneficios de su desarrollo para los mexicanos, la cámara de senadores aprueba la modificación a la fracción V del artículo tercero constitucional en donde se ordena lo siguiente:

Toda persona tiene derecho a gozar de los beneficios del desarrollo de la ciencia y la innovación tecnológica. El Estado apoyará la investigación e innovación científica, humanística y tecnológica, y garantizará el acceso abierto a la información que derive de ella, para lo cual deberá proveer recursos y estímulos suficientes, conforme a las bases de coordinación, vinculación y participación que establezcan las leyes en la materia; además alentará el fortalecimiento y difusión de nuestra cultura (*Diario Oficial de la Federación, DOF, 2019a*).

De esta forma el gobierno mexicano hace inclusivo el acceso a la ciencia, al no limitarlo solo a los mexicanos sino abriéndolo a “toda persona”, lo que en teoría facilita el intercambio de información con propósitos científicos con otros países. De igual forma, al garantizar el acceso abierto a la información que derive de esta,

como publicaciones, patentes, ponencias, entre otras, se otorga la facilidad y la protección de generar una plataforma de ciencia abierta, cuya finalidad se apega a esta reforma constitucional.

En el ámbito nacional mexicano, la producción científica está fuertemente vinculada a las IES y a los centros de investigación organizados por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT). En las IES, investigadores y profesores deben materializar su trabajo en publicaciones, sea en revistas científicas, capítulos de libro o libros completos, con la finalidad de que su trabajo sea considerado como una investigación. Esto se ha normalizado para demostrar la productividad y hace menos accesible el conocimiento a la población en general, provocando dificultades en la vinculación académica con otros sectores.

Por otro lado, el CONAHCYT gestiona la actividad de investigación en el país a través del Sistema Nacional de Investigación (SNI), que agrupa a la mayoría de los investigadores. Los criterios que tenía como reglamento para aceptar determinados trabajos como resultados de la ciencia, fueron modificados en 2021 mediante el acuerdo por el que se reforma el reglamento del sistema nacional de investigadores (DOF, 2021).

En este documento se modifica sustancialmente el artículo 29 correspondiente a los requisitos para los distintos niveles de acreditación del SNI, considerando la generación de contenidos gráficos, audiovisuales u otras formas que divulguen el conocimiento en plataformas o revistas disponibles por el mismo organismo, como una forma de promover el acceso universal al conocimiento y sus beneficios sociales.

A partir de esta reforma, las implicaciones y maneras de dar acceso universal al conocimiento han ido cambiando, y aún falta ver el impacto que tienen las medidas gubernamentales en acercar el conocimiento a las problemáticas actuales y a los grupos que históricamente han quedado rezagados del acceso al conocimiento más reciente. Otra respuesta a una ciencia más abierta que busca integrar a los actores de las hélices, proviene del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (DOF, 2019b), que en el rubro de ciencia y tecnología, el gobierno dota al CONAHCYT con facultades para coordinar el Plan Nacional para la Innovación, en búsqueda del

beneficio de la sociedad y el desarrollo nacional con participación de universidades, pueblos, científicos y empresas.

De este plan se desprende del acuerdo que expide el Programa Institucional 2020-2024 del CONAHCYT (DOF, 2020), donde se reconoce que en el contexto internacional, México apoyó económicamente el desarrollo de la ciencia y tecnología a niveles altos, lo que se reflejó en un crecimiento palpable de acuerdo con los registros en la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual; pese a esto, en términos de eficiencia hubo decrecimiento, considerando que el conocimiento que se generó no fue capaz de cumplir los objetivos propuestos de acercarse a la población que necesitaba (y aún necesita) la aplicación inmediata de soluciones respaldadas en conocimiento.

En México hubo esfuerzos para apoyar la CTI, sobre todo desde el ámbito académico; la doctora María Elena Álvarez-Buylla Rocés, directora general del CONAHCYT al año 2023, señala que los fondos destinados a la creación y desarrollo de empresas con base tecnológica no tuvieron un desarrollo con el impacto deseado, ya que entre 2013 y 2018, el Índice de Eficiencia de Innovación de México cayó 16 posiciones. Contradictoriamente, la posición de México como creador de artículos científicos aumentó, encontrándose dentro de la media de los primeros 25 países con mayor producción de artículos publicados en revistas indexadas (CONAHCYT, 2019).

La producción científica medida de esta manera es comparada con la medida económica del producto interno bruto (PIB), que de forma generalizada denota crecimiento económico y bienestar. La correlación observada demuestra que el conocimiento basado en artículos científicos publicados impacta en el desarrollo del PIB internacionalmente; así, en las economías más fuertes (Estados Unidos, China y Japón) se advierte un alto PIB aparejado a un gran desempeño en la publicación de artículos científicos (Banco mundial, 2020).

En México, el CONAHCYT evalúa la productividad de los investigadores haciendo uso de diversos criterios, dentro de estos destaca el número de publicaciones. De tal modo, al comparar ese número y el PIB que se genera en cada estado, se nota, por ejemplo, que la Ciudad de México, el Estado de México, Nuevo León y Jalisco cuentan con el PIB más alto del país, cifra que, en efecto, se relaciona con un número considerable de publicaciones.

Al mismo tiempo, la evaluación de la productividad científica en México se encuentra influenciada por normas de organismos internacionales, como la OCDE, a través de su colección de manuales Frascati (2015), Oslo (2007) y Canberra (1995), y la Balanza de pagos tecnológica y patentes (1990), que plantean circunstancias normativas que permiten al país generar información referente a ciencia y tecnología de forma internacional y estandarizada.

Como una forma de obtener información más regionalizada y cercana a la realidad de la productividad científica, se utilizan manuales elaborados por instancias como la RICYT y la Organización de Estados Americanos (OEA), enfocados principalmente en la proporción de sistemas y metodologías de indicadores de ciencia tecnología e innovación, así como los avances y normatividades que les atañen (Guadarrama y Manzano, 2016). Pese a que el sistema internacional de medición de la productividad científica ha resultado eficiente en otras latitudes al vincularse con el desarrollo económico, en el contexto regional nos permitimos afirmar la necesidad de un sistema de medición de la productividad que, sin contravenir los principios internacionales, complemente y acerque la producción académica y científica a los grupos e individuos que requieren innovación y conocimiento cercano a sus estilos de vida y producción.

Fundamentos teóricos del sistema de gestión del conocimiento Prometeo

Capital intelectual

El término *capital intelectual* (CI) fue acuñado en 1969 por el economista John Kenneth Galbraith, quien asentó que, para otorgar valor económico al conocimiento, este se conceptualiza como una acción y crea valor convirtiéndose en activo intangible para la organización o el individuo (Ibarra, 2018). De esta forma, el conocimiento se presenta a quien toma las decisiones como algo más concreto.

En consecuencia, se identifica una relación entre el capital intelectual y la generación de valor basado en el conocimiento y los activos intangibles (Borrás-Atiénzar y Campos-Chaurero, 2018). El conocimiento es, por tanto, el principal insumo para crear activos intangibles que sean capaces de generar valor. Los activos intangibles no tienen una encarnación física o financiera (aunque esto se debate) y se clasifican en tres tipos (OCDE, 2013):

- 1) Información computarizada, como *software* y bases de datos.
- 2) La propiedad de innovación, que incluye los productos de investigación y desarrollo, la propiedad intelectual, derechos de autor, diseños y marcas registradas.
- 3) Las competencias económicas, que consideran el valor de la marca, el capital humano, las redes de personas e instituciones, la técnica y el conocimiento organizacional que incide en la eficiencia y las estructuras organizacionales.

Los activos intangibles suman hasta 12% del PIB de algunos países, y desde la perspectiva económica, se han convertido en un componente importante de la valuación de las empresas (Financial Accounting Foundation, 2019). No obstante, aún hoy en día se discute cuál es el mejor modelo para cuantificar su valor y aportación en la productividad de las organizaciones.

La primera regla de regulación de los costos de investigación y desarrollo generados por las empresas se creó en 1973 por el Comité de Normas Internacionales de Contabilidad, o IASC por sus siglas en inglés (International Accounting Standards Committee), junto con normas para la regulación amplia de sus costos, que dieron lugar a la actual Norma Internacional de Calidad 38, dedicada a los activos intangibles (Deloitte, 2020). Esta norma tiene principios de contabilidad generalmente aceptados y fundamentados en la regla básica de Activo + Pasivo = Capital. En la última revisión de estas normas, el Activo Intangible se define como un activo identificable de carácter no monetario y sin apariencia física (Fundación IFRS, 2020).

Ante esto, las instituciones buscaron generar un entorno de regulación y control sobre un tema nuevo, y los estudiosos del tema trataron de dar significado al tema del capital intelectual a través de múltiples definiciones (ver tabla 2).

Tabla 2. Definiciones de capital intelectual (ci)

Autor	Definición
Ordóñez (1998)	Activos intangibles no revelados que participan en la creación de valor
Bueno (1999)	Variable de fondo que permite la eficacia del aprendizaje organizativo
Edvinsson y Malon (1999)	Conocimientos y experiencia que contribuyen a la creación de ventaja competitiva en el mercado
Sullivan (2000)	Todo conocimiento susceptible de convertirse en beneficio
Bontis y Girardi (2000)	Recurso intangible de la empresa
Cañibano <i>et al.</i> (2002)	Combinación de recursos humanos, organizativos y relacionales
Martínez y García-Meca (2005)	Conocimiento, propiedad intelectual y experiencia capaces de generar riqueza
Castilla (2005)	Intangibles vinculados al ámbito humano, estructural y de las relaciones externas capaces de crear valor
Benavides (2012)	Objeto tangible asociado a la cualidad de conocimiento
Archibold y Escobar (2015)	El ci se manifiesta en el entorno organizacional como una intercepción de activos de naturaleza intangible

Fuente: fragmento de la tabla no. II.1: Definiciones de capital intelectual, extraída de Ruiz (2016, p. 44), complementada con información de Benavides (2011) y Archibold y Escobar (2015).

En la tabla 2 se observa una relación entre el capital intelectual y la generación de valor basado en el conocimiento y los activos intangibles (Borrás-Atiénzar y Campos-Chaurero, 2018), siendo el conocimiento el principal insumo para crear activos capaces de generar valor (Ruiz, 2016). Algunos de los acontecimientos que dieron lugar a modelos de capital intelectual fueron:

- En 1992 la OCDE desarrolló sus primeras normas internacionales referente a los intangibles en su informe Programa de economía tecnológica.

- Entidades económicas internacionales identificaron la necesidad de generar una mayor divulgación de los intangibles basados en responsabilidad social y el gobierno corporativo, y proponen diez principios de divulgación de capital intelectual.
- En 1994, el Instituto Americano de Contadores Públicos Certificados (AICPA, por sus siglas en inglés) generó el informe Jekkins, donde se introduce la segmentación de intangibles para gestionarlos adecuadamente en los informes contables.

Estos modelos buscan satisfacer las necesidades de información de los interesados y, aunque su estructura básica es la misma, cada uno se enfoca en un elemento principal que lo caracteriza (ver tabla 3).

Tabla 3. Modelos de capital intelectual más representativos

Modelo	Autor	Principal aportación
Modelo de Universidad de Western Ontario	Bontis, 1996	Relaciones causa-efecto entre intangibles y resultados
Canadian Imperial Bank of Commerce	Saint-Onge, 1996	Indicadores de aprendizaje para estudiar los intangibles
Balanced Business Scorecard	Kaplan y Norton, 1996	Indicadores financieros y no financieros, desde la perspectiva financiera, del cliente, interna, del aprendizaje y de la mejora
Monitor de Activos Intangibles	Sveiby, 1997	Clasificación de intangibles: competencias de personas, estructura interna y externa. Indicadores de crecimiento, eficiencia y estabilidad
Technology Broker	Brooking, 1997	Categorías de activos intangibles: de mercado, de propiedad intelectual, de infraestructura y del individuo
Dow Chemical Model	Euroforum, 1998	Indicadores de intangibles: factor tecnológico
Modelo de Dirección Estratégica por Competencias: El Capital Intelectual	Bueno, 1998	Gestión de los elementos intangibles en su consideración dinámica de flujos de conocimiento y su aceptación estática o valor el intangible

Modelo	Autor	Principal aportación
Modelo Intellectus	Euroforum, 1998	Modelo flexible que mide los resultados y procesos que genera, combinando distintas unidades de medida
Navigator de Skandia	Edvinsson y Malone, 1999	Desglose de los objetivos globales de la empresa para medir el capital intelectual mediante indicadores
Modelo Knowledge Management Assessment Tool (KMAT)	Andersen, 1999	Liderazgo, cultura, tecnología y medición aplicados a intangibles
Modelo propuesto por el Proyecto M	Meritum, 2002	Enumeración y medición de intangibles de la entidad
Modelo de Gestión del Conocimiento de KMPH Consulting	Tejedor y Aguirre, 1998	Aprendizaje de intangibles y resultados derivados de este proceso
Modelo Nova	Camisón <i>et al.</i> , 2000	Capital intelectual: capital humano, organizativo, social y de innovación y aprendizaje

Fuente: fragmento de la tabla no. II.3: Modelos de capital intelectual con mayor proyección internacional, extraída de Ruiz (2016, p. 78).

De los modelos de capital intelectual que se consideran más representativos a nivel mundial se listan el Balanced Business Scorecard, el modelo de la Universidad West Ontario, Canadian Imperial Bank y el Technology Broker. Estos han sido los más utilizados debido a su adaptabilidad para implementarse en cualquier ámbito (Peña *et al.*, 2019; Perales, 2017; Ruiz, 2016).

Valuación del conocimiento

Comprender el actual marco teórico de elementos intangibles requiere una aproximación al estudio del capital intelectual y su desarrollo en la década de los noventa, en donde hubo interés por el conocimiento y su gestión a través del capital intelectual. Figuras como Drucker (1993) y Brooking (1996) son considerados los pioneros en una nueva realidad económica donde el conocimiento ya es un recurso fundamental en empresas que buscan mejorar su economía (Ramón e Hinojosa, 2020).

Con base en las principales teorías del conocimiento económico, se crean modelos para su cuantificación, considerando diferentes combinaciones de elementos, por ejemplo:

- Intellectus (Bueno *et al.*, 2011) que reúne 22 elementos para cuantificar el capital intelectual.
- El modelo Canadian Imperial Bank de Davenport (Conde *et al.*, 2011) que agrupa sus variables en tres principales elementos: capital humano, capital estructural y capital clientes.

Los elementos integrados en los modelos mantienen aspectos comunes y diferenciadores según sus propios aportes (Reyes, 2009). En la gestión correcta del conocimiento es indispensable identificarlos para que puedan ser tratados como capital intelectual. De esta forma tenemos que todo conocimiento identificado se convierte en un elemento intangible y es parte del capital intelectual, pero no todo elemento tiene la capacidad de volverse un activo intangible para efectos financieros. Se considera como diferencia primordial entre activo intangible y elemento intangible su capacidad de ser reconocidos contablemente: los primeros reúnen características necesarias para su consideración en estados financieros y solo algunos elementos podrán aparecer en informes de intangibles (Ruiz-Rodríguez, 2016).

De acuerdo con el Consejo Internacional de Normas de Valuación (CINV) las valoraciones son ampliamente utilizadas, los mercados financieros dependen de ellas para inclusión en estados financieros o para respaldar préstamos garantizados y actividad transaccional (CINV, 2020). Entonces, un modelo de valuación se refiere de manera colectiva a los métodos, sistemas y técnicas cuantitativas y juicios cualitativos usados para estimar y documentar el valor (CINV, 2020). De esta forma, concluimos que para poder valorar los OC a los que aludimos en este proyecto, de acuerdo con la Norma Internacional de Evaluación, se debe tomar en cuenta la particularidad del mercado en que se desarrollarían las operaciones bajo los supuestos de la ciencia abierta, el cual se clasifica como un mercado hipotético y particular con características específicas.

El conocimiento y el avance tecnológico

La estructura social acomete notoriamente en el desarrollo tecnológico, y este, a la vez, ayuda a modelar la organización social en una inquebrantable retroalimentación recíproca (Serres, 2013). En la medida en que el acervo de las nuevas tecnologías se amplía, el desarrollo tecnológico incrementa, debido a que una vez despejada la incógnita de un problema simple, por recombinación de las nuevas tecnologías resultantes, se hace posible concebir la respuesta a problemáticas más complejas.

Si bien las visiones clásicas asociaban las revoluciones a una tendencia creciente de la curva poblacional, otras ligan su criterio en los recursos y los materiales, de allí el uso de los términos edad de piedra, bronce, hierro, carbón, silicio, etcétera (Wallerstein, 2004).

Posteriormente, la interpretación preponderante de la historia de la técnica profiere su narración del desarrollo tecnológico en torno a tres o cuatro fases revolucionarias separadas entre sí por ciclos más o menos prolongados de estabilidad. El concepto de revoluciones tecnológicas se emplea para referirse a períodos privilegiados, en los que la capacidad técnica de la humanidad sufre saltos cualitativos decisivos que, a su vez, desatan transformaciones significativas en el curso de la civilización (Wallerstein, 2004).

En los últimos 30 años comenzamos a observar la incorporación paulatina de tecnologías computacionales, primero de forma lenta, posible de medir y observar, pero después masiva y exponencial. El potencial de estas tecnologías fue incrementándose de forma paralela a su uso, hasta que hemos llegado al grado de no concebir procesos fuera de estos artilugios. Hoy por hoy, se concibe la economía como basada en el conocimiento y la información que se gestionan tecnológicamente.

Los aparatos nos han sumergido en una dinámica sorprendente de consumo y creación de información a partir de datos cada vez más sofisticados, transgrediendo incluso los límites de la vida privada y las interacciones humanas; esto lo hemos visto más recientemente con la introducción de asistentes virtuales, apoyados a su vez, por tecnologías de inteligencia artificial. Esta dinámica, con sus

connotaciones positivas y negativas, da lugar a formatos de creación y procesamiento del conocimiento que nos obligan a repensar los principios en los que se basa la creación de conocimiento académico y científico formales.

Propuesta del sistema de gestión del conocimiento

Con el propósito de incentivar la gestión del conocimiento académico, se hizo visible la necesidad de innovar los medios y procesos de difusión de la producción generada por los investigadores académicos, y al mismo tiempo, de proporcionarles las herramientas para el monitoreo del empleo que un usuario cualquiera hace de los oc. Asimismo, se identifica la necesidad de métricas para calcular su impacto y potencial, las cuales deben vincularse a su valuación.

La OCDE a través de sus estrategias de innovación ha reconocido que los indicadores de innovación con los que en la actualidad se mide el conocimiento recolectan más información de los insumos que sobre los productos que puede generar la innovación (OCDE, 2012). Así, desarrollar un modelo de valuación que nos permita conocer mejor un oc y determinar si es un producto o tiene capacidad de generar un producto de innovación será de gran ayuda para gestionarlo adecuadamente.

Los oc, como los definimos aquí, son extraídos de publicaciones en extensión, en donde existió un proceso de investigación y cuyos resultados fueron revisados por sus pares antes de ser publicados. Los actuales modelos de valuación bibliométricos, y de infometría basan sus índices solo en el impacto de lectura y citación, dejando de lado los impactos económicos y de desarrollo público y social, principalmente por las siguientes limitantes (OCDE, 2012):

- Limitación de la causalidad al no existir un vínculo directo entre la inversión de la investigación y el impacto, ya que los insumos de investigación generan ciertos productos que pueden afectar a la sociedad y la relación que se genera indirecta por lo tanto difícil de identificar y medir.

- Especificidad por sector. Cada campo de investigación genera oc que solo son canalizados a un usuario final de modo específico, limitando su capacidad de reconocimiento y crecimiento en otras disciplinas.
- Beneficios múltiples en la investigación básica. Hace difícil de identificar el impacto que tienen en determinada área del conocimiento.
- Identificación de usuarios y beneficiarios. Difícil y costosa, especialmente en investigación básica.
- Mecanismos de transferencia complejos. Hacen difícil identificar cómo llega el conocimiento a la sociedad, es limitado a que este solo pueda ser usado principalmente por las universidades y empresas.
- Falta de indicadores adecuados.
- Efectos secundarios internacionales. La OCDE ve los impactos específicos como resultado parcial de la investigación internacional, más que de inversiones nacionales.
- Retrasos. Las diferentes inversiones en la investigación toman tiempos distintos para tener un impacto en la sociedad.
- Producción interdisciplinaria. La producción de la investigación tiene diversos impactos, y puede resultar difícil identificarlos a fin de evaluar la contribución de un producto específico.
- Valoración. Existe dificultad al asignar un valor monetario a los impactos para comprarlos. Los impactos no económicos son difíciles de valorar, y de darles importancia relativa al vincularlos a factores económicos, por lo que solo llegan a ser parciales y subjetivos.

Sistema de gestión del conocimiento Prometeo

Prometeo se enfoca en atender una problemática de las IES generadoras de conocimiento científico y académico que se suscriben a políticas y sistemas de evaluación del trabajo académico y pasan por alto las tres dimensiones del conocimiento en las que los investigadores académicos trabajan: procedimental (de procesos de

producción), factual (de insumos de conocimiento) y de producto (de registro de obra) (Ulloa *et al.*, 2019). Trabajando en estas dimensiones se generan objetos de valor diversos que, por lo general, forman parte de publicaciones en solo dos formatos:

- Publicaciones formales: como libros, capítulos de libro y artículos en revistas especializadas. Tienen una determinada extensión que limita la visibilidad de objetos de conocimiento particulares y de una mayor diversidad que la publicación en extenso.
- Registro de obra: de aplicaciones, *software*, algoritmos, modelos, métodos, esquemas, matrices, tablas y varios gráficos generados en el proceso de hacer investigación (Lin & Bozeman, 2006) que se traducen en registros de propiedad intelectual.

Por tanto, para que los productos académicos de conocimiento tengan cierto valor en el currículum del creador y de la institución que la auspicia, deben ser evidenciados a través de su publicación, generalmente en formatos tradicionales y extensos como libros, capítulos de libros, conferencias, artículos de revistas, y patentes (DORA, 2012). Estos formatos de publicación y difusión son considerados como productos de investigación válidos y productos formales de conocimiento (Polanyi, 2007), aunque, como hemos establecido, estas publicaciones son extensas y altamente especializadas.

Se sintetiza el proceso de investigación al grado de disminuir el impacto y valor individual de los oc, por lo que el propósito de Prometeo no es tampoco reducir el valor de la obra formal publicada. Sin embargo, al reconocer otros productos de una diversidad mayor creados en los incesantes procesos cognitivos que tienen lugar en la mente de los investigadores para procesar, interpretar y manejar la información, se da al mismo tiempo una valoración más justa del esfuerzo que fue necesario en la producción de ciencia y conocimiento (Lin & Bozeman, 2006). Además, se les restituyen características de tangibilidad, utilidad y valuabilidad (Nonaka y Takeuchi, 1999).

Prometeo es la idea de un sistema web enfocado en la publicación y difusión de productos de conocimiento. Recolectaría oc de publicaciones formales, que serían digitalizados y exhibidos en una plataforma web con un sistema de monitoreo que permitiera obtener información sobre su uso. La figura 1 ilustra el proceso de gestión de los oc.



Figura 1. Gestión de objetos de conocimiento en el sistema de gestión del conocimiento Prometeo.

Fuente: Ulloa *et al.* (2019).

Este sistema, basado en tecnologías web, tiene una estrategia doble de difusión de los oc. La primera consiste en la promoción de los objetos utilizando estrategias de mercadotecnia digital y de redes, intentando llegar a audiencias otrora distantes de la academia. La segunda busca aprovechar el mismo impacto que la publicación tradicional pueda tener. El monitoreo de las interacciones con los oc publicados, ya sea a través de Prometeo o de la obra en extenso, se utilizarían como datos de entrada para el modelo de medición del impacto.

En una primera etapa, las interacciones que proponemos monitorear son las citas que tenga la publicación y el oc, las descargas y vistas de ambos, entre otras

métricas comunes hoy en día. Posteriormente, el potencial del impacto de la obra se incrementa por las interacciones con los oc extraídos de ella, proporcionando al autor el beneficio de la cita y de la vinculación con otros sectores. El sistema Prometeo colectaría información del uso de los oc ahí publicados, en conjunto con las citas a los autores y el uso de estos oc en otros sectores fuera de la academia, dato de particular interés que puede incentivarse con la firma de convenios de servicio, asesoría, entre otros. La analítica generada proporcionaría variables interesantes a considerar en la valuación, que se propone dinámica y evolutiva.

En la identificación del tipo y el uso de esta información se vuelve necesaria la creación de una metodología de valuación. Asimismo, se ve la necesidad de indagar en tecnologías de cómputo que permitan el monitoreo y seguridad de los oc. Una de estas es la denominada cadena de bloques (*blockchain*), que hoy en día se desarrolla como una forma segura y robusta para auditar las transacciones digitales (no limitada solo a transacciones monetarias). *Blockchain* se fundamenta en el Consenso Distribuido (*Distributed consensus*), que maneja conceptos interesantes como la anonimidad, los contratos inteligentes y la propiedad inteligente, permitiendo controlar la propiedad de un objeto digital y la ejecución de los términos del contrato establecido electrónicamente (Crosby *et al.*, 2016).

Se identifican varias aplicaciones de esta tecnología; por ejemplo, la anonimización en el minado de información, la privacidad, la seguridad, la predicción, la distribución de datos, la gestión de dispositivos distribuidos, entre otras que se han utilizados en varios sectores, como el de gobierno electrónico, salud, leyes, y educación (Casino *et al.*, 2019). Estas características del *blockchain* le otorgan un excelente desempeño en el monitoreo de objetos digitales y de los respectivos eventos, por lo que asumimos que es posible utilizarlo también para el rastreo y monitoreo seguro y confiable de los oc y los procesos de gestión del conocimiento que tienen lugar. A la propuesta se añade la integración de contratos inteligentes respaldados en esta tecnología de bloques, para el rastreo de las transacciones electrónicas que tengan lugar con los oc.

Con todo lo anterior en cuenta, el fundamento para el sistema Prometeo implicará el desarrollo de tres módulos:

- Módulo 1. Sistema para la recolección y publicación de los oc, basado principalmente en tecnologías web, que se enriquecen con herramientas de inteligencia artificial para el minado de los oc.
- Módulo 2. Sistema para la divulgación y promoción de los oc, donde se insertaría la tecnología de bloques y estrategias de mercadotecnia digital.
- Módulo 3. Sistema de valuación de los oc como capital intelectual, sustentado en la minería de datos y la mercadotecnia de los oc.

En el tercer módulo nos proponemos mostrar el sistema en un formato contable, como vínculo del trabajo académico con la sociedad en general, el cual formará parte de la propuesta de solución del trabajo recepcional que da inspiración a este capítulo.

Conclusiones

Como establecimos en la primera sección de este capítulo, los sistemas de ciencia y tecnología nacionales invierten una cantidad importante de recursos públicos en la promoción de las actividades de investigación y desarrollo para que estas tengan un impacto social y económico a largo plazo. Con tal propósito se han sumado a métricas de la actividad de investigación, que se aplican a la academia para determinar su relación con el desarrollo económico.

Tras examinarlas, determinamos que estas métricas no solo resultan insuficientes para dar cuenta del impacto de la obra, sino que limitan el potencial que pudiesen llegar a tener. Los sistemas nacionales han fallado en determinar métricas adecuadas que permitan evaluar el impacto de la actividad de investigación y el desarrollo, al mismo tiempo promuevan la creación de conocimiento con mayor relevancia y relación con el entorno, propiciando el impacto social y económico tan esperado de la investigación.

La documentación del desarrollo conceptual de la gestión del conocimiento, así como la materialización de estos conceptos en los modelos de gestión identificados,

dan fundamento al diseño de un sistema de gestión de productos de investigación en un contexto nacional, donde las políticas públicas y operativas de las actividades de ciencia, humanidades y tecnologías, están siendo reformuladas, con no pocas repercusiones en la percepción de los creadores de conocimiento y de la sociedad.

Esta propuesta tecnológica se suma a los esfuerzos nacionales por objetivar de forma particular la medición de la productividad académica y de la investigación. Para complementar este esfuerzo, se sugiere desarrollar un mapa de *stakeholders* del conocimiento que recopile la información de los creadores y usuarios en torno al uso del oc, para poder validar y adecuar el modelo de valuación para una mejor toma de decisiones.

Una de las limitantes de esta investigación es que únicamente se han tomado referentes teóricos y supuestos de otras investigaciones similares para fundamentar la creación del modelo de valuación de intangibles. En la actualidad, existen muchas corrientes de valuación para intangibles, enfocadas sobre todo en datos bibliométricos y de cienciometría, aunque las tendencias económicas dejan de lado este tipo de valuación por la poca viabilidad de mostrar su impacto económico y social; por esto, las corrientes de medición económicas solo toman como referente aquellos activos con capacidad de crear un bien tangible de generar algún valor monetario o a los ya existentes.

El proyecto de Prometeo busca, recurriendo a la valuación de intangibles, mostrar ese impacto más allá de las mediciones bibliométricas y comunicarse con la sociedad interesada, con los investigadores que tienen el conocimiento resultado de su trabajo y el potencial para generar valor a través de una mayor difusión en objetos de conocimiento.

Referencias

Archibold, W. y Escobar, A. (2015). Capital intelectual y gestión del conocimiento en las contralorías territoriales del departamento del Atlántico. *Revista Dimensión Empresarial*, 13(1), 133-146. <http://ojs.uac.edu.co/index.php/dimension-empresarial/article/view/342>

- Banco Mundial. (2020). Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB). Banco Mundial. <https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?end=2014&start=2006>
- Benavides Delgado, J. (2011). Hacia un nuevo conocimiento de las empresas y organizaciones, en A. Bajo Sanjuán y N. Villagra García (eds.), *Los grandes retos de la empresa en el siglo XXI: memoria académica curso 2010-2011* (199-213). Universidad Pontificia Comillas.
- Berrere, R. (2010). *Información Científica, Tecnológica y de Innovación*. Bernal Universidad Nacional de Quilmes.
- Borrás-Atiénzar, F. y Campos-Chaurero, L. (2018). El capital intelectual en las empresas cubanas. *Ingeniería industrial*, 39(1), 56-66. <https://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/720>
- Bourdieu, P. (2000). *Poder, derecho y clases sociales*. Desclee de Brouwer.
- Brooking, A. (1997). *Capital intelectual*. Paidós.
- Bueno, E.; Del Real, H.; Fernández, P.; Longo, M.; Merino, C.; Murcia, C. y Salmador, M. (2011). *Modelo Intellectus: medición y gestión del capital intelectual*. CIC-IADE.
- Casino, F.; Dasaklis, T. & Patsakis, C. (2019). A systematic literature review of block-chain-based applications: Current status, classification and open issues. *Telematics and Informatics*, 36, 55-61. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.11.006>
- Chen, D. H. & Dahlman, C. J. (2006). *The knowledge economy, the KAM methodology and World Bank operations*. World Bank Institute. <http://documents.albankaldawli.org/curated/ar/695211468153873436/pdf/358670WBIOThe11dge1Economy01PUBLIC1.pdf>
- Comisión Europea. (2017). *Siguiente generación de métricas: Métricas responsables para la evaluación de ciencia abierta*. Bruselas. <https://ec.europa.eu/research/openscience/pdf/report.pdf>
- Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT). (27 de julio de 2019). El CONACYT participa en primera convención presupuestaria en materia de ciencia, tecnología e innovación. <https://conahcyt.mx/el-conacyt-participa-en-primera-convencion-presupuestaria-en-materia-de-ciencia-tecnologia-e-innovacion/>
- Conde Cardona, Y. A.; Correa Correa, Z. & Delgado Hurtado, C. (2011). Organizational learning: a capacity of the research groups at the public university. *Cuadernos de Administración*, 26(44), 25-39. <https://doi.org/10.25100/cdea.v26i44.433>

- Consejo Internacional de Normas de Valuación (CINV). (2020). Normas Internacionales de Valuación (IVS). CINV. <https://grupotecnocr.com/wp-content/uploads/2020/12/IVS-2020-en-español-UPAV.pdf>
- Crosby, M.; Nachiappan; Pattanayak, P.; Verma, S. & Kalyanaraman, V. (2016). BlockChain Technology: Beyond Bitcoin. *Applied Innovation Review*, (2), 6-19. <https://scet.berkeley.edu/wp-content/uploads/AIR-2016-Blockchain.pdf>
- Deloitte. (28 de junio de 2020). NIC 38 Activos Intangibles. Deloitte. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cr/Documents/audit/documentos/niif-2019/NIC%2038%20-%20Activos%20Intangibles.pdf>
- Diario Oficial de la Federación (DOF)*. (2019a). Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de los artículos 3, 31 y 73 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia educativa. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5560457&fecha=15/05/2019#gsc.tab=0
- Diario Oficial de la Federación (DOF)*. (2019b). Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019#gsc.tab=0
- Diario Oficial de la Federación (DOF)*. (2020). Programa Institucional 2020-2024 del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5595309&fecha=23/06/2020#gsc.tab=0
- Diario Oficial de la Federación (DOF)*. (2021). Acuerdo por el que se reforma el Reglamento del Sistema Nacional de Investigadores. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5625348&fecha=30/07/2021#gsc.tab=0
- Díaz Corrales, A.V.; Sánchez Alonso, R. E. y Rosales Rivera, B. (2018). Metodologías e indicadores académicos, económicos, sociales y tecnológicos para la evaluación del impacto de la investigación científica universitaria. *Nexo, Revista Científica* 31(2), 74-88. <http://dx.doi.org/10.5377/nexo.v3i2.6832>
- DORA. (16 de diciembre de 2012). Declaración de San Francisco sobre la Evaluación de la Investigación. <https://sfdora.org/read/>
- Drucker, P. F. (1993). *La sociedad postcapitalista*. Editorial Sudamericana.
- Financial Accounting Foundation. (2019). Accounting Standards Update. Intangibles—Goodwill and Other (Topic 350), Business Combinations (Topic 805), and Not-for-Profit Entities (Topic 958). Financial Accounting Standards Board. <https://gasb.org/>

- page/ShowDocument?path=ASU%25202019-06.pdf&acceptedDisclaimer=true&title=Accounting+Standards+Update+2019-06%E2%80%94Intangibles%E2%80%9494Goodwill+and+Other+%28Topic+350%29%2C+Business+Combinations+%28Topic+805%29%2C+and+Not-for-Profit+Entities+%28Topic+958%29%3A+Extending+the+Private+Company+Accounting+Alternatives+on+Goodwill+and+Certain+Identifiable+Intangible+Assets+to+Not-for-Profit+Entities&Submit=
- Fundación IFRS. (2020). *Las Normas NIIF Ilustradas: Normas requeridas a 1 de enero de 2020*. Fundación IFRS.
- González, J.; Díaz, J. y Castro, A. (2019). Análisis de los Indicadores de Citación de las Revistas Científicas Colombianas en el Área de Ingeniería. *Información tecnológica*, 30(2), 293-302. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000200293>
- Gregorio-Chaviano, O.; López Mesa, E. K. y Limaymanta, C. H. (2022). Web of Science como herramienta de investigación y apoyo a la actividad científica: luces y sombras de sus colecciones, productos e indicadores. *E-Ciencias de la Información*, 12(1). <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1384766>
- Guadarrama, V. H. y Manzano, F. J. (2016). *Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC. http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/INDICADORES_CTI.pdf
- Hicks, D.; Wouters, P.; Waltman, L.; de Rijcke, S. & Rafols, I. (2015). Bibliometrics: The Leiden Manifesto for research metrics. *Nature*, 250, 429-431. <https://doi.org/10.1038/520429a>
- Ibarra Olgúin, M. P. (2018). Metodologías del talento humano y su importancia en el desarrollo del capital intelectual, en J. V. Martínez González, J. Vázquez García y A. C. Juárez García (comp.), *Capital intelectual suma de talentos* (197-233). Cuerpo Académico Gestión y Administración de Sistemas Educativos de la Universidad Autónoma de Baja California. <http://colpamex.com/wp-content/uploads/2018/11/Capital-intelectual.pdf>
- Lin, M. W. & Bozeman, B. (2006). Researchers' Industry Experience and Productivity in University-Industry Research Centers: A "Scientific and Technical Human Capital" Explanation. *The Journal of Technology Transfer*, 31, 269-290. <https://doi.org/10.1007/s10961-005-6111-2>

- López Molina, S. A. (2017). *La producción científica en México. Una visión de la subcultura del neoliberalismo académico*. Universidad de Colima. http://ww.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/La-produccion-cientifica-en-Mexico_443.pdf
- Mohamed, M. M. A.; Liu, P. & Nie, G. (2022). Do Knowledge Economy Indicators Affect Economic Growth? Evidence from Developing Countries. *Sustainability*, 14(8), 4774. MDPI. <https://doi.org/10.3390/su14084774>
- Navarrete, A. (2017). Análisis del contexto y dimensiones de la economía del conocimiento y su impacto en la calidad de la educación. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 4(8). <https://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/695/927>
- Navas Conyedo, E. y Gulín Gonzáles, J. (2020). Tendencias sobre de la ciencia y la tecnología y su impacto en la sociedad. La sociedad posindustrial. *Serie científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 13(9), 162-178. <https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/660>
- Nirma, A. (2016). *Propuesta de medición de la productividad individual de los profesores de las instituciones de educación superior. Caso de estudio Universidad de Pinar del Río (2009-2014)* (tesis de maestría). Universidad de La Habana. <https://rc.upr.edu.cu/jspui/handle/DICT/2567>
- Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1999). *La organización creadora de conocimiento: Cómo las compañías japonesas crean la dinámica de la innovación*. Oxford University Press.
- Organización del Convenio Andrés Bello (ed.). (2018). *Política pública en apropiación social de la ciencia y la tecnología de los países signatarios de la organización del Convenio Andrés Bello*. Organización del Convenio Andrés Bello. https://convenioandresbello.org/cab/wp-content/uploads/2019/05/Politica_Publica_Apropiacion_Social.pdf
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (1990). Proposed standard method of compiling and interpreting technology balance of payments data. <https://doi.org/10.1787/9789264065567-en>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (1995). The measurement of scientific and technological activities. Manual on the measurement of human resources devoted to S&T Canberra manual. <https://doi.org/10.1787/9789264065581-en>

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2007). Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. <https://doi.org/10.1787/9789264065659-es>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2012). La estrategia de innovación de la OCDE: Empezar hoy el mañana. <https://doi.org/10.1787/9789264080836-es>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2013). New Sources of Growth: Knowledge-Based Capital. Key Analyses and Policy Conclusions. <https://doi.org/10.1787/9789264193307-en>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2015). Manual de Frascati 2015: Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental. <https://doi.org/10.1787/9789264310681-es>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) / Oficina Estadística de la Unión Europea (EUROSTAT). (2007). *Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. OCDE. <https://doi.org/10.1787/9789264065659-es>
- Peña, C.; Arias, B.; Serafim, S. y Gonçalves, M. (2019). Incubadoras de negocio en red: Capital intelectual de incubadoras de negocios de Latinoamérica y la relación con su éxito. *Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre)*, 25(2), 96-118. <https://doi.org/10.1590/1413-2311.245.90041>
- Perales, A. (2017). Diseño de un modelo de gestión de capital intelectual para la Universidad Venezolana. *Revista Educación Superior y Sociedad*, 27(27), 125-148. <https://www.iesalc.unesco.org/ess/index.php/ess3/article/view/78>
- Pérez Matos, N. E. (2002). La bibliografía, bibliometría y las ciencias afines. *ACIMED*, 10(3). <https://core.ac.uk/download/pdf/11877357.pdf>
- Polanyi, K. (2007). *La gran transformación, crítica del liberalismo económico*. Quipu.
- Ramón Poma, G. e Hinojosa Cruz, A. (2020). Capital intelectual y sus dimensiones: Una revisión de literatura. *VinculaTegica*, 1, 624-635. http://www.web.facpya.uanl.mx/vinculategica/Vinculategica6_1/49%20RAMON_HINOJOSA.pdf
- Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT). (2019). *El estado de la ciencia, Principales indicadores de ciencia y tecnología iberoamericanos / interamericanos*. RICYT. <http://www.rieyt.org/wp-content/uploads/2019/10/edlc2019.pdf>

- Reyes Álvarez, L. (2009). Modelo para la gestión del conocimiento en el Polo Productivo Realidad Virtual. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 5(2). https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjIgcXH-_CAAxUGOkQIHTCyCYQQFnOECBEQAQ&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F8590096.pdf&usg=AOvVaw1_D9FV3In96_OoJ-ToXI-ws&opi=89978449
- Ruiz-Rodríguez, M. C. (2016). *Análisis de la divulgación de información sobre elementos intangibles en los bancos del IBEX35. Un enfoque basado en la utilidad* (tesis doctoral). Universidad de Jaén, Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas, Departamento de Economía Financiera. <https://ruja.ujaen.es/bitstream/10953/734/1/9788416819362.pdf>
- Russell, J. M. (2004). Obtención de indicadores bibliométricos a partir de la utilización de las herramientas tradicionales de información. *VIII Congreso internacional de la información INFO 2004*, La Habana. <http://www.eventos.bvsalud.org/INFO2004/docs/es/RussellJM.pdf>
- Serres, M. (2013). *Pulgarcita: El mundo cambió tanto que los jóvenes deben reinventar todo: una manera de vivir juntos, instituciones, una manera de ser y conocer*. Fondo de Cultura Económica.
- Sociedad Americana de Biología Celular. (2012). Dora. <https://sfdora.org/>
- Ulloa Cazarez, R. L.; Betanzos Rodríguez, A. I. & Garza Acosta, N. C. (2019). Prometeo: Knowledge management system for scientific research outputs. *European Conference on Intangibles and Intellectual Capital, ECIC, 2019* (315-322).
- Wallerstein, I. (2004). *World Systems Analysis an introduction*. Duke University Press.
- Wiley. (2019). Open Data. <https://authorservices.wiley.com/open-research/open-data/index.html>
- Wit-de Vries, E.; Dolfsma, W. A.; Van der Windt, H. J. & Gerkema, M. P. (2019). Knowledge transfer in university-industry research partnerships: a review. *The Journal of Technology Transfer*, 44, 1236-1255. <https://doi.org/10.1007/s10961-018-9660-x>

CAPÍTULO 3

INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN UN GRUPO INDUSTRIAL

Adriana Flores Piña

Introducción

Las pequeñas y medianas empresas enfrentaron un gran desafío durante la pandemia por la covid-19, y en algunos casos a nivel nacional e internacional, no soportaron la tensión económica y debieron cerrar operaciones (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2020), pero otras empresas, gracias a su capacidad de conversión e innovación, salieron airoas de la crisis, encontrando oportunidades para mantenerse en el mercado (Ramos *et al.*, 2022).

La supervivencia ante entornos adversos requiere de la realización estratégica de actividades de investigación, desarrollo e innovación. Estas también son imprescindibles para la operación y competencias cotidianas, y se consideran factores clave para el crecimiento del país. Al respecto, y como dice la teoría, se observa la importancia que tienen las universidades y los centros de desarrollo tecnológico (Širá *et al.*, 2020). Con esto en mente, los gobiernos destinan parte de los recursos federales a la innovación y el desarrollo industrial, los que se reflejan en el número de patentes o innovaciones obtenidas.

En este capítulo se describe un proyecto aplicado en el Centro de Desarrollo Tecnológico Romualdo Tellería Armendáriz (CDT-RTA), empresa ubicada en la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo, México, en la que realicé una estancia laboral mientras era estudiante de la Maestría en Gestión y Generación de la Innovación (MGGI). El objetivo de esta investigación fue implementar un sistema para la gestión del conocimiento de las empresas que integran el grupo industrial, las cuales son de carácter familiar. El trabajo se aplicó en dos unidades:

- 1) Silos y Camiones, SA de CV (SYCSA). Su principal actividad es llevar a cabo diseño, ingeniería, construcción, control, automatización y mantenimiento de plantas productivas con manejo y transporte de materiales a granel. Diseñan proyectos Llave en mano y sistemas que hacen más eficientes las plantas de producción de sus clientes.
- 2) Centro de Desarrollo Tecnológico Romualdo Tellería Armendáriz, AC (CDT-RTA). Su función es la investigación y el desarrollo, realizan estudios de factibilidad, pruebas predictivas, simulación de procesos y brindan soporte tecnológico a las áreas de ingeniería para proponer soluciones a sus proyectos. Es en esta empresa donde surge el proyecto de Gestión del Conocimiento y de la Innovación.

Durante mi estadía en este grupo de empresas, me percaté de la importancia que tiene registrar el conocimiento que se genera dentro de la organización. En este tipo de compañías existe una recurrente rotación de personal, lo que ocasiona que el conocimiento que los individuos adquieren y generan durante el tiempo que prestan sus servicios se pierda con su partida, pues no se documenta ni se transmite a los demás.

Al contratar personal nuevo debe capacitársele en los temas necesarios según el área a la que sería asignado, en este proceso se invierte tiempo y recursos humanos; cuando un trabajador renuncia, la empresa pierde la inversión que había hecho en esa persona en materia de formación, ya que hay que asignar nuevamente tiempo y recursos para buscar a personal e iniciar nuevamente con el proceso de

capacitación. Además, con el cambio de colaboradores se pierde el conocimiento que el trabajador había generado en la interacción con sus pares y superiores, al no tener un registro de los procesos de su creación y aplicación.

Este problema no es exclusivo del caso que se presenta, pues también se identifica este fenómeno en otras micro y pequeñas empresas (MIPEE), que tienen un papel esencial en el desarrollo del país y de la economía internacional (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE, 2023; Gómez *et al.*, 2013). Ya que el conocimiento creado en las empresas representa su potencial de crecimiento y de supervivencia, es conveniente buscar cómo evitar su fuga tras la salida del personal. Una forma en la que esto es posible es implementando un modelo de gestión tecnológica que contenga, de manera clara, los elementos básicos, incluyendo rubros de innovación tecnológica, la cual debe ser fácil de adaptar al nivel en que se encuentra la organización.

La innovación es un elemento primordial para alcanzar lo que se espera con este proyecto, por lo que es necesario fomentar la cultura de innovación desarrollando habilidades en las personas y las organizaciones para crear nuevos productos, procesos o servicios (Demuner, 2021). La generación de nuevas tecnologías representa una parte esencial en el crecimiento de estas empresas y, a su vez, las tecnologías juegan un papel importante para el crecimiento económico, pues tanto el proceso de generarlas como el producto son conocimientos valiosos (Demuner, 2021).

Para este proyecto, realicé un diagnóstico con la finalidad de identificar las fortalezas que tenía la empresa y las áreas que se podían trabajar para evitar la fuga de conocimiento y de información. Los resultados condujeron a la creación de una propuesta de modelo de gestión tecnológica y del conocimiento, que a su vez implicó la elaboración de una política de propiedad intelectual, en la que también participé. A la par de estas tareas, fui el vínculo con personal experto de un despacho en marcas, franquicias y protección en propiedad intelectual.

El proceso para el diseño y la aplicación del modelo de gestión tecnológica y del conocimiento se resume en los siguientes puntos:

- Pláticas con el personal con experiencia en temas de innovación, propiedad intelectual y transferencia tecnológica.
- Organización de las capacitaciones al personal en temas de propiedad intelectual y transferencia tecnológica.
- Gestión de proyectos ante instancias gubernamentales para la obtención de recursos económicos.
- Seguimiento a los proyectos bajo la metodología de Administración Profesional de Proyectos.
- Elaboración de la política de propiedad intelectual que aplica a las empresas de la organización.
- Documentación de las ideas con posible desarrollo tecnológico para ingresarse en algún rubro de la propiedad intelectual.
- Administración de la Memoria Organizacional para almacenar la documentación de los proyectos tecnológicos.

La iniciativa para este proyecto de investigación surgió ante la demanda de las dos principales organizaciones integrantes del grupo industrial que requerían conocer los temas relacionados a la gestión del conocimiento, transferencia tecnológica, programas de apoyo con recursos económicos, modelos de innovación e, incluso, propiedad intelectual.

Contexto

En el contexto empresarial, el conocimiento implica más que solo saber cómo llevar a cabo los procesos de una organización, también es una fuente importante de innovación y creatividad para incrementar la competitividad. Por tal razón, las organizaciones requieren de un equipo multidisciplinario que conozca las tendencias y necesidades del mercado y de la misma organización, para así definir estrategias para lograr los objetivos de crecimiento (Durst & Bruns, 2018).

Las empresas de giro industrial, las universidades y los centros de desarrollo tecnológico suponen un trabajo armónico en torno a la innovación y el cambio tecnológico, ambos factores clave de crecimiento (Etzkowitz & Leydesdorff, 2014). De esta triple interacción se pueden conceptualizar ideas, evaluar el conocimiento, diseñar prototipos, fabricarlos y colocarlos en el mercado. Sin embargo, la triple hélice presenta complicaciones adicionales cuando se trata de generar estrategias para las MIPME.

Estas luchan con la implementación de sistemas de innovación que resultan costosos y a veces inoperables en función de las características de la organización a ese nivel (Audretsch & Belitski, 2021). A pesar de ello, pueden generarse innovaciones mediante la implementación de un modelo de gestión tecnológica adecuado, que contenga los elementos básicos de innovación y sea fácil de adaptar al nivel en que se encuentre la organización.

Problemática

El proyecto que se presenta tuvo aplicación en un grupo industrial localizado en Pachuca, Hidalgo, integrado por cinco empresas. Estas cuentan con una certificación bajo los estándares del sistema de calidad ISO 9000 (Organización Internacional de Normalización, ISO, 2015), situación que presenta una restricción al momento de introducir procesos nuevos, pues cualquier cambio de impacto dentro de estos tiene que adecuarse a los procesos que ya estaban definidos dentro del sistema de calidad.

Al momento de la investigación, el grupo industrial no era ajeno a la innovación, y constantemente se creaban proyectos con las características suficientes para ser considerados innovaciones industriales. No obstante, las lecciones aprendidas que surgían en estos proyectos no se documentaban ni compartían, y por consecuencia las problemáticas y la falta de soluciones a las mismas se volvían a presentar en proyectos posteriores, lo que llevaba a cometer los mismos errores. Ante esto, resultaba trascendental documentar esta información, porque las soluciones que se proponían incluso podían protegerse por algún rubro en propiedad intelectual.

Además de la documentación, era necesaria la gestión de esa información en diferentes niveles de la organización, para que se tuviera una gestión del conocimiento y de la información efectiva. En este punto se identificó la necesidad de buscar a los expertos en el tema de protección industrial e intelectual, para comprender el impacto potencial, lo que sucedía, lo que se experimentaba en las empresas del grupo, y ante todo para conocer qué soluciones podríamos aplicar y por dónde se debía empezar. Como resultado de la intervención de los expertos, se concluyó que implementar un modelo tecnológico y de gestión del conocimiento y de protección de la propiedad intelectual e industrial era la solución a la problemática narrada.

Propuesta de solución

Las empresas del grupo industrial utilizan para el desarrollo de todos sus proyectos una metodología propia denominada de Administración Profesional de Proyectos. Esta tiene la finalidad de administrar, coordinar y controlar las actividades y los recursos asignados para la ejecución de un proyecto, de forma que se pueda cumplir con el objetivo y presupuesto asignado. Una de sus herramientas de seguimiento lleva por nombre “lecciones aprendidas”, y consiste en documentar lo aprendido durante el desarrollo de un proyecto, con la intención de que en proyectos futuros no se repitieran los mismos errores.

En un documento denominado “reporte semanal” existía una sección para las lecciones aprendidas, en donde cualquier integrante del equipo podía plasmar un error, una mejora o un área de oportunidad que se había presentado durante la ejecución del proyecto. Con ello se buscaba que los demás lo leyeran para que no se volviera a presentar el error o para que se aplicaran las mejoras presentadas en otros proyectos, beneficiando a los clientes.

Por ejemplo, en el servicio que se oferta de transportación de materiales, se movía la hojuela de avena, que al ser transportada dentro de un sistema neumático en zonas con clima húmedo causaba que el mantenimiento a los equipos de

transporte fuese más recurrente, generando gastos y pérdidas tanto para el cliente como para la empresa. En otra problemática, se desarrolló un proyecto donde probaron un sistema para controlar la humedad de las cabinas de transporte. Este proyecto resolvía una cuestión distinta, pero similar al de la hojuela de avena, por lo que, al realizar la transferencia tecnológica, se logró que esta última se transportara sin problemas.

En este primer proyecto fue posible reutilizar una lección aprendida, una práctica que si bien no era sistemática, ya formaba parte de los procesos del grupo industrial. Así, esta misma solución se implementó en más de un proyecto, trayendo un beneficio para problemas relacionados, no solo de esta empresa en particular, sino de todas las integrantes del grupo industrial.

Es importante mencionar que el trabajo en equipo en nuestro país, de manera general, es un tema complicado; se piensa que el conocimiento le pertenece a cada individuo, que requiere mucho esfuerzo y dedicación adquirirlo como para compartirlo sin una retribución apropiada. Esta limitante ocasiona que el verdadero trabajo en equipo sea una cuestión compleja dentro de las organizaciones. Lo anterior también afecta en la cultura corporativa, que es el conjunto de símbolos, creencias, valores, costumbres y prácticas de un grupo de personas que forman parte de una organización (Nonaka y Takeuchi, 1995). La personalidad diferencia a una organización de otra, y se refleja en cómo los individuos interactúan entre ellos y con los clientes, y en cómo desarrollan sus actividades asignadas.

En el proyecto que se describe, se consideró a la gestión del conocimiento organizacional como la capacidad que la empresa tiene para crear nuevo conocimiento, diseminarlo a lo largo de la organización y utilizarlo en forma de productos, servicios y sistemas puestos a disposición de la comunidad para su uso, reúso, valoración y transformación, generando un círculo virtuoso de retroalimentación.

La adopción de un modelo de gestión del conocimiento para las MIPES y medianas empresas, ayudaría a la generación de ideas que implicarán cambios en sus técnicas a través de los procesos de identificación, selección, organización, diseminación, transferencia de la información importante y documentación de

las experiencias, integrando la memoria de la organización, para propiciar el desarrollo de los conocimientos del personal.

De este modo el objetivo del proyecto fue recuperar el conocimiento organizacional y disminuir el impacto que tiene la rotación de personal al conservar el conocimiento generado. En cuanto a los objetivos específicos se definieron los siguientes:

- 1) Referir la metodología general de la gestión del conocimiento.
- 2) Reseñar la identificación de procesos clave dentro de las empresas seleccionadas, así como la estrategia realizada para su documentación.
- 3) Resaltar y describir el trabajo en equipo dentro de las empresas, junto con los vínculos que se establecieron entre el gobierno, la academia y el grupo industrial.

Fundamentación

Para la mejora de este grupo de empresas se buscó implementar un sistema de gestión del conocimiento que permeara a todos los niveles de la organización. Por ello, se analizaron algunos modelos teóricos de gestión del conocimiento que fueran compatibles con la necesidad descrita. A continuación se ahondan en los fundamentos teóricos del sistema formulado.

La propuesta del proceso de creación del conocimiento planteada por los japoneses Nonaka y Takeuchi (Kahrens & Früauff, 2018; Tordecilla Díaz, 2014) es un modelo dinámico de generación de conocimiento que se desarrolla en cuatro fases planteadas como un proceso interactivo entre el conocimiento tácito y el explícito, entre las que se constituye una espiral permanente de transformación interna de conocimiento. Este proceso se caracteriza por una naturaleza dinámica y continua.

Las cuatro fases expuestas por los autores son:

- **Socialización:** proceso de adquirir conocimiento tácito a través de compartir experiencias por distintos medios (por ejemplo: exposiciones orales, documentos, manuales y tradiciones) que añaden al conocimiento dentro de la organización.
- **Exteriorización:** proceso de convertir el conocimiento tácito en conceptos explícitos que supone hacer tangible la experiencia mediante el uso de metáforas del conocimiento.
- **Combinación:** proceso de crear conocimiento explícito al reunir experiencias y conocimientos de cierto número de fuentes; se da en el intercambio de conversaciones telefónicas, reuniones, correos, etcétera, que se pueden categorizar y clasificar para formar bases de datos que sustentan la generación de conocimiento explícito.
- **Interiorización:** proceso de incorporación del conocimiento explícito al conocimiento tácito, analizando las experiencias adquiridas en la puesta en práctica de los nuevos conocimientos.

Dentro de las ventajas de este modelo se encuentra que es necesario que los subordinados y los superiores compartan responsabilidades para poder construir la base del conocimiento. Al respecto, se ha observado que algunos superiores manifiestan descontento al sentir vulnerabilidad en sus funciones y compartir el *know-how*, lo que representa una desventaja.

Otro modelo es el de gestión del conocimiento, denominado KPMG Consulting, de Tejedor y Aguirre (Carranza, 2017; Tordecilla, 2014). Este inicia con la siguiente pregunta: ¿qué factores condicionan el aprendizaje de una organización y qué resultados produce este aprendizaje? La respuesta es la solución en la que se basa el modelo de gestión del conocimiento.

KPMG Consulting se centra en el aprendizaje organizativo, definido como el enfoque que da sentido y continuidad al proceso de creación de valor o de intangibles.

El aprendizaje es la clave para que las personas y la organización puedan ser más inteligentes, memorizando y transformando la información en conocimiento. La ventaja de este modelo radica en que aporta al desarrollo humano y profesional de las personas involucradas. Pero un inconveniente que tiene es que sus elementos se presentan como un sistema complejo de interacciones en el que las influencias se producen en todos los sentidos, lo que complica la sistematización de la experiencia y del conocimiento –en gran medida, en la sistematización radica una fuente de ventaja competitiva (Demuner, 2021).

Por su parte, se encuentra el modelo sobre los procesos del conocimiento presentado por Nathan Shedroff (1994), que involucra cuatro etapas de diseño (ver figura 1). La primera consiste en identificar los datos y la información, materia prima de la comunicación; es decir, el contenido, que pueden ser cifras, nombres, estímulos, entre otros. La segunda etapa es el diseño de la información: cuando a estos datos se les añade una organización o contexto y se convierten en información, ya que se relacionan las cifras o nombres con los conceptos que proporcionan sentido y utilidad.



Figura 1. Diseño de la información, según Shedroff.
Fuente: elaboración propia, basada en Shedroff (1994), Fenn y Hobbs (2012).

La tercera etapa es el diseño de las interacciones que llevan a la construcción de conocimiento, que se presenta como el resultado de la comunicación y la repartición de la información con otras personas. Cabe señalar que es de vital

importancia la forma en que la información es presentada, ya que de esto dependerá su interpretación y aplicación. Por último, la cuarta etapa es la sabiduría, donde se diseñan las experiencias. Esta sucede cuando estos conocimientos han pasado a una fase de evaluación e interpretación y que se puede hablar de la presencia de sabiduría. Este último paso es el más impreciso, por lo que su proceso de formación es menos conocido.

Este modelo es un proceso que se desglosa y va paso a paso por todas sus etapas, lo que permite su fácil apropiación; sin embargo, algo que le juega en contra es que se requieren sistemas de información muy sofisticados, pues si la información carece de un manejo apropiado será más difícil que pase a la siguiente etapa.

Por su parte, la propuesta de Arthur Andersen (1999) reconoce la necesidad de acelerar el flujo de la información que tiene valor: desde los individuos a la organización y de vuelta a los individuos, de modo que ellos puedan usarla para crear valor y otorgarlo a los clientes. Expresado de otra forma, el trabajador tiene la responsabilidad de compartir y hacer explícito el conocimiento para la organización, mientras que desde la perspectiva organizacional, se tiene la responsabilidad de crear el medio para garantizar que se difunda dentro de la organización, creando procesos o sistemas que permitan capturar, analizar, aplicar, valorar y distribuir el conocimiento (Aures y Balvín, 2022).

Este modelo se eligió como base del proyecto y de la implementación del sistema de gestión del conocimiento debido a tres puntos: 1) identificar, seleccionar y organizar los procesos clave; 2) capacitar al personal; y 3) diseminar y transferir la información importante y documentar las experiencias. A continuación, se describen los principios o valores básicos del modelo de Andersen (Palacios Osma *et al.*, 2020).

- **Unidad:** modelo único y una sola identidad. Dentro de la organización los directivos mencionaban de manera constante que entre todos y reuniendo esfuerzos se podían lograr los objetivos planteados.
- **Integridad:** consiste en pensar y actuar con honestidad, en hablar con claridad. En los proyectos desarrollados, se tenían reuniones con el equipo de trabajo de manera semanal, además cada semana se emitía y enviaba un reporte,

con la finalidad de dar a conocer a los integrantes del equipo los avances generados y propiciar el intercambio de ideas.

- **Cooperación:** implica solidaridad, actuar con orden, generosidad y apoyo mutuo desinteresado. La empresa busca que el trabajo de cada empleado sea en beneficio de un interés organizacional, para mostrar que el desarrollo de sus actividades genera un proyecto de gran valor.
- **Ambición:** capacidad de plantear objetivos de largo alcance, donde solo la creatividad puede imponer límites. El director general de la organización fue siempre el principal impulsor en comunicar a los trabajadores el sentido de pertenencia dentro de la organización, buscar la confianza y desarrollar las capacidades de cada uno.
- **Talento:** manifestado en la expresión de la excelencia personal, grupal y organizacional. Cuando el personal ingresa a la organización pasa por un proceso de capacitación, ahora bien, la directiva siempre ha de mantener en formación constante a los trabajadores con la finalidad de que adquirieran conocimientos actualizados.
- **Servicio:** se refiere a la satisfacción del cliente, alcanzada a través de la actitud de servicio y el afán por alcanzar la excelencia. El director de la empresa busca ofrecer productos o servicios valiosos para sus clientes, que pudieran brindar un valor agregado por el que estuvieran dispuestos a pagar.
- **Resultado:** implica conocer el propósito de las cosas y tener una clara orientación a la obtención de resultados. Las áreas directivas revisan la misión, la visión y los valores de la organización cada tres años, junto con la definición de los objetivos plasmados a corto y largo plazo.

Con esta perspectiva, se propone un sistema de gestión del conocimiento en el que tanto el individuo como la organización tienen responsabilidades y derechos en cuanto al conocimiento y sus procesos.

El modelo Andersen (1999) reconoce dos perspectivas: la individual, que consiste en la responsabilidad personal por compartir y hacer explícito el conocimiento para la organización, y la organizacional, que se refiere a la infraestructura

de soporte para el desarrollo de la perspectiva individual en la mejora de los procesos, la tecnología y la cultura. Este modelo muestra que de manera individual hay una responsabilidad de compartir los conocimientos propios, a la vez que de forma recíproca los conocimientos de la organización vuelven al individuo, como se ilustra en la figura 2.

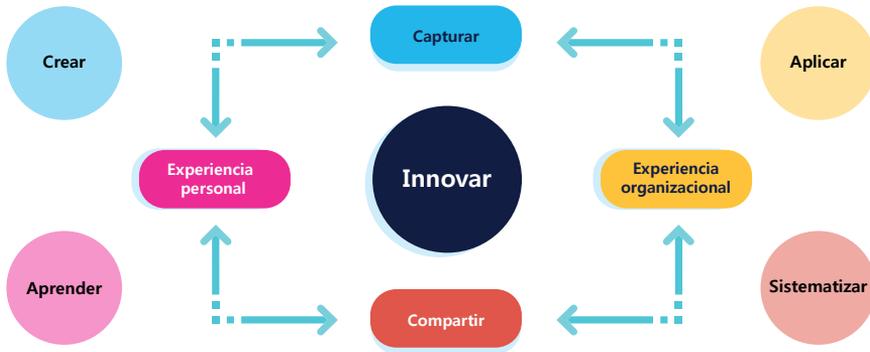


Figura 2. Modelo de Andersen.
Fuente: elaboración propia, basada en Andersen (1999).

Para que el conocimiento sea útil, tiene que compartirse entre los trabajadores de la organización, esto implica modificar las rutinas laborales y transformar el trabajo individual por la colaboración en equipo. Al final, este es uno de los objetivos: hacer equipos de trabajo para compartir el conocimiento, adaptarlo, generarlo y buscar mejoras en las actividades cotidianas, incluso hasta generar desarrollos que puedan ser protegidos en algún rubro de la propiedad industrial.

Diseño de la propuesta de innovación y gestión del conocimiento

Para esta investigación fue trascendental el apoyo total del director general de la empresa, ya que él estaba convencido de que se debía actuar e implementar un

modelo de gestión del conocimiento, modificar los procedimientos y capacitar al personal respecto a estos temas. En 2016 se ingresó la documentación del proyecto al Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (PEI) del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT, 2023), para avanzar con apoyo de los recursos de la empresa y del gobierno.

En el CDT-RTA cuando se desarrollaba algún proyecto que implicaba la adaptación de una nueva tecnología, el manejo de un nuevo material o algún otro reto para la empresa, se utilizaba una plataforma web denominada Memoria Organizacional para dejar plasmados los antecedentes, detalles de las pruebas realizadas, documentos con investigaciones, evidencia fotográfica, entre otros. Durante mi estancia en la empresa, mi función fue administrar la plataforma.

Para esta investigación se creó específicamente un módulo dentro de la Memoria Organizacional, al que podían acceder los integrantes del equipo de trabajo que se asignaban para el desarrollo de este tipo de proyectos. La finalidad era que en la plataforma se adjuntaran los documentos de las pruebas, planos, lecciones aprendidas, cronograma de actividades, evidencia fotográfica, bibliografía, reportes semanales, etcétera; asimismo, permitía a los miembros del equipo agregar comentarios. Esto con la intención de almacenar todas las actividades que se habían desarrollado y que sirvieran como evidencia documental desde el inicio del proyecto hasta su término.

Para este proyecto se involucró, como parte del equipo de trabajo, al director de SYCSA, al director del CDT-RTA, al director de planta y a los gerentes de las líneas de producción. Además, se contó con un catedrático destacado de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, especialista en temas de gestión tecnológica e innovación, quien, por conocer el tema, haría el diagnóstico inicial para identificar cómo se encontraba la empresa, lo que se necesitaba para implementar el modelo de gestión del conocimiento y para culminar con una propuesta para la elaboración de un modelo de gestión tecnológica que se adecuara a la empresa.

El proceso de innovación inició con una lluvia de ideas; estas, después de compartirlas con los expertos, pasaron a una etapa de evaluación, es decir, a considerar qué procesos se determinarían como claves para después priorizarlos, documentarlos

y darles seguimiento. Para continuar con la ejecución, fue relevante identificar al equipo de trabajo y las capacidades de cada integrante, considerando que en todo momento pueden existir cambios, mismos que son válidos y ayudan a reorientar esfuerzos para lograr los objetivos hasta conocer los resultados. En el desarrollo del proyecto, y en las actividades que se realizaron, se identificaron los siguientes puntos.

Identificar, seleccionar y organizar los procesos clave

Junto con el personal experto, se realizó un análisis detallado de los procesos del área de producción, con la finalidad de conocer los puntos clave que debían ser clasificados como fundamentales en temas de propiedad intelectual, y de hacer modificaciones, en caso de ser necesario, a los manuales definidos en el sistema de gestión de calidad. En estas reuniones se revisaron básicamente los procedimientos y se aplicó un cuestionario que indicaba si el manejo de la información se podía clasificar como confidencial o no, los efectos que tendría si el diagrama está en manos de la competencia, lo que pasaría si la programación se fugara de la organización, entre otras preguntas, para al final poder clasificarlos como claves para la organización.

De igual forma, los manuales de procedimiento respectivos se repasaron en conjunto con el director de las áreas para identificar cuáles procesos eran catalogados como clave, y el manejo de información que utiliza cada uno para definir la clasificación de la misma. De acuerdo con este análisis, se identificó un proceso clave utilizado en el área de ingeniería y definido como *layout*: el plano o la distribución de todos los componentes de un proyecto para una industria o negocio con la finalidad de mejorar los procesos de interacción con el cliente.

Al trabajar con el *layout* de la metodología descrita en Andersen (1999), se logró detectar de manera clara cuál era la innovación que se introduciría, y una vez realizada, después de recibir la autorización de la dirección general, fue también más sencillo documentarla e iniciar con los trámites de una protección de propiedad intelectual.

Capacitar al personal

Se capacitó al personal de las áreas de producción, automatización, proyectos, instalaciones y ventas en temas relacionados con innovación, gestión tecnológica, derechos de autor y propiedad intelectual. Se les dio formación a cuarenta y cinco personas en temas de gestión del conocimiento, a treinta personas en propiedad intelectual y a diez en estandarización de productos, esperando dar a conocer estos rubros e introducir los conceptos dentro de la organización, respetando la autoría de quien genera una iniciativa tecnológica.

Cuando se trabajó en la innovación, proceso ya mencionado, también se habilitó la descripción de los subprocesos, lo que permitió que el personal de la empresa involucrado en la operación fuera capacitado y adquiriera de forma ilustrada la comprensión de lo que es la propiedad intelectual, de los activos intangibles y cómo estos deben ser protegidos. Al mismo tiempo, en cada área se revisaron y desarrollaron documentos (manuales, procedimientos, mapas, etcétera) necesarios para la implementación de la metodología de protección de propiedad intelectual y gestión del conocimiento.

Mi participación consistió en gestionar los tiempos de las capacitaciones para los diferentes grupos de las empresas, así como identificar, junto con los responsables de los procesos, las posibles modificaciones que debían generarse en los manuales de procedimientos establecidos dentro del sistema de gestión de calidad.

Diseminar y transferir la información importante y documentar las experiencias

Esta fase consistió en la generación de una metodología de estandarización de productos para reducir tiempos muertos, costos, optimización de materiales, etcétera, lo que se tradujo en mayores beneficios para la empresa y en especial para los clientes. Por ejemplo, se contemplaba una reducción de tiempos en la fabricación de los productos, la calendarización exacta en la entrega de estos, evitar errores,

ahorrar en la compra del material a utilizar, ya que se pedía a granel, y que los productores pudieran venderse como si fueran por catálogo.

En este sentido, la estandarización se utilizó para definir y uniformar los procesos de producción de ciertos productos. Aquí se manejó el concepto de paquete tecnológico, definido como el conjunto de documentos, derechos de propiedad, actividades, soluciones de gestión y modelos necesarios para lograr que una tecnología se transforme en un producto comercializable o transferible a empresas con capacidad de absorber la innovación, aprovecharla, integrarla y detonar ventajas competitivas respecto a los competidores y mercados existentes. Los paquetes tecnológicos logran establecer el entregable de un proceso científico tecnológico administrativo.

En la etapa de protección de la creación, se pidió el apoyo de un despacho experto en temas de propiedad intelectual, y de un maestro universitario con conocimiento en gestión de la innovación. Este proceso dio lugar a otro más de capacitación al personal, principalmente para conocer qué es lo que se podía y no se podía patentar, qué requisitos se necesitaban, los tiempos de vigencia de una patente, cuáles son los beneficios y el proceso para poder iniciar con el trámite de patente. Todos estos conceptos eran desconocidos por el personal, y una vez que recibieron la introducción, el interés y participación en los proyectos de gestión del conocimiento se vio impulsado.

Finalmente, se introdujeron proceso de ética y confidencialidad, considerando que la generación de información estratégica requiere no solo de un manejo profesional cuidadoso y ético, sino de una gestión bajo el criterio de alta confidencialidad para lograr oportunidad y confiabilidad de la información, mejorar la toma de decisiones y su resguardo para la ejecución de proyectos.

Las empresas invierten recursos humanos, de tiempo y financieros en capacitar al personal de nuevo ingreso, y en los cursos de actualización para el personal ya establecido. Por esta razón, cuando los individuos cambian de trabajo, algunas empresas condicionan a que no laboren para alguna empresa de la competencia por algún tiempo, evitando así la fuga de información clasificada como importante o confidencial. Ante esto, las empresas pueden implementar políticas de seguridad

para detectar y prevenir la fuga de información, para controlar los contenidos, limitar el acceso a la información y gestionarla desde que se genera hasta su archivo o destrucción final.

Durante mi experiencia laboral, se generó una política de propiedad intelectual en la que se plasmaron los activos intangibles y los puntos de acceso a información clave, así como la clasificación de formatos para plasmar datos importantes durante el desarrollo de los proyectos con los clientes. Esta política la firmó el director general, los directores de las diferentes áreas de las empresas, personal administrativo y testigos que ayudaron en su elaboración.

A la par del proceso de creación y desarrollo del modelo se iniciaron distintos elementos del proceso de gestión tecnológica, como se mencionan en el modelo de la convocatoria de 2010 del Premio Nacional de Tecnología. El proceso del modelo de gestión tecnológica que se definió para la empresa consta básicamente de cinco bloques: vigilar, planear, habilitar, proteger e implementar.

Vigilar

Se define como el esfuerzo de la empresa; involucra la observación, captación, análisis y difusión de información sobre aquellos hechos del entorno económico, tecnológico, social o comercial que son relevantes para el giro de la institución. Los factores que se identificaron son:

- Vigilancia tecnológica: seguimiento de los avances de la tecnología (estado de la técnica) y de las oportunidades o amenazas que se generan para la empresa.
- Vigilancia de los competidores: análisis y seguimiento de los competidores actuales y potenciales, y todos aquellos que pudieran convertirse en competidores.
- Vigilancia comercial: son los aspectos comerciales de la empresa, poniendo atención en los mercados de las industrias en las que se participa.
- Vigilancia del entorno: son los aspectos sociales, legales, de medio ambiente y culturales que se presentan en los sectores donde se tiene presencia de mercado.

En SYCSA existían esfuerzos de vigilancia aislados y desarticulados, realizados de forma individual por personal clave de la empresa. Bajo el modelo de gestión tecnológica, estos se suman en toda la organización a fin de alcanzar objetivos comunes y que han permitido no duplicar esfuerzos de búsqueda.

Planear

- Planeación estratégica: consiste en revisar la misión, visión y valores de la organización, y la definición de los objetivos plasmados a corto y largo plazo. En esta participaron las áreas directivas y los mandos medios, y debe ser analizado por la compañía cada tres años,
- Planeación tecnológica: realizada de manera anual, permite establecer la cartera de proyectos tecnológicos, pasando por el acopio de información, reunión de análisis, mapeo de tecnologías, análisis de brechas, planteamiento y evaluación de iniciativas tecnológicas, junto con la integración del portafolio de proyectos.

Habilitar

En esta etapa, el personal de la empresa busca definir la innovación y la creación de nuevos procesos que darían fuerza para cumplir con el Modelo de Gestión Tecnológica propuesto, basándonos en los elementos y herramientas con los que se contaba, y enfocando la innovación en el beneficio y satisfacción del cliente. Esto, de manera paralela, permitió un mejor posicionamiento en el mercado y un crecimiento rentable y observable.

En esta etapa se estableció la Metodología de Generación de Ideas, proceso en el que se almacenan las ideas que surgen por parte de los trabajadores en la organización, para después revisar su factibilidad, impacto, costo y viabilidad para ser ejecutadas. Básicamente esta metodología consiste en que, si algún empleado de cualquier empresa del grupo industrial tenía alguna idea innovadora para la

mejora de un proceso o para una mejora organizacional, podía documentarla e ingresarla al portafolio de ideas.

Para esto se cuenta con un formato en el que los empleados creativos (es decir, con alguna idea para mejorar un proceso o producto) describen en qué consiste la idea, los beneficios, cuál sería el impacto, el tiempo de ejecución, el retorno de la inversión, así como los recursos humanos y económicos necesarios y beneficiarios. Posteriormente, según el tema a tratar, se conformaban los grupos interdepartamentales que analizarían a detalle la idea propuesta con base en diferentes criterios de antemano establecidos. De esta manera, las ideas con mayor calificación se darían a conocer al Director General de cada empresa para autorizar su ejecución.

En esta etapa entra en juego la herramienta Memoria Organizacional con la que ya contaba la compañía. Esta es una plataforma diseñada en el sistema Moodle, que se adaptó para almacenar información importante referente a los proyectos de las empresas. Surgió de la necesidad de preservar los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de los proyectos, es decir, cómo hacer que los trabajadores no tengan que reinventar en cada nuevo proyecto la forma de operarlo cuando ya se ha realizado en el pasado, ni que se requieran diseñar nuevamente procesos para resolver problemas y enfrentar situaciones que con anterioridad se afrontaron.

En cuanto a la gestión de recursos financieros, las empresas destinan recursos a los programas de innovación y a la ejecución de proyectos de desarrollo tecnológico. Se creó un puesto laboral denominado Enlace Tecnológico, cuya función principal era lograr acceder a los apoyos del programa de estímulos fiscales y de estímulos a la innovación.

Proteger

Es claro que para crecer es importante que el conocimiento se tenga como un activo en la empresa, razón por la cual resulta fundamental generar esfuerzos para que se pueda adquirir, crear, almacenar, proteger y difundir, de forma que todos los colaboradores puedan usarlo.

El bloque parte del proceso de planeación estratégica y los planes de negocio. La empresa se nutre de la información que se provee cumpliendo con la función de vigilancia de los mercados, las nuevas tecnologías, los competidores y del entorno, con la finalidad de que los encargados del diseño de las estrategias puedan apoyarse para la toma de decisiones.

Implementar

En esta fase, las empresas del grupo utilizan dos metodologías, ya implementadas desde hace aproximadamente siete años, para el desarrollo de sus proyectos: Administración Profesional de Proyectos y La Guía Chamoun (2002) que permiten formalizar el proceso desde el planteamiento de la idea hasta el cierre en el desarrollo de los proyectos o en el desarrollo de nuevos productos. Estas metodologías tienen como finalidad generar una mejor coordinación entre los participantes y las áreas que participan. Cuenta con cinco fases: inicio, planeación, ejecución, seguimiento-control y cierre.

Durante mi estancia laboral, fui responsable de que se continuara con la implementación de esta metodología en las empresas del grupo, brindando capacitación y asesoría, y realizando la adecuación de los formatos establecidos para el cumplimiento de la metodología.

Discusión

Desde la planeación estratégica y el proceso comercial se detectan las iniciativas tecnológicas y de innovación, para después evaluarlas y que formen parte del portafolio de proyectos tecnológicos, donde se pueden definir como proyectos de índole estratégica. Después, cada proyecto pasa a la fase de desarrollo. En este punto se adquiere o se asimila la tecnología, se realiza la investigación y el propio desarrollo; de igual forma, se gestionan los recursos tecnológicos, los humanos y los financieros, ya sean propios o los provenientes de algún programa de estímulos

a la innovación, junto con la cartera de los proyectos tecnológicos, la transferencia tecnológica y la gestión del conocimiento.

El desarrollo desemboca en el prototipo de algún modelo para realizar las pruebas (esto corresponde a la fase de habilitar), y una vez terminadas, y con la obtención de resultados, se procede al cierre tecnológico con la información generada para la memoria de la organización (en otras palabras, las lecciones aprendidas), y su uso posterior dentro del proyecto. A este proceso se le llama empaquetamiento, que es donde se prepara la innovación y se reúnen los elementos que permitirán darle el trato de un todo integral al desarrollo tecnológico.

Esta integración refiere la visualización y prevención de los impactos que habrán de introducir el desarrollo tecnológico dentro del quehacer diario de la empresa, para así elegir la mejor estrategia en tiempo y forma. La gestión de la propiedad intelectual es la fase donde se protege la información generada durante el proyecto de desarrollo, como la ingeniería, los modelos, los datos de pruebas, archivos gráficos, entre otros.

Cuando el desarrollo tecnológico se libera al mercado y se generan las primeras ventas y aceptación por parte del cliente, se declara que se tiene una innovación, la cual está a disposición de la empresa para que, por medio de la mejora continua, se integre a los procesos convencionales de la misma. Esta es la fase de implementar.

Cabe mencionar que la memoria organizacional fue una herramienta tecnológica para documentar, difundir, conservar, proteger y capitalizar los conocimientos, las experiencias e incorporar tales conocimientos a los procedimientos y prácticas estandarizadas de la empresa para agregar valor a los servicios y productos. De ahí surge la información en caso de decidir proteger en algún rubro de la propiedad intelectual.

Se generó una política de propiedad intelectual cuyos objetivos son:

- Generar el progreso de la ciencia y la tecnología.
- Proteger el trabajo de los inventores o creadores que se desarrollan.
- Promover, preservar e impulsar la investigación y la ciencia aplicada.

- Establecer estándares que apoyen la protección de los derechos y obligaciones de quienes crean, inventan, utilizan y comercializan la propiedad intelectual.

También se modificaron algunas cláusulas en el contrato laboral, siendo más específicos en la responsabilidad que tiene el empleado con la fuente de trabajo y viceversa, dejando claros los derechos y obligaciones de ambas partes. Aquí mi participación consistió en dar seguimiento en la generación de la política de propiedad intelectual junto con el personal externo de la empresa.

Conclusiones

En este capítulo se ha descrito de manera sintetizada el proceso de implementación de un sistema de gestión del conocimiento en una empresa miembro de un grupo industrial, que redituó en el beneficio de todas las compañías que lo integran. Es importante resaltar que una parte fundamental para el logro de los resultados fue la dirección general de la organización, quien, desde su liderazgo y visión, asignó al personal la tarea de investigar qué acciones debían implementarse para disminuir la rotación del personal, la fuga de la información y la gestión del conocimiento que se generaba en los proyectos.

Es importante mencionar que SYCSA, después de iniciar con este proyecto, decidió, con la ayuda de expertos en el tema, redactar su primera patente e iniciar los trámites ante la institución correspondiente. Esto es muestra del valor de la sistematización y de la gestión del conocimiento. Pude participar en el proceso de documentación de la patente, así como en su ingreso al sistema de gestión de la dependencia correspondiente para su obtención.

La solicitud de patente fue registrada para la empresa Silos y Camiones, SA de CV con el número de solicitud MX/a/2013/010734 bajo el título Dispositivo para descarga de silos con materiales en forma de hojuela. En mayo de 2015 cambié mi adscripción laboral y ya no me fue posible dar seguimiento a los procedimientos posteriores.

El principal logro de este proyecto fue disminuir los costos de capacitación y entrenamiento de las nuevas contrataciones; a la par, y de forma no esperada, también se observó una disminución en la rotación de personal. Los resultados y beneficios logrados resultan un ejemplo de valor para otras empresas, al sensibilizarse de lo que pueden lograr al adoptar un modelo de gestión y administración del conocimiento. En primer lugar, la sistematización es útil para identificar sus procesos clave y trabajar en la mejora continua y el desarrollo de proyectos con valor tecnológico aplicados a estos procesos.

Este proyecto permitió mostrar los beneficios que las organizaciones pueden lograr si gestionan de manera clara y oportuna el conocimiento que se genera dentro de sus procesos. De esta experiencia resaltamos la importancia de identificar las operaciones claves dentro de una organización y analizarlos detalladamente, para detectar el verdadero valor agregado en la empresa. Estos procesos son el núcleo de la operación diaria de la empresa y, de fallar, representan gastos enormes.

Referencias

- Andersen, A. (1999). *El management en el siglo XXI: Herramientas para los desafíos empresariales de la próxima década*. Ediciones Granica.
- Audretsch, D. B. & Belitski, M. (2021). Knowledge complexity and firm performance: evidence from the European SMEs. *Journal of Knowledge Management*, 25(4), 693-713. <https://doi.org/10.1108/JKM-03-2020-0178>
- Aures García, Á. A. y Balvín Landeo, A. E. (2022). Propuesta metodológica para la identificación de expertos en el ámbito organizacional. *Interfases*, 15(015), 17-37. <https://doi.org/10.26439/interfases2022.n015.5789>
- Carranza Espinoza, H. R. (2017). *Gestión del Conocimiento en una empresa del sector gubernamental. Caso de estudio: empresa pública de hidrocarburos del Ecuador* (tesis de maestría). Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ciencias Administrativas. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18895>

- Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología. (CONAHCYT). (2023). Programa de Estímulos a la Innovación. <https://conahcyt.mx/conahcyt/areas-del-conahcyt/uasr/desarrollo-regional/fondos/programa-de-estimulos-a-la-innovacion/>
- Demuner Flores, M. d. (2021). Gestión del conocimiento en la innovación en pequeñas empresas de manufactura. *Revista Venezolana de Gerencia*, 26(95). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29069613017>
- Durst, S. & Bruns, G. (2018). Knowledge Management in Small and Medium-Sized Enterprises, en J. Syed, P. Murray, D. Hislop & Y. Mouzoughi (eds.), *The Palgrave Handbook of Knowledge Management* (495-514). Palgrave Macmillan Cham.
- Etzkowitz, H. & Leydesdorff, L. (2014). The Triple Helix -- University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development. *EASST Review*, 14(1), 14-19. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2480085
- Fenn, T. & Hobbs, J. (2012). The information architecture of transdisciplinary design practice: rethinking Nathan Shedroff's Continuum of Understanding. *2nd International Conference on Design*, Cape Town, South Africa. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.3787.1362>
- Gómez Díaz, M. d.; Demuner Flores, M. d.; Gómez Díaz, A. E. y Arriaga Tapia, R. (2013). Gestión del conocimiento en Pymes, una exploración. *Revista In Vestigium Ire*, 6, 19-25. <https://core.ac.uk/download/pdf/151722973.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2020). Estudio sobre la demografía de los negocios 2020. Síntesis metodológica. INEGI. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197421.pdf
- Kahrens, M. & Früauff, D. H. (2018). Critical Evaluation of Nonaka's SECI Model, en J. Syed, P. A. Murray, D. Hislop, & Y. Mouzoughi (eds.), *The Palgrave Handbook of Knowledge Management* (58-83). Palgrave Macmillan Cham. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-71434-9_3
- Nonaka, I. & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation*. Oxford University Press.
- Organización Internacional de Normalización (iso). (2015). ISO 9000:2015(es). Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario. <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (30 de julio de 2023). TEC by sector and size class. OCDE. https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TEC1_REV4
- Palacios Osma, J. I.; Moreno Salazar, F. L. & Morales Gómez, K. N. (2020). Knowledge Management and Industry 4.0 and Open Innovation. *Revista Ingeniería Solidaria*, 16(2). <https://doi.org/10.16925/2357-6014.2020.02.09>
- Ramos Méndez, E.; Jerónimo Yedra, R. y Almeida Aguilar, M. A. (2022). Innovación tecnológica en las medianas empresas industriales. *VinculaTécnica EFAN*, 8(2), 110-122. <https://doi.org/10.29105/vtga8.2-264>
- Shedroff, N. (1994). Information Interaction Design: A unified Field Theory of Design. <https://nathan.com/information-interaction-design-a-unified-field-theory-of-design/>
- Širá, E.; Vavrek, R.; Kravčáková Vozárová, I. & Kotulič, R. (2020). Knowledge Economy Indicators and Their Impact on the Sustainable Competitiveness of the EU Countries. *Sustainability*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/su12104172>
- Tordecilla Díaz, O. (2014). Propuesta de un modelo conceptual de gestión del conocimiento en una universidad pública: Facultad de Ingenierías Universidad de Córdoba. *Revista Ingeniería e Innovación*, 2(2). <https://doi.org/10.21897/23460466.781>

CAPÍTULO 4

FUNDAMENTOS EMPÍRICOS PARA LA APLICACIÓN DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN EL CULTIVO DE UVA EN CAMPOS MEXICANOS. UNA REVISIÓN DE LITERATURA

Jorge Eduardo Gaona Hernández

Introducción

Este capítulo surge de una inquietud personal de emprendimiento e innovación: las necesidades de optimización de los procesos de la producción agrícola de uva para la fabricación de vinos. Se considera que esta carencia podría solventarse con la implementación de tecnologías y técnicas de inteligencia computacional para la mejora del proceso agrícola.

El trabajo que se integra es seminal, por lo que se indagó la incidencia de tecnologías y en particular de inteligencia computacional en el campo mexicano. Al respecto, se encontró que pocos trabajos han tenido aproximaciones tecnológicas de manera internacional, y en México solo se identifica el trabajo de López *et al.* (2020), donde se habla del uso de dispositivos basados en la tecnología del internet de las cosas.

La escasez de la producción científica sobre el tema, en particular en los campos mexicanos, inspiró esta investigación, que tiene por objetivo identificar trabajos académicos e industriales que sustenten el diseño de una estrategia

para propiciar la evolución de los procesos tradicionales agrícolas a través de la integración de herramientas actuales, que permitan la generación y el análisis de conjuntos de datos relacionados al cultivo de la uva para vino y faciliten la implementación de tecnologías para el monitoreo agrícola.

Como parte de este trabajo se visitaron viñedos en Arteaga y Saltillo, Coahuila, y en Aguascalientes, donde se entrevistó a los encargados. En el viñedo de Saltillo, el enólogo hizo hincapié en que la zona del viñedo contaba con poca lluvia, por lo que dependían totalmente del riego. Por el contrario, en Arteaga, aproximadamente a 40 kilómetros en dirección este, el riego es en esencia nulo, porque es normal que tengan lluvia suficiente, y algunas veces en exceso. Como puede observarse, las problemáticas son distintas para ambos viñedos, lo que plantea una mayor complejidad a la investigación por la gran diversidad de contextos climáticos.

Tanto en estos casos como en otros visitados en el estado de Aguascalientes, se mencionó la temperatura como un factor común, resaltando su efecto en la composición de la uva a través de la diferencia de grados centígrados durante el día y la noche; la influencia del calor en la maduración de la uva, retrasando o adelantando la etapa esperada de cosecha; el exceso de calor vespertino como riesgo de que las uvas se quemen; la necesidad de una etapa de bajas temperaturas para un descanso apropiado de la planta después de la cosecha; el riesgo de descensos bruscos en la temperatura durante el proceso de floración y brote; y el riesgo que representa la combinación del calor con la lluvia, detonante para la presencia de hongos dañinos.

Solo uno de los viñedos visitados de Aguascalientes cuenta con una pequeña estación meteorológica para medir factores como la temperatura y la humedad ambientales. En el resto, se utiliza la información de las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional para estar al tanto del pronóstico climático, pero no se lleva ningún registro al respecto que habiliten la analítica y la creación de conjuntos de datos sobre diferentes factores que intervienen en la producción vitivinícola (Santesteban *et al.*, 2017; Cortez *et al.*, 2009).

Al observar este panorama, se identifica que la revisión de literatura puede ser útil para encontrar una solución que propicie la transición de la industria agrícola vitivinícola hacia prácticas sustentadas por la tecnología y los datos. La

revisión del estado del arte del uso de la inteligencia artificial y las tecnologías en los procesos de siembra y cultivo de la vid, permitirá justificar la relevancia de este trabajo y dar el fundamento para modelar una propuesta de solución.

El contenido de este capítulo se desarrolla de la siguiente manera: de inicio se analiza la primera etapa metodológica según Davenport (1993), describiendo el contexto del trabajo que tiene lugar en el proceso de siembra y cultivo de la vid. Posteriormente, se identifican algunas de las problemáticas que se presentan, en particular en el contexto agrícola mexicano, correspondiente a la etapa dos: identificar los facilitadores de cambio.

En la tercera etapa de la metodología, se define una visión y se presenta una revisión de las tecnologías que se han implementado en la industria vitivinícola extranjera, que permiten un análisis de la viabilidad de estos estudios para replicarse en los cultivos mexicanos. Por último, se presenta una propuesta viable para desarrollarse y probarse en el contexto de la siembra y cultivo de la vid en México, y comenzar la generación del internet de las cosas en el cultivo de la uva para producción vinícola.

Contexto

El vino es la “bebida alcohólica que se obtiene de la fermentación únicamente de los mostos de uva fresca [...], o mezcla de mostos concentrados de uva y agua” (*Diario Oficial de la Federación, DOF, 2018*); su proceso de producción conlleva varias etapas, en cada una existe una decisión que presenta principios opuestos, lo que resulta en permutaciones infinitas que están disponibles gracias a la investigación científica.

Con esto en consideración, es acertado asegurar que no existe una ruta fija para la producción de buen vino, por lo que tomar la decisión correcta en cada etapa es lo que separa a un viticultor brillante del meramente bueno. Así, comprender los conceptos básicos de la ciencia detrás de la transformación de la uva permite alcanzar el potencial completo de esta (Kui *et al.*, 2020; Bird, 2011).

El proceso de producción de vino se divide en dos grandes áreas: la primera es la agrícola, que contempla la siembra y cultivo de la vid; y la segunda corresponde a la producción, en donde se llevan a cabo procesos diferenciados en fases particulares correspondientes a cada tipo de vino. El enfoque de este trabajo de investigación se encuentra en la primera, en el área agrícola.

Algunas de las decisiones que deben tomarse en la siembra y cultivo de la vid para la producción de vino son de carácter único; se inicia en la selección del lugar donde plantar un viñedo, el tipo de base de injerto, la variedad de uva a plantar y la distribución de las viñas. Esto es influenciado por la posición geográfica, el microclima, el tipo de suelo, la dirección del sol y las metas de producción, entre otros aspectos más particulares. Una vez establecido el viñedo, inicia un ciclo de producción que implica la toma de decisiones de manera continua a lo largo de su vida productiva, que pueden ser décadas (Droulia y Charalampopoulos, 2022; Sims, 2005).

El clima tiene un papel relevante, particularmente en las medidas que se toman para la maduración de la uva. Si bien no es posible controlar el clima, es viable influenciar la maduración del fruto al poner atención en el microclima (Droulia y Charalampopoulos, 2022; Bird, 2011), seleccionando alternativas con respecto al tipo de guía a las vides, la frecuencia de poda, las fechas de cosecha y la cantidad de riego. Cabe señalar que la ubicación geográfica del viñedo impacta en cómo se manifiesta el clima, lo que, a su vez, modifica la temperatura.

Como puede observarse, los viñedos son variables, y ante la ausencia de herramientas o métodos para medir y observar de manera precisa esa variación, la mayoría han sido administrados con la suposición de que son homogéneos (Bramley y Lamb, 2003), a pesar de las diferencias ya descritas. Por las características únicas de los viñedos, acotadas por su extensión, se requieren herramientas tecnológicas recientes para el monitoreo distribuido y el procesamiento de información, estas pueden ayudar a entender y manejar la variabilidad del viñedo, de modo que sea posible mejorar la cantidad y calidad de los vinos producidos (Morais *et al.*, 2008).

El uso de estas herramientas elimina los procesos manuales que se encuentran limitados por la capacidad humana, pues el proceso requiere ir al lugar de la muestra, tomarla, registrarla y pasar al siguiente punto, lo que puede llevar horas; esto implica que el registro de algunas condiciones, como la temperatura, no serán consistentes. Además, a cada tipo de cultivo le corresponde un proceso distinto, y entre cada cultivo se identifican diferentes problemáticas y situaciones de oportunidad para la optimización de actividades y resultados.

En este trabajo se describe el proceso de siembra y cultivo de *vitis vinifera*, principal especie de vid que se siembra a nivel mundial para producir vino. Esta tiene alrededor de mil variedades (Kui *et al.*, 2020; Bird, 2011), cada una con características y necesidades diferentes de temperatura, nutrientes, entre otras (Jackson, 2008). Su proceso de cultivo comienza con el sembrado de cada planta y sucede una sola vez, se realiza cuando un viñedo inicia o cuando se expande. Por ello, el lugar que se seleccione es una parte importante para el éxito del proceso, ya que las condiciones de suelo, la altitud y las climáticas que influyen en la temperatura son determinantes.

Sims (2005) declara que “nada de lo que haga el productor del vino influye el sabor tanto como las materias primas y las condiciones en las que estas crecen”. Por esta razón, aunque sean similares de un viñedo a otro, cada uno contará con una combinación de características geológicas y climáticas únicas (Cohen *et al.*, 2023; Sims, 2005), lo que influirá en el resultado final de la calidad de la cosecha y, en consecuencia, del vino producido.

Aparte de los problemas de la ubicación y la extensión de los viñedos, destaca la variedad de plantas de uva que pueden sembrarse por hectárea (Sims, 2005), ya que en una misma propiedad es posible cultivar diferentes variedades separadas entre sí por largas extensiones que pueden ser kilométricas. En el caso de uvas orgánicas, para evitar el riesgo de contaminación por los químicos usados en las otras secciones, estas deben estar “separadas por áreas de vegetación natural o bosque para eliminar el riesgo de contaminación” por químicos usados en otras variedades (Bird, 2011).

El problema

La falta de datos acerca de la variabilidad espacio-temporal de los viñedos en México, las complicaciones que existen para poder recolectarlos de manera manual y el potencial beneficio de entenderlos para su aprovechamiento en nuestro país, son los factores que se unen en el problema de investigación que motiva este trabajo. Como ya se mencionó, existen diversas condiciones que influyen a la uva y su composición en distintos modos, y por consecuencia determinan la calidad de la cosecha. De acuerdo con Irimia *et al.* (2014), estas condiciones se pueden categorizar en cuatro factores ecológicos: el clima, el relieve (orografía), el suelo y el subsuelo.

De entre estos, sobresale el clima, es decir, la temperatura atmosférica, reconocida como el factor que mayor impacto tiene en el buen cultivo de la uva: las vides se pueden dañar a temperaturas por debajo de los -5°C (Sims, 2005); la radiación solar y la temperatura influyen en el contenido de azúcar y el ácido málico; el nivel de calentamiento de las uvas depende principalmente de la intensidad de la luz, el ángulo de incidencia y la velocidad del viento (Jackson, 2008); la amplitud de temperatura entre día y noche influye en el contenido aromático y de antocianinas (Irimia *et al.*, 2014).

Así, conocer una temperatura idónea y precisa es necesario para determinar las necesidades de riego y fertilización, y poder adelantarse ante la probabilidad de verse afectados por granizo, heladas, un cielo medio nublado o la distribución de las hojas, hongos generados por la humedad en exceso, por mencionar algunos ejemplos. Con todo esto en consideración, el monitoreo de la fase agrícola resulta un proceso vital para la eficiencia del viñedo. Recolectar datos de variabilidad espacio-temporal de condiciones como la temperatura ambiental y el suelo en el viñedo pueden ayudar al productor a entender mejor las diferencias en las uvas al momento de su análisis y cosecha.

A pesar de que en este proceso es fácil utilizar dispositivos portátiles, estos requieren de un uso intensivo de mano de obra y solo permiten recolectar un número limitado de muestras (Castrignano *et al.*, 2020). Partiendo de esto, la presente

investigación propone que el cultivo de uva para vino en México puede emplear tecnologías de la información, dispositivos del internet de las cosas y sistemas de cómputo en la nube, para recopilar y almacenar de manera continua información de lo que sucede en el espacio que abarca el viñedo y durante el tiempo que dura la etapa de crecimiento, con mínima o nula intervención humana.

Hasta donde se ha podido identificar, el trabajo de López *et al.* (2020) es el único existente en México enfocado en este tema. Los autores proponen el uso de un microcontrolador y varios sensores para medir diferentes factores (temperatura y humedad ambientales y del suelo) en un punto específico dentro de un viñedo en Ensenada, Baja California. En esta propuesta se considera el uso de un dispositivo para cada parcela en donde se siembra una variedad de uva distinta.

Adicionalmente, se han encontrado los casos de Morais *et al.* (2008), en Portugal, que propusieron una red de sensores inalámbricos para el monitoreo de condiciones en el viñedo, almacenando la información de forma local en las oficinas; y Trilles *et al.* (2018), en España, que aplicaron un sistema que utiliza un dispositivo de internet de las cosas en el contexto de agricultura inteligente, con el fin de detectar condiciones adversas y enfermedades que pudieran afectar al viñedo. Alrededor del mundo se identifican otras investigaciones en las que usan este tipo de tecnologías, pero con un enfoque en las fases del proceso posteriores a la cosecha (Cortez *et al.*, 2009, en Portugal; Tomtsis *et al.*, 2016, en Grecia; Cañete *et al.*, 2018 y Cañete-Carmona *et al.*, 2020, en España).

En la literatura se han identificado diversos conjuntos de datos enfocados a la producción de uva para vino. Bramley y Lamb (2003) mencionan un estudio considerando la variación en el fruto, los índices de la viña y la cantidad producida en la cosecha, para tres años consecutivos. Por su parte, Jackson (2008) hace referencia al trabajo de Scrinzi *et al.* (1996), en Italia, sobre los efectos orográficos en las características de la uva; mientras que en su estudio, Irimia *et al.* (2014) trabajaron con datos topográficos y climáticos, para estos últimos utilizaron información de diferentes estaciones meteorológicas tomando en cuenta varias décadas. Cabe señalar que en ninguno de estos casos se cuenta con el acceso a sus datos de estudio.

Agricultura y viticultura de precisión

Castrignano *et al.* (2020) refieren que la agricultura de precisión fue co-creada por la Sociedad Internacional de Agricultura de Precisión (conocida como ISPA, por sus siglas en inglés) y se define como una estrategia de gestión que considera la variabilidad temporal y espacial para mejorar la sostenibilidad de la producción agrícola (ISPA, 2021). Esta asociación considera que la agricultura de precisión es un “ejemplo perfecto de la intersección de agricultura y tecnologías de información” que depende cada vez más de la recolección, transferencia y manejo de datos usando tecnologías de información y comunicación.

La viticultura de precisión es una derivación de la agricultura de precisión. Según Jackson (2008), este término se refiere a las técnicas y aplicaciones en las métricas de variación en los viñedos que “comúnmente involucran una combinación de análisis en sitio combinados con análisis espectrofotométricos vía sensores remotos”. Este autor menciona que la meta es determinar las fuentes de variación en el viñedo, de modo que puedan reducirse lo más posible, lo que ofrece a los productores e investigadores “nuevas oportunidades de evaluar de manera precisa la importancia de las variables del viñedo en el crecimiento de la uva y la calidad del vino”.

Los conceptos que albergan tanto la agricultura como la viticultura de precisión son la base para definir el tipo de datos, métodos y herramientas que pueden usarse para entender la variabilidad espacio temporal en los viñedos mexicanos y generar información útil para la toma de decisiones (Gutiérrez, 2019). Entre estos podemos considerar como relevantes el uso de tecnología para cubrir áreas grandes de cultivo, la identificación de variabilidad de condiciones que permitan realizar una cosecha selectiva, y la recolección de datos de planta, fruto y suelo.

Asimismo, los conceptos de agricultura de precisión podrían utilizarse para generar una guía para identificar cuáles factores pueden ser registrados con el uso de dispositivos de sensores con base en el internet de las cosas, y qué otro tipo de datos pueden integrarse en un análisis posterior para entender mejor los factores que se correlacionan con esta variabilidad, y conocer su potencial impacto en la calidad de la cosecha.

Internet de las cosas

El internet de las cosas es un conjunto tecnológico y complejo de ecosistemas que conectan el mundo físico a la internet mediante dispositivos y servicios de cómputo en la nube (King, 2021) (ver figura 1). Los dispositivos pueden ser desde una lavadora en un hogar, hasta una banda transportadora en una línea de producción industrial; en ambos casos, estos cuentan con sensores que transforman valores analógicos, como la temperatura, humedad o movimiento, a representaciones digitales.

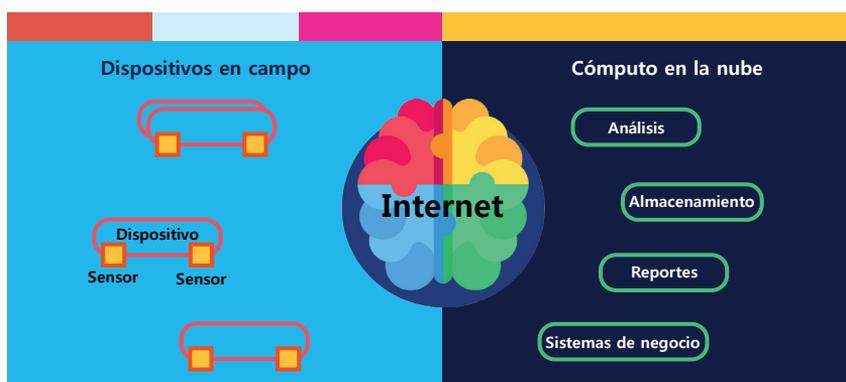


Figura 1. Relación entre los dispositivos y el cómputo en la nube.

Fuente: elaboración propia con información de King (2021) y Microsoft (2021).

Los artefactos están conectados a una red a través de la cual se comunican al enviar los datos recabados por los sensores y, en algunos casos, cuentan con la capacidad de recibir instrucciones o información por la misma conexión. La meta del internet de las cosas es permitir comunicarse e interactuar con personas y otros objetos (Hanes *et al.*, 2017) sin depender de una persona para obtener los datos necesarios.

De acuerdo con King (2021) el valor de un sistema de internet de las cosas es la habilidad que tenga para proveer un mejor resultado, integrando la información del mundo físico y el lógico, y permitiendo la recolección y el análisis de datos de series de tiempo. Por tanto, el uso de dispositivos que puedan interactuar con una

arquitectura basada en el internet de las cosas posibilita registrar los datos de la variedad espacial y temporal dentro del viñedo usando los sensores integrados, y enviarlos a un sistema que aproveche las capacidades del cómputo en la nube.

Esto potenciaría el valor de la información recopilada en los viñedos de nuestro país, ya que no se limita solo a las capacidades de procesamiento locales, y permite el acceso desde cualquier parte del mundo. Esto puede ser de utilidad para los enólogos que trabajan con distintos viñedos a la vez, pues hace más eficiente su trabajo al no tener que trasladarse a cada uno para consultar o analizar la información.

Cómputo en la nube

El cómputo en la nube se refiere a los “sistemas de cómputo, aplicaciones de *software*, almacenamiento y otros servicios que se hospedan en uno o más centros de datos y están siempre disponibles a través de internet” (King, 2021). Cuando se trabaja con dispositivos de internet de las cosas, Microsoft (2021) define una arquitectura de referencia para usarse como punto de partida en este tipo de escenarios que considera tres grandes áreas: dispositivos, conocimiento y acciones (ver figura 1).

Los dispositivos son los encargados de recolectar datos, los cuales se envían a través de internet, cuando tienen la capacidad de conectarse de manera segura, o de un dispositivo intermediario (Truong & Dustdar, 2015). Se pueden utilizar distintos tipos de protocolos de conectividad, como *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT), *Constrained Application Protocol* (COAP), *Hyper Text Transfer Protocol* (HTTP), entre otros; y los datos en la nube pueden procesarse con diferentes tipos de herramientas de cómputo, según el modelo de servicio con el que se trabaje (Botta *et al.*, 2016; Truong & Dustdar, 2015; Microsoft, 2021).

A través del uso de estas herramientas los datos se transforman en información, lo cual permite generar conocimiento con condiciones simples, como definir parámetros de operación óptimos e identificar cuando los datos están fuera de rango, o con procesos estadísticos más complejos, como el análisis de series de tiempo,

la detección de anomalías, la inteligencia artificial, entre otras (Botta *et al.*, 2016; Microsoft, 2021).

El conocimiento obtenido es usado para determinar las acciones necesarias a realizar para mejorar un proceso o negocio, o para hacer que se ejecute alguna tarea por dispositivos (Microsoft, 2021). Esto nos provee de una guía sobre la cual podemos definir cómo integrar los dispositivos que capturan información en el viñedo con un sistema de información que aprovecha las capacidades elásticas del cómputo en la nube para el almacenamiento y procesamiento de la información.

Sensores

Los sensores permiten a los dispositivos interactuar con el mundo real, miden valores analógicos que varían en rango, teóricamente aceptando un número infinito de valores dentro del mismo (Blum, 2019). Cullen (2020) detalla que las señales analógicas varían a lo largo del tiempo. Para que un sensor analógico pueda interactuar con un dispositivo electrónico, los valores de sus lecturas deben ser convertidos a voltios (v), y estar directamente relacionados al estado del sensor (Anderson & Cervo, 2013). Algunos sensores son capaces de transformar las lecturas análogas y enviar a los dispositivos valores digitales, expresados en bits (Maxim Integrated, 2019).

El estado del arte

Se realizó una búsqueda de referentes empíricos, utilizando principalmente fuentes digitales para la búsqueda de información. Esta pesquisa, y el respectivo reporte de resultados, se basó en el protocolo para revisiones sistemáticas de literatura de Kitchenham *et al.* (2007).

Sobre la definición de los criterios para filtrar recursos relevantes, en un primer momento se emplearon términos en español, con la idea de localizar investigaciones

previas en México, utilizando los criterios mencionados en la tabla 1. Después se hizo una búsqueda similar con términos en inglés, aquí se realizaron diversos procesos de depuración de los resultados, identificando los términos y criterios específicos que eran relevantes para la investigación (ver tabla 2).

Tabla 1. Criterios de búsqueda en español

Criterio	Resultados
“inteligencia artificial” “industria vitivinícola”	41
“inteligencia artificial” “industria vinícola”	17
“internet de las cosas” “industria vitivinícola”	14
“internet de las cosas” “industria vinícola”	3
“industria 4.0” “industria vitivinícola”	14
sensores “industria vitivinícola”	369
sensores “industria vinícola”	298
monitoreo “industria vitivinícola”	660
monitoreo “industria vinícola”	242

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Criterios finales de búsqueda en inglés

Criterio	Resultados
IoT wine winemaking -tourism -sustainability	549 aprox.
“artificial intelligence” wine winemaking -tourism -sustainability	1 040 aprox.

Fuente: elaboración propia.

A los trabajos identificados, tanto en inglés como en español, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para la selección final. Se incluyeron documentos relacionados al uso de internet de las cosas en monitoreo dentro del proceso de producción de vino, y al uso de cómputo en la nube como apoyo al proceso de producción del vino, mientras que se excluyeron:

- Documentos relacionados con el uso del monitoreo con enfoque en la sustentabilidad.
- Documentos acerca de los tiempos y pasos del proceso de embotellado.
- Documentos enfocados al procesamiento de imágenes usando inteligencia artificial.
- Documentos acerca del consumo del vino.
- Documentos que no fueran artículos, tesis o libros.
- Documentos no relacionados al tema (informes de resultados, noticias entorno macroeconómico, mercadotecnia, etcétera).

Usando estos criterios, al final se consideraron 29 documentos, de los que se tomaron algunas de las referencias listadas en estos para concretar el estado del arte.

Resultados

Sistemas de monitoreo basados en tecnologías de información

En un primer momento se identificaron cuatro trabajos que proponen sistemas de monitoreo de diversos factores durante la etapa de fermentación y transformación de la uva en vino (Tomtsis *et al.*, 2016; Masetti *et al.*, 2018; Cañete *et al.*, 2018; Cañete-Carmona *et al.*, 2020), sin embargo, al enfocarse en etapas distintas a la de interés de este trabajo, se dejaron fuera de la revisión.

Otros dos trabajos presentan propuestas de monitoreo de las condiciones de viñedo. Morais *et al.* (2008) propusieron una red de sensores inalámbricos con la capacidad de medir hasta nueve parámetros acerca de las condiciones en el viñedo. Estos dispositivos cuentan con diferentes fuentes de energía, de modo que puedan ser autosustentables con mínima o nula intervención humana. Por su parte, Trilles *et al.* (2018) desarrollaron un sistema de monitoreo ambiental llamado SEN-viro para ayudar a predecir cuatro diferentes enfermedades de la vid, el cual consta

de dos partes: los nodos, que se encargan de recolectar datos meteorológicos, y el sistema central, que es una plataforma en la nube capaz de manejar los nodos y analizar los datos que provienen de ellos.

Generación y uso de conjuntos de datos

Se encontraron diferentes estudios que hablan de la recopilación de datos; por ejemplo, Bramley y Lamb (2003) estudiaron los viñedos en Australia, considerando la variación en el fruto, los índices de la viña y la cantidad producida en la cosecha, según datos de tres años consecutivos, demostrando el potencial de la recolección y sistematización de datos. De forma similar, Irimia *et al.* (2014) propusieron un sistema de evaluación para la identificación de zonas, recopilando datos topográficos de diferentes áreas, y datos climáticos obtenidos de varias estaciones meteorológicas considerando múltiples décadas. Este trabajo también comprueba la relevancia de la generación y uso de datos para la toma de decisiones agrícolas en diferentes lapsos.

En su libro sobre agricultura de precisión, Jackson (2008) hace referencia al trabajo de Scrinzi *et al.* (1996), en Italia, sobre los efectos orográficos en las características de la uva, resaltando que esta información puede incorporarse al conjunto de los datos de análisis. Desde otra perspectiva, y con relación a las características fisicoquímicas, Lee *et al.* (2021) usaron inteligencia artificial para, una vez producido el vino, elaborar un sistema de análisis de calidad basado en reglas, con el objetivo de identificar las condiciones apropiadas para controlar la calidad y la correlación entre las propiedades sensoriales y fisicoquímicas, y con ello crear reglas de asociación.

La propuesta de estos autores tiene como base el conjunto de datos del trabajo anterior de Cortez *et al.* (2009), que a su vez hace referencia a otros conjuntos de datos para distintos tipos de análisis. Estos estudios dejan en claro la relevancia y el potencial que la generación de datos tiene para su posterior análisis. No obstante, se observa que ninguno de estos propone el uso de los datos en tiempo real.

En general, con la revisión de estos documentos se confirma la relevancia y el potencial de la recolección y uso de los datos relacionados con las condiciones de temperatura del viñedo, para la toma de decisiones en el proceso de agricultura.

Análisis sobre la variación de temperatura

Enfocado en el tema de la temperatura se encontró el trabajo de Irimia *et al.* (2014), que presenta un sistema de evaluación del potencial vinícola y el delineado de zonas homogéneas con base en las condiciones climáticas y de temperatura de la región, para identificar la ubicación óptima para ciertas variedades de uva para vino y, con ello, optimizar los sistemas de guía en el viñedo. Los cálculos de este estudio fueron realizados utilizando datos climáticos históricos de diferentes estaciones meteorológicas.

Los factores que consideraron y registraron anualmente fueron: temperatura anual promedio y temperatura promedio del mes más calido. Con respecto a la temporada de crecimiento en el hemisferio norte (entre el primero de abril y el 30 de septiembre), se calcularon:

- Suma de temperaturas efectivas: suma de las fracciones de temperaturas diarias mayores a 10°C
- Suma de temperaturas diarias mayores a 10°C
- Duración total de luz solar: expresado como la suma total de horas con luz
- Cantidad de precipitación: expresada como la suma total en milímetros
- Duración real de la temporada: número de días con temperatura promedio diaria mayor o igual a 10°C (esto varía dependiendo de la latitud y la elevación)

Sensores de suelo

De acuerdo con Castrignano *et al.* (2020), tradicionalmente se ha usado un número limitado de muestras de suelo, agrupadas en una sola que se considera representativa para ser analizada en el laboratorio, ya que revisarlas de manera individual para

determinar la variabilidad dentro del campo implica trabajo y costos prohibitivos. A su vez, los autores proponen el uso de sensores proximales que permiten incrementar el número de muestras de manera eficiente, aunque con una precisión menor a la de las muestras analizadas en laboratorio. Estos sensores requieren de equipos especializados y son de dos tipos: invasivos, que se basan en espectroscopía, rayos X y métodos de sensado electroquímico (Castrignano *et al.*, 2020); y no invasivos, que involucran el uso de campos electromagnéticos o radares.

Análisis de imágenes

Möller *et al.* (2006) estudiaron el uso de imágenes térmicas para el monitoreo del estrés hídrico usando un camión grúa. Se utilizaron dos tipos de cámaras: una térmica infrarroja y una RGB. Las imágenes se tomaron 15 metros arriba de la planta y fueron procesadas con herramientas digitales. El estudio se complementó con información climática obtenida de una estación meteorológica a dos metros de altura, posicionada dentro del área de estudio.

Por su parte, Comba *et al.* (2015) proponen un método para la identificación de filas de viñas utilizando imágenes aéreas con el fin de usarse en agricultura de precisión; por ejemplo, como referencia en sistemas automatizados para vehículos terrestres. Las imágenes se tomaron con sistemas aéreos no tripulados, y fueron procesadas con intervención limitada, utilizando un número restringido de parámetros de calibración.

En forma de tesis, Gutiérrez (2019) describe múltiples aplicaciones del aprendizaje automático (*machine learning*) en el procesamiento de métricas e imágenes para el monitoreo de viñedos en España. La obtención de estas imágenes se hizo a través de vehículos todo terreno equipados con equipo especial, y de modo manual, usando herramientas portátiles. Por último, Pantazi *et al.* (2019) desarrollaron un modelo de clasificación basado en aprendizaje automático con la capacidad de identificar diferentes condiciones de salud en las hojas de la vid. Este fue entrenado con imágenes que mostraban las diferentes condiciones a identificar, tomadas con dispositivos móviles y procesadas digitalmente.

Aunque variados, ninguno de estos trabajos refiere el uso de datos o de imágenes para el monitoreo de factores como la temperatura y el clima.

Análisis de datos con inteligencia artificial

Cortez *et al.* (2009) proponen el uso de minería de datos y redes neuronales para identificar la relación entre la certificación de calidad y los resultados de las pruebas de atributos físico-químicos de vino tipo *vinho verde*. De manera similar, Lee *et al.* (2021) usaron inteligencia artificial para crear un sistema de análisis de calidad basado en reglas, cuyo objetivo es identificar las condiciones apropiadas para controlar la calidad, a través de establecer la correlación entre las propiedades sensoriales y fisicoquímicas, también en forma de reglas de asociación. El conjunto de datos utilizados es el mismo del trabajo de Cortez *et al.* (2009), pero asumen que los atributos fisicoquímicos pudieran capturarse por sensores dentro de una red de internet de las cosas, lo que, en palabras de los autores, abre posibilidades a trabajos.

Por otra parte, Jackson (2008) hace referencia a los análisis estadísticos relacionados a la cata y, como ya se describió en párrafos anteriores, tanto Cortez *et al.* (2009) como Lee *et al.* (2021) definen modelos sobre este mismo tipo de análisis en conjunto con valores fisicoquímicos del vino una vez producido.

Uso del internet de las cosas, inteligencia artificial y el cómputo en la nube en la producción de uva para vino en México

De este tema solo se pudo identificar el trabajo de López *et al.* (2020) en el Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California. En él proponen el uso de un microcontrolador y varios sensores para medir diferentes factores, como la temperatura y la humedad ambiental y del suelo en un punto específico del viñedo. Como estrategia de medición consideran el uso de un dispositivo por cada parcela en donde se siembra una variedad de uva distinta.

Diseñar una propuesta del nuevo proceso

Conforme a los trabajos encontrados, se confirma la importancia de recolectar y analizar datos para medir la variabilidad en los viñedos, identificando distintos conceptos que pueden ser aplicados en un proceso que involucre inteligencia artificial. Se resaltan algunos factores de impacto de la temperatura (Irimia *et al.*, 2014), que pueden utilizarse para entender su variabilidad a lo largo de la temporada, con base en la información recolectada por los sensores en el viñedo.

Por otro lado, la máquina de estados definida por Morais *et al.* (2008) sirve como fundamento para controlar la manera en que los dispositivos toman las lecturas, al mismo tiempo, la red que proponen puede servir para la distribución de los dispositivos en viñedos con extensiones de terreno amplias. Adicionalmente, se pueden generar conjuntos de datos como los mencionados por Irimia *et al.* (2014), Bramley y Lamb (2003), Cortez *et al.* (2009) y Trilles *et al.* (2018) para la detección de patrones y otro tipo de futuros análisis utilizando inteligencia artificial.

En las tablas 3 y 4 se listan los trabajos relevantes, considerando si involucran la recopilación de datos (RdD), el uso de Sensores (Sn), la creación de dispositivos basados en internet de las cosas (IdC), el aprovechamiento del cómputo en la nube (CeN) y la inteligencia artificial (IA). De la misma forma, se hizo una búsqueda de patentes de tecnología cuyos resultados se presentan en la tabla 5.

Tabla 3. Trabajos enfocados a tecnologías usadas en la agricultura

Trabajo	RdD	Sn	IdC	CeN	IA	País
An IoT proposal for monitoring vineyards called SEnviro for agriculture (Trilles <i>et al.</i> , 2018)	×	×	×	×		España
Accuracy and Reliability of Data in IoT System for Smart Agriculture (Omar <i>et al.</i> , 2020)	×	×	×	×		Malasia
Internet of Things Based Weather-Soil Sensor Station for Precision Agriculture (El-magrouh <i>et al.</i> , 2019)	×	×	×	×		Estados Unidos

Trabajo	RdD	Sn	IdC	CeN	IA	País
Artificial Intelligence in Digital Agriculture. Towards In-Field Grapevine Monitoring using Non-invasive Sensors (Gutiérrez, 2019).	×	×			×	España
Soil and Environmental Monitoring on a Vineyard in the Guadalupe Valley as a Tool for Processes of Precision Viticulture Based on ZigBee Technology to Improve the E-Agriculture (López <i>et al.</i> , 2020)	×	×	×			México
Service Oriented Design Approach for a Precision Agriculture Datalogger (Lozoya <i>et al.</i> , 2016)	×	×	×			México
Sistema de monitoreo usando tecnología XBee y GSM para la supervisión del clima en la producción de plátano (Miranda-Ramos <i>et al.</i> , 2020)	×	×	×			Ecuador
Soil Moisture, Temperature and Humidity Measurement Using Arduino (Bhadani & Vashisht, 2019)		×	×			India
A ZigBee Multi-Powered Wireless Acquisition Device for Remote Sensing Applications in Precision Viticulture (Morais <i>et al.</i> , 2008)		×	×			Portugal
Making sense of vineyard variability in Australia (Bramley & Lamb, 2003)	×					Australia
Analysis of viticultural potential and delineation of homogeneous viticultural zones in a temperate climate region of Romania (Irimia <i>et al.</i> , 2014)	×					Rumania

Nota: RdD: recopilación de datos; Sn: uso de sensores; IdC: creación de dispositivos basados en internet de las cosas; CeN: aprovechamiento del cómputo en la nube; IA: uso de inteligencia artificial. Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Trabajos enfocados a la producción del vino

Trabajo	RdD	Sn	IdC	CeN	IA	País
A Low-Cost IoT Device to Monitor in Real-Time Wine Alcoholic Fermentation Evolution Through co2 Emissions (Cañete-Carmona <i>et al.</i> , 2020)	×	×	×	×		España
A Rule-Based Quality Analytics System for the Global Wine Industry (Lee <i>et al.</i> , 2021)	×	×	×	×		Sin especificar
IOT-Based Measurement System for Wine Industry (Masetti <i>et al.</i> , 2018)	×	×	×	×		Italia
IoT Architecture for Monitoring Wine Fermentation Process of Debina Variety Semi-Sparkling Wine (Tomtsis <i>et al.</i> , 2016)	×	×	×			Grecia
Smart Winery: A Real-Time Monitoring System for Structural Health and Ullage in Fino Style Wine Casks (Cañete <i>et al.</i> , 2018)	×	×	×			España
Modeling wine preferences by data mining from physicochemical properties (Cortez <i>et al.</i> , 2009)	×				×	Portugal

Nota: RdD: recopilación de datos; Sn: uso de sensores; IdC: creación de dispositivos basados en internet de las cosas; CeN: aprovechamiento del cómputo en la nube; IA: uso de inteligencia artificial.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Patentes identificadas

Patente	Descripción
System for automated monitoring and maintenance of crops including sensors and emitters associated with plants #US6947810B2 Skinner, P. Mayo 31, 2001	Sistema para la automatización del crecimiento de cosechas, usa una combinación de sensores en el viñedo y un sistema de control para controlar el uso de agua y químicos
Fermentation apparatus for automated wine making #US20030097937A1 Francia, M. Octubre 11, 2001	Equipo automático de operación del proceso de fermentación, a través del uso de sensores para el proceso de fabricación de vino

Patente	Descripción
<p>System and method for temperature sensing and monitoring</p> <p>#US20030219062A1 Egidio, P. Mayo 21, 2002</p>	<p>Medición de factores, como la temperatura, el nivel y flujo de líquido, usados en el proceso de fabricación de vino</p>
<p>Precision dendrometer</p> <p>#EP1553383A1 Cohen Amar, M. Octubre 15, 2002</p>	<p>Detección del incremento o reducción en las dimensiones de una planta usando un circuito tipo puente Wheatstone</p>
<p>Integrated sap flow monitoring, data logging, automatic irrigation control scheduling system</p> <p>#US7280892B2 Van Bavel, M. Noviembre 8, 2004</p>	<p>Sistema integrado para el monitoreo y registro del flujo de savia; automáticamente, y de forma simultánea, agenda el riego en el campo</p>
<p>Vineyard information collection and management system</p> <p>#US20060167926A1 Verhey <i>et al.</i> Enero 27, 2005</p>	<p>Sistema para recolectar una variedad de datos en tiempo real en uno o más viñedos, procesada en un servidor central y disponible para los usuarios a través de internet</p>
<p>Soil moisture sensor with data transmitter</p> <p>#US20090302870A1 Paterson <i>et al.</i> Septiembre 12, 2006</p>	<p>Método y sensor para medir la humedad en el suelo, aplicando un circuito, módulo de procesamiento e interfaz de comunicación</p>
<p>Method and machine for vine automatic pruning</p> <p>#US7870712B2 Pellenc, R. Octubre 9, 2007</p>	<p>Aparato para el podado automático de viñas usando un sensor de posición</p>
<p>System and methods for wireless sensor networks</p> <p>#EP2543216B1 Árendás, S. Marzo 3, 2010</p>	<p>Sistemas y métodos para el uso de sensores en una red inalámbrica que pueden ser usados en la viticultura</p>

Patente	Descripción
Moisture management & perennial crop sustainability decision system # US20170311559A1 Ebert <i>et al.</i> Noviembre 2, 2017	Integración de datos obtenidos con sensores en viñedos para hacer análisis histórico, de tendencias, espacio-temporal y fusión de modelos de clima para un mejor proceso de decisión desde el manejo de viñedo hasta la producción de vino
Machine learning in agricultural planting, growing, and harvesting contexts #US20190050948A1 Perry <i>et al.</i> Agosto 7, 2018	Sistema de aprendizaje automático para la optimización y predicción de cosechas

Fuente: elaboración propia.

Discusión

Los resultados de esta investigación muestran la relevancia del diseño y prototipo de un dispositivo electrónico, con posibilidades de desarrollarse como una tecnología del internet de las cosas, para registrar información en el viñedo, mapear la variabilidad espacio-temporal de temperatura y generar un conjunto de datos que puedan ser utilizados para su estudio posterior. Esto se sustenta en los siguientes supuestos:

- El monitoreo de la etapa de crecimiento de la uva usando dispositivos y sensores de internet de las cosas puede llevarse a cabo en menos tiempo que el monitoreo manual.
- Las condiciones de temperatura en el viñedo son distintas a las registradas por la estación meteorológica más cercana.
- Utilizar cómputo en la nube para procesar información recolectada por sensores durante la fase de crecimiento de la uva permite generar un conjunto de datos de la variabilidad espacial y temporal de condiciones ambientales, de la planta y del suelo, de manera más rápida que hacerlo manualmente.

La información obtenida de este análisis llevó al diseño y prototipo de un dispositivo electrónico basado en el internet de las cosas, para abrir la posibilidad de contar con un conjunto de datos que permite realizar distintos mapeos en el viñedo. Se considera que los resultados pueden ser relevantes para los productores en nuestro país y para la industria vitivinícola mexicana en general, pues una de las principales tareas del productor de uva en el futuro será homogeneizar la madurez del fruto, principio importante para las propiedades de las uvas y el vino que producirán (Jackson, 2008).

Como ya se mencionó, se encontró que la temperatura es uno de los elementos con mayor influencia en las características de la uva, por lo que se seleccionó como factor de análisis para la segunda etapa de la investigación, correspondiente al diseño de la propuesta tecnológica de solución. El proyecto se basa en la metodología de innovación de proceso que propone Davenport (1993), la cual consiste en cuatro etapas: 1) identificar y entender los procesos existentes, 2) identificar los facilitadores de cambio, 3) definir una visión y 4) diseñar una propuesta del nuevo proceso.

Así, se definió una estrategia basada en la siembra y cultivo de la uva, que incluye la segmentación de la parcela y la colocación de los dispositivos en puntos específicos para realizar mediciones a lo largo del viñedo. Con esto se determinó como posible el uso de dispositivos tecnológicos para la obtención de datos y establecer la variabilidad espaciotemporal de la temperatura en los viñedos, uno de los aspectos con mayor variabilidad en México.

Davenport (1993) considera que innovar en un proceso implica hacer un cambio radical, con un punto de inicio diferente al actual y utilizando como facilitador principal la tecnología. Con base en estos aspectos se propone como solución un método para cuantificar, a nivel de parcela (Ammoniaci *et al.*, 2021), la variabilidad de la temperatura dentro del viñedo, utilizando un dispositivo que use tecnología de internet de las cosas de bajo costo.

Tras la revisión de antecedentes, se concluye que la propuesta de solución centrada en el método descrito por Ammoniaci *et al.*, (2021), de bajo costo y

sustentado en este trabajo, es factible y viable de realizarse en los cultivos del campo mexicano. Adicionalmente, se identifica que para el trabajo en campo a lo largo de la temporada de crecimiento de la uva es necesario generar autosuficiencia energética con un sistema de carga para la batería, del mismo modo que en los trabajos de El-magrous *et al.* (2019) y Miranda-Ramos *et al.* (2020), donde se comprueba su utilidad.

Esta solución implica cinco etapas: el diseño del dispositivo, la creación del prototipo, las pruebas en ambiente controlado, la prueba de campo y la estrategia de distribución de los dispositivos dentro de la parcela.

Diseño del dispositivo

Para el diseño del dispositivo se propone el uso de placas electrónicas con un microcontrolador. Además, se recomienda la plataforma Arduino, que consiste en un entorno de desarrollo de *software* y placas electrónicas, los cuales, en conjunto, permiten la creación de prototipos de dispositivos de manera sencilla (Lozoya *et al.*, 2016; Bhadani y Vashisht, 2019; El-magrous *et al.*, 2019; Miranda-Ramos *et al.*, 2020; Omar *et al.*, 2020). Su principal ventaja es que no tiene costo de uso y se pueden utilizar librerías para interactuar con diferentes tipos de componentes, como sensores y actuadores, lo que facilita la adopción de estos.

Creación del prototipo

Las placas Arduino cuentan con un microcontrolador y múltiples conexiones fáciles de utilizar. A diferencia de los dispositivos de cómputo basados en microprocesadores, en los que se pueden realizar un gran número de tareas, los microcontroladores están dedicados a una sola función y corren solamente un programa que se encuentra en su memoria. Estos dispositivos pueden ir desde equipos de medición hasta automóviles (Maini, 2007), existiendo diferentes tipos de placas, cada una con características específicas. Conforme pasan los años, estas mejoran con procesadores más avanzados o mayor memoria.

La selección de la placa dependerá de lo que se quiera realizar. En esta investigación se identifican dos tipos de placa Arduino: Placa Arduino Mega 2560 y Placa Arduino Uno. A estas, se deben añadir sensores que cumplan la función que se propone, por ejemplo, un sensor ambiental para la medición de la temperatura del entorno como DHT22 (Bhadani y Vashisht 2019; Omar *et al.* 2020; Miranda-Ramos *et al.*, 2020). También habrá que añadir un cronómetro y una unidad de memoria tipo MicroSD.

Pruebas en ambiente controlado

Esta etapa implica la identificación del momento idóneo para tomar las mediciones, así como el lugar donde se colocarán los sensores. Se sugiere hacer pruebas en diferentes momentos del día para validar la precisión de los electrónicos y definir la metodología analítica.

Prueba de campo

De igual manera, para las pruebas de campo se requiere identificar el momento y el lugar preciso para las mediciones con base en los resultados de las pruebas en el ambiente controlado.

Estrategia de distribución de los dispositivos dentro de la parcela

Aunque se coloca al final, este es el primer paso a realizar. Se sugiere segmentar la parcela en bloques, como en Bramley *et al.* (2011) y Goldstein *et al.* (2018), creando una malla imaginaria con los puntos de muestreo, similar a la definida por Santesteban *et al.* (2017). La cantidad de puntos será determinada por el tamaño de la parcela y las dimensiones de los bloques; en este trabajo se considera un bloque de 25 × 25 metros, igual al usado por Santesteban *et al.* (2017).

Conclusiones

La producción de vino es un arte. Aunque existen diferentes aspectos en los que el respaldo de la ciencia es crucial, a lo largo del proceso se encuentran diferentes bifurcaciones en el camino que llevan al resultado final, por lo que es decisión del productor cuál ruta tomar. La materia prima es la que determina mayormente la calidad, pues al ser un proceso natural, el crecimiento de la uva es susceptible a factores derivados del clima que no podemos controlar, pero que buscan influenciar a través de la observación del microclima. Esta puede producir datos variados de diferentes maneras.

Se consideran diferentes aspectos en los que este trabajo puede continuar en el futuro: la construcción del dispositivo y su puesta en marcha, las mejoras al dispositivo, las pruebas en viñedos, el uso de los datos recolectados y la combinación con otras tecnologías tales como drones (Spachos, 2020).

Referencias

- Ammoniaci, M.; Kartsiotis, S.-P.; Perria, R. & Storchi, P. (2021). State of the Art of Monitoring Technologies and Data Processing for Precision Viticulture. *Agriculture*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/agriculture11030201>
- Anderson, R. & Cervo, D. (2013). *Pro Arduino*. Apress.
- Bhadani, P. & Vashisht, V. (2019). Soil Moisture, Temperature and Humidity Measurement Using Arduino. *2019 9th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence)*, 567-571. <https://doi.org/10.1109/CONFLUENCE.2019.8776973>
- Bird, D. (2011). *Understanding Wine Technology: The Science of Wine Explained*. DBQA Publishing.
- Blum, J. (2019). *Exploring Arduino. Tools and Techniques for Engineering Wizardry*. Wiley.
- Botta, A.; de Donato, W.; Persico, V. & Pescapé, A. (2016). Integration of Cloud computing and Internet of Things: A survey. *Future Generation Computer Systems*, 56, 684-700. <https://doi.org/10.1016/j.future.2015.09.021>

- Bramley, R. & Lamb, D. (2003). Making sense of vineyard variability in Australia. *IX Congreso Latinoamericano de Viticultura y Enología*.
- Bramley, R. G. V.; Trought, M. C. T. & Praat, J.-P. (2011). Vineyard variability in Marlborough, New Zealand: characterising variation in vineyard performance and options for the implementation of Precision Viticulture. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17(1), 72-78. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2010.00119.x>
- Cañete, E.; Chen, J.; Martín, C. & Rubio, B. (2018). Smart Winery: A Real-Time Monitoring System for Structural Health and Ullage in Fino Style Wine Casks. *Sensors*, 18(3), 803. <https://doi.org/10.3390/s18030803>
- Cañete-Carmona, E.; Gallego-Martínez, J.; Martín, C.; Brox, M.; Luna-Rodríguez, J. & Moreno, J. (2020). A Low-Cost IoT Device to Monitor in Real-Time Wine Alcoholic Fermentation Evolution Through CO₂ Emissions. *IEEE Sensors Journal*, 20(12), 6692-6700. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.2975284>
- Castrignano, A.; Buttafuoco, G.; Khosla, R.; Mouazen, A.; Moshou, D. & Naud, O. (eds.). (2020). *Agricultural Internet of Things and Decision Support for Precision Smart Farming*. Academic Press.
- Cohen, P.; Bacillieri, R.; Ramos-Madrigal, J. & Meiri, M. (2023) Ancient DNA from a lost Negev Highlands desert grape reveals a Late Antiquity wine lineage. *PNAS*, 120(17). <https://doi.org/10.1073/pnas.2213563120>
- Comba, L.; Gay, P.; Primicero, J. & Aimonino, D. R. (2015). Vineyard detection from unmanned aerial systems images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 114, 78-87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2015.03.011>
- Cortez, P.; Cerdeira, A.; Almeida, F.; Matos, T. & Reis, J. (2009). Modeling wine preferences by data mining from physicochemical properties. *Decision Support Systems*, 47(4), 547-553. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2009.05.016>
- Cullen, C. (2020). *Learn Audio Electronics with Arduino. Practical Audio Circuits with Arduino Control*. Focal Press.
- Davenport, T. H. (1993). *Process Innovation: Reengineering Work Through Information Technology*. Harvard Business School Press.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2018). Ley de Fomento a la Industria Vitivinícola. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFIV_230518.pdf

- Droulia, F. & Charalampopoulos, I. (2022). A Review on the Observed Climate Change in Europe and Its Impacts on Viticulture. *Atmosphere*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/atmos13050837>
- El-magrous, A. A.; Sternhagen, J. D.; Hatfield, G. & Qiao, Q. (2019). Internet of Things Based Weather-Soil Sensor Station for Precision Agriculture. *2019 IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT)*, 92-97. <https://doi.org/10.1109/EIT.2019.8833811>
- Goldstein, A.; Fink, L.; Meitin, A.; Bohadana, S.; Lutenberg, O. & Ravid, G. (2018). Applying machine learning on sensor data for irrigation recommendations: revealing the agronomist's tacit knowledge. *Precision Agriculture*, (19), 421-444. <https://doi.org/10.1007/s11119-017-9527-4>
- Gutiérrez, S. (2019). *Artificial Intelligence in Digital Agriculture. Towards In-Field Grapevine Monitoring using Non-invasive Sensors*. Universidad de La Rioja.
- Hanes, D.; Salgueiro, G. & Barton, R. (2017). *IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things*. Cisco Press.
- International Society of Precision Agriculture (ISPA). (2021). Precision Ag Definition. <https://ispag.org/about/definition>
- Irimia, L. M.; Patriche, C. V. & Quénoel, H. (2014). Analysis of viticultural potential and delineation of homogeneous viticultural zones in a temperate climate region of Romania. *OENO One*, 48(3), 145-167. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2014.48.3.1576>
- Jackson, R. (2008). *Wine Science: Principles and Applications*. Academic Press.
- King, A. (2021). *Programming the Internet of Things*. O'Reilly Media Inc.
- Kui, L.; Tang, M.; Duan, S.; Wang, S. & Dong, X. (2020). Identification of Selective Sweeps in the Domesticated Table and Wine Grape (*Vitis vinifera* L.). *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00572>
- Lee, C.; Law, K. & Ip, A. (2021). A Rule-Based Quality Analytics System for the Global Wine Industry. *Journal of Global Information Management*, 29(3), 1-18. <https://doi.org/10.4018/JGIM.20210501.0a1>
- López, J. A.; Talamantes, A.; Sanabria-Vincent, E.; Aguilera-Silva, L.; Gastelum, G. & Meza-Arballo, O. (2020). Soil and Environmental Monitoring on a Vineyard in the Guadalupe Valley as a Tool for Processes of Precision Viticulture Based on ZigBee Technology

- to Improve the E-Agriculture, en F. R. Narváez, D. F. Vallejo, P. A. Morillo & J. Proaño (eds.), *Smart Technologies, Systems and Applications: First International Conference, SmartTech-IC 2019, Quito, Ecuador, December 2-4, 2019, Proceedings* (29-40). Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-46785-2_3
- Lozoya, C.; Aguilar, A. & Mendoza, C. (2016). Service Oriented Design Approach for a Precision Agriculture Datalogger. *IEEE Latin America Transactions*, 14(4), 1683-1688. <https://doi.org/10.1109/TLA.2016.7483501>
- Maini, A. K. (2007). *Digital Electronics: Principles, Devices and Applications*. Wiley.
- Masetti, G.; Marazzi, F.; Di Cecilia, L. & Rovati, L. (2018). IOT-Based Measurement System for Wine Industry. *2018 Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT*, 163-168. <https://doi.org/10.1109/METROI4.2018.8428308>
- Maxim Integrated. (2019). *DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer*.
- Microsoft. (2021). Microsoft Azure IoT Reference Architecture. https://azure.microsoft.com/mediahandler/files/resourcefiles/microsoft-azure-iot-reference-architecture/Microsoft_Azure_IoT_Reference_Architecture_2_1_1_update.pdf
- Miranda-Ramos, M. M.; Ortiz, A. A. y Moreno, L. A. (2020). Sistema de monitoreo usando tecnología XBee y GSM para la supervisión del clima en la producción de plátano. *Información tecnológica*, 31(6), 69-76. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000600069>
- Möller, M.; Alchanatis, V.; Cohen, Y.; Meron, M.; Tsipris, J.; Naor, A.; Ostrovsky, V.; Sprintsin, M. & Cohen, S. (2006). Use of thermal and visible imagery for estimating crop water status of irrigated grapevine. *Journal of Experimental Botany*, 58(4), 827-838. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl115>
- Morais, R.; Fernandes, M.; Matos, S.; Serodio, C.; Ferreira, P. & Reis, M. (2008). A ZigBee Multi-Powered Wireless Acquisition Device for Remote Sensing Applications in Precision Viticulture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 62, 94-106. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.12.004>
- Omar, N.; Zen, H.; Anak Aldrin, N. N.; Waluyo & Hadiatna, F. (2020). Accuracy and Reliability of Data in IoT System for Smart Agriculture. *International Journal of Integrated Engineering*, 12(6), 105-116. <https://doi.org/10.30880/ijie.2020.12.06.013>

- Pantazi, X. E.; Moshou, D. & Tamouridou, A. A. (2019). Automated leaf disease detection in different crop species through image features analysis and One Class Classifiers. *Computers and Electronics in Agriculture*, 156, 96-104. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.11.005>
- Puckette, M. & Hammack, J. (2018). *Wine Folly: The Master Guide*. Penguin Random House.
- Santesteban, L. G.; Di Gennaro, S. F.; Herrero-Langreo, A.; Miranda, C.; Royo, J. B. & Matese, A. (2017). High-resolution UAV-based thermal imaging to estimate the instantaneous and seasonal variability of plant water status within a vineyard. *Agricultural Water Management*, 183, 49-59. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.08.026>
- Sims, F. (2005). *Guide to Wine*. Parragon Publishing.
- Spachos, P. (2020). Towards a Low-Cost Precision Viticulture System Using Internet of Things Devices. *IoT*, 1(1), 5-20. <https://doi.org/10.3390/iot1010002>
- Tomtsis, D.; Kontogiannis, S.; Kokkonis, G. & Zinas, N. (2016). IoT Architecture for Monitoring Wine Fermentation Process of Debina Variety Semi-Sparkling Wine. *SEEDA-CECNSM '16 2016*, 42-47. <https://doi.org/10.1145/2984393.2984398>
- Trilles, S.; González-Pérez, A. & Huerta, J. (2018). An IoT proposal for monitoring vineyards called SEnviro for agriculture. *8th International Conference on the Internet of Things*. <https://doi.org/10.1145/3277593.3277625>
- Truong, H.-L. & Dustdar, S. (2015). Principles for Engineering IoT Cloud Systems. *IEEE Cloud Computing*, 2(2), 68-76. <https://doi.org/10.1109/MCC.2015.23>

CAPÍTULO 5

LA COMPETENCIA INTERCULTURAL EN LA COLABORACIÓN CIENTÍFICA A NIVEL EDUCATIVO SUPERIOR

Inna Artemova

Introducción

Se afirma que los ciudadanos del futuro deberán ser competentes en la habilidad de investigación, tanto a nivel local como internacional, debido al rápido proceso de globalización que se está experimentando. El presente capítulo se orienta a la innovación en las formas de gestionar las actividades de cooperación científica, particularmente en la participación de estudiantes de nivel superior, con especial atención a la capacitación en la competencia intercultural, esencial para los individuos que se integran en proyectos internacionales de colaboración.

El proyecto del que parte este capítulo fue un trabajo de colaboración científica entre México y Canadá, donde participaron investigadores y estudiantes del Sistema de Universidad Virtual (suv) de la Universidad de Guadalajara. Tras la investigación, se aplicó una entrevista semiestructurada a algunos de los estudiantes que colaboraron en esta. Las preguntas se desarrollaron con base en tres dimensiones, según el marco referencial propuesto por Deardorff (2006), que se enfocan

en definir ciertos conocimientos, habilidades y actitudes primordiales a disponer para la capacitación en el ámbito de la competencia intercultural.

En el procedimiento de esta investigación exploratoria, se asumió que el conocimiento, las habilidades y las actitudes específicas asociadas con la cultura no nativa estuvieron latentes en los procesos de la investigación, ya que ninguno de los estudiantes tenía experiencia previa como participante en un proyecto de este estilo ni había viajado con anterioridad al país extranjero con el que se colaboró. Tomando en cuenta esta suposición, se planteó como objetivo general descubrir en qué medida se desarrollan las categorías conocimientos, habilidades y actitudes particulares en un proyecto de colaboración científica internacional, sin intervención previa en cuanto a la capacitación en la competencia intercultural.

Entre los objetivos secundarios se establecieron: 1) identificar si este tipo de capacitación efectivamente se veía necesaria para los proyectos colaborativos internacionales; y 2) identificar qué influencia tuvo la participación de los estudiantes en un proyecto científico de colaboración internacional en cuanto a sus habilidades y motivación para investigar. Para alcanzar estos propósitos, se plantearon las siguientes preguntas de investigación: 1) ¿se desarrollan las tres categorías?; 2) ¿qué elementos predominan en cada una?; 3) ¿estos elementos corresponden a los elementos primordiales para el desarrollo de la competencia intercultural según el marco de referencia de Deardorff?

La finalidad de seguir un estudio de caso, como este proyecto internacional, es mejorar el proceso de la organización de las estancias multinacionales y promover la participación de los estudiantes en las actividades investigativas.

Diagnóstico microentorno

Estudiantes participantes

Los estudiantes que participaron en este proyecto internacional de colaboración científica eran alumnos de las licenciaturas en Desarrollo Educativo y en

Administración de las Organizaciones del suv de la Universidad de Guadalajara, quienes destacan por desarrollar sus estudios completamente en línea y por tener diversos perfiles en términos de zonas geográficas, edades y experiencias previas de estudio (suv, 2023, p. 35).

Se reconoce que la elaboración de un documento o trabajo recepcional para la titulación es una oportunidad para que los estudiantes adquieran la habilidad y la experiencia de la investigación. Pero una particularidad de los estudiantes de nivel de licenciatura, es que la mayoría elige obtener su título mediante la opción de reconocimiento de excelencia académica, en lugar de presentar un trabajo recepcional, como una tesis.

Otra modalidad que puede servir para la titulación es a través del servicio social, en la que los estudiantes colaboran activamente con académicos en proyectos de investigación, dentro de los cuales realizan reportes de investigación, ya sea como parte integral de la investigación o a través de invitaciones para realizar tareas específicas dentro del marco de diferentes proyectos. Estas colaboraciones pueden ser tanto en proyectos nacionales como internacionales, lo que brinda a los estudiantes la oportunidad de participar en investigaciones con alcance global y adquirir experiencia en entornos colaborativos a nivel internacional.

Proyecto de investigación sobre los laboratorios tecnocreativos

El proyecto de colaboración científica fue una iniciativa del cuerpo académico de Creatividad, Innovación y Emprendimiento del suv, beneficiado con financiamiento de la convocatoria para investigación del Grupo de Trabajo Quebec-Jalisco 2018-2019 (Gouvernement du Québec, 2018), organizado por el Ministerio de Relaciones Internacionales y de la Francofonía (MRIF) de Quebec, Canadá (MRIF, 2020); asimismo, se colaboró con el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco (COECYTJAL) en el marco de este proyecto.

La investigación binacional consistió en el desarrollo de métodos y procedimientos para observar espacios tecnocreativos en las regiones de Jalisco y Quebec. En la primera etapa del proyecto, los investigadores de Canadá visitaron

Jalisco. En su estancia, los estudiantes mexicanos tuvieron la oportunidad de conocerlos de manera informal y de realizar presentaciones de sus proyectos de investigación. Además, apoyaron en la recolección de datos, a través de entrevistas semiestructuradas a usuarios y responsables de estos espacios. Ya que este tipo de entrevista permite cierto grado de libertad, en este proceso se permitió que los estudiantes intervinieran con sus propias preguntas, alineadas con los temas de su interés.

En la segunda etapa, el mismo tipo de actividades fueron llevadas a cabo en Quebec, durante la estancia de investigación de alumnos y académicos del SUV. El levantamiento de datos en Canadá fue guiado por los investigadores y estudiantes canadienses en francés. Igual que en México, el tipo de entrevista dio oportunidad a que los investigadores y estudiantes mexicanos intervinieran, mediado por los investigadores y estudiantes de Canadá.

Posteriormente, se realizaron mesas de trabajo para el análisis de los datos recabados en ambos países, donde los estudiantes tuvieron la oportunidad de afinar sus proyectos de investigación y presentar sus avances en un seminario internacional. Para este, los investigadores del SUV hicieron de guía; la principal sugerencia fue preparar los guiones de las presentaciones en inglés, poniendo especial atención en revisar la claridad, ya que no se tenía conocimiento previo del idioma francés. Asimismo, la sección de preguntas y respuestas durante el seminario se desarrolló en inglés, con apoyo de los investigadores en los casos que requerían su atención.

El requisito para identificar los posibles temas para los proyectos de investigación fue que estos se vincularan con la sociedad, con el fin de fomentar la responsabilidad social y la disposición para la contribución propia en el desarrollo de la sociedad. Algunos de los temas que eligieron los estudiantes de licenciatura para realizar la presente investigación fueron:

- Estudiante 1, Licenciatura en Desarrollo Educativo: Creative labs and their achievements in school dropout zones in the Guadalajara Metropolitan Area.

- Estudiante 2, Licenciatura en Administración de las Organizaciones: The effectiveness of innovation in non-formal learning spaces: knowledge transfer in creative laboratories.
- Estudiante 3, Licenciatura en Administración de las Organizaciones: Creative laboratories in non-formal learning spaces, evaluation of its impact on young adults.
- Estudiante 4, Licenciatura en Administración de las Organizaciones: Difficulties faced by entrepreneurs in the Guadalajara Metropolitan Area to find suitable institutions that allow them to develop their projects.

Unir la ciencia y la sociedad es crucial, ya que el objetivo final de la ciencia es ayudar a la sociedad a superar desafíos como los cambios climáticos, la escasez de alimentos y la pérdida de biodiversidad. Por ello, la comunidad científica debe promover la ciencia de una manera atractiva y fácil de comprender, y brindar oportunidades para que la sociedad participe en actividades científicas (Momtazmanesh *et al.*, 2021, p. 3). Sin duda, la integración de los estudiantes con esta perspectiva es fundamental, ya que es necesario fomentar sus habilidades científicas desde sus primeros pasos en la investigación.

Diagnóstico macroentorno

Demandas y desafíos de la globalidad

La globalización hizo evidente la numerosa cantidad de problemas compartidos. En este contexto, la cooperación científica se manifiesta como un aspecto crítico para el desarrollo de todos los campos de la ciencia, pues mediante la cooperación internacional e interdisciplinaria se pueden obtener innumerables beneficios (Momtazmanesh *et al.*, 2021).

El desarrollo de la competencia investigativa en el nivel de la educación superior es crucial, por ser la etapa decisiva para poner a prueba la curiosidad por investigar y la capacidad de hacerlo. A esto debe sumarse que es un período singular para los estudiantes que decidirán su futuro como investigadores. Cabe mencionar que estas cualidades no solo son necesarias para los futuros científicos, que se forman dentro del sistema educativo formal, también son primordiales para cualquier ciudadano del futuro.

Según la recomendación de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) sobre Ciencia Abierta, toda la sociedad tiene que desarrollar las competencias de investigación (UNESCO, 2021); esto significa que la investigación ya no se ve como un privilegio de los investigadores formales, sino que formará parte de las competencias genéricas de todos los individuos mundiales.

La sociedad actual necesita iniciativa y expertos independientes que estén motivados para mejorar de manera constante las competencias profesionales que exige la industria. Dentro de las características que deben poseer estos profesionales se encuentra una alta sensibilidad, curiosidad y voluntad de actualizar rápidamente sus conocimientos, así como una amplia gama de habilidades. Ante esto, es clave promover la cooperación entre académicos y estudiantes al involucrarse en las actividades de investigación, para dar pie a la preparación de estos últimos como futuros científicos, ciudadanos responsables y empleadores para la industria 4.0 (Bazhenov, 2019, p. 1).

Así, las relaciones interpersonales que se establecen entre los investigadores de diferentes países juegan un papel importante, ya que también influyen en los resultados de la colaboración científica. La competencia intercultural forma parte del marco de las habilidades para el siglo XXI (Bellanca & Brandt, 2010), por lo que debe verse como una habilidad transversal, que define el éxito personal de los estudiantes en diferentes campos sociales y profesionales a lo largo de la vida.

En México, el porcentaje de los estudiantes que reportaron tener contacto con personas de distintas culturas está por debajo del medio de los países

en la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, 2018); situación que se hace más evidente en el nivel educativo superior, donde se necesitan las habilidades de la competencia intercultural para involucrarse en las actividades científicas y comprender el conocimiento en el contexto global. Según organismos internacionales, el contacto con personas de diferentes culturas puede despertar la curiosidad, abrir las mentes y crear entendimiento (OECD, 2023).

Competencia intercultural

Existen una serie de estudios reconocidos que han discutido el concepto de competencia intercultural (Deardorff, 2006; Leung *et al.*, 2014) centrándose en las habilidades, cualidades y conocimientos particulares que definen a alguien que posee esta competencia. Al mismo tiempo, existe una escasez de propuestas pedagógicas para integrar la formación de la competencia intercultural dentro de la filosofía educativa en varios contextos y campos educativos, con la excepción de los tradicionalmente asociados con los perfiles de multiculturalidad (negocios y relaciones internacionales, por ejemplo), incluso, en este último caso, es probable que el plan de estudios incluiría “meros complementos” a la materia (Huber, 2012, p. 14).

Para el desarrollo de esta investigación se adoptó el modelo de competencia intercultural propuesto por Deardorff, ya que está centrado en la persona, y los investigadores que colaboran en grupos internacionales entran en los contextos de colaboración en primer lugar como tal, como personas. Según la definición de este autor, la competencia intercultural es la capacidad de comunicarse efectivamente y de manera apropiada en los contextos internacionales con base en el conocimiento intercultural propio, ciertas habilidades y actitudes (Deardorff, 2006). Cada una de las dimensiones de conocimiento, habilidades y actitudes está compuesta por elementos distintivos, ya que la efectividad de las relaciones interpersonales se determina por el grado del desarrollo de la competencia comunicativa, donde se establece el diálogo cultural (ver tabla 1).

Tabla 1. Elementos distintivos dentro de las categorías conocimiento, habilidades y actitudes, según Deardorff

Conocimiento	Habilidades	Actitudes
<ul style="list-style-type: none">• Autoconciencia cultural• Conocimiento distinto de algunas culturas• Conciencia sociolingüística• Comprensión de las tendencias y problemas a nivel global	<ul style="list-style-type: none">• Saber escuchar• Observar• Evaluar• Analizar• Interpretar• Relacionarse• Pensar críticamente	<ul style="list-style-type: none">• Respeto• Apertura• Curiosidad• Descubrimiento

Fuente: adaptación de Deardorff (2006).

Innovar en educación

El concepto de innovación en la educación se entiende de manera similar a su interpretación en otros aspectos de la vida social, abarcando una perspectiva fundamentada en productos y orientada a procesos (OECD/Eurostat, 2018). En el primer caso, los resultados de la innovación podrían ser la creación de nuevos planes de estudio, libros de texto u otros recursos; mientras que en el segundo, la innovación refiere a la creación de nuevas experiencias en las actividades e interacciones de estudiantes y profesores (Vincent-Lancrin *et al.*, 2019).

La creatividad de los profesores y su pensamiento avanzado hacia la mejora de prácticas educativas, junto con una cultura escolar de apoyo y orientación hacia prácticas innovadoras, son los primeros y más importantes impulsores de la innovación educativa (Rahmat, 2020). Una cultura de innovación implantada desde el lado de la institución y los docentes, y percibida como un fenómeno sociocultural, fomenta la cultura innovadora individual de los estudiantes y resulta benéfica para la sociedad en general (Bezhanova *et al.*, 2019).

Al tener presente lo anterior, este trabajo está orientado hacia la implementación de un proyecto de colaboración científica con estudiantes de licenciatura y a la detección del impacto de las actividades planteadas por los investigadores en el desarrollo de la competencia intercultural.

Método de investigación

Para identificar el impacto que tuvo la estancia científica en la formación de la competencia intercultural en los estudiantes, se elaboró una entrevista semiestructurada, donde las respuestas personales se recibirían por medio de grabaciones asincrónicas. El cuestionario guía para la entrevista fue validado por dos jueces: una docente con Maestría en Educación, especialista en lingüística, y un profesor con Doctorado en Psicología, con la línea de investigación en educación.

Estos fueron invitados a través de un formulario de Google enviado a sus correos electrónicos, donde se les solicitó argumentar su evaluación en términos de la relevancia, la pertinencia, la suficiencia, la claridad y la coherencia de los ítems de la entrevista. Asimismo, se les proporcionó un apartado para que agregaran sus comentarios, en caso de que ninguna de las categorías de respuesta satisficiera el criterio.

El cuestionario aplicado a los estudiantes se diseñó con la expectativa de situarlos en las situaciones positivas de la estancia investigativa en Quebec, lo que permitiría reflexionar sobre las limitantes de esta. Con las primeras preguntas se buscó identificar qué actitudes, conocimientos y habilidades culturales desarrollaron los estudiantes durante su estancia para la cooperación investigativa; posteriormente, se indagó en las situaciones donde los entrevistados no lograron el contacto deseado con los investigadores extranjeros y sus estudiantes y las razones de esto.

Por último, se les preguntó si adquirieron algún conocimiento sobre las actitudes, conocimientos y habilidades necesarias para la cooperación efectiva internacional de manera indirecta; si reconocieron áreas de crecimiento para ellos mismos en el desarrollo de estos y si en ese momento de la entrevista sentían la motivación para desarrollarlas.

En la entrevista participaron dos estudiantes, uno de la Licenciatura en Desarrollo Educativo y uno de la Licenciatura en Administración de las Organizaciones, se le envió el siguiente correo de invitación:

Estimadas y estimados compañeros,

Buenas tardes.

Ha pasado mucho tiempo desde nuestra grata experiencia en Canadá, por suerte antes de la pandemia. Pienso que todos guardamos recuerdos muy positivos de este viaje. Hoy, después de un tiempo de reflexión, les quisiera pedir el favor de responder algunas preguntas en relación con esta estancia investigativa para un estudio que estoy llevando a cabo. Sus contribuciones serán útiles para mejorar las estancias de investigación a nivel internacional cuando volvamos a la presencialidad.

Les agradeceré grabar sus respuestas (puede ser un archivo por pregunta) y enviármelas por WhatsApp, por correo, o por cualquier otro medio que prefieran. Favor de proporcionar las respuestas más detalladas posible. El ejercicio les tomará no más de 20 minutos.

Al final les pediré grabar la siguiente frase: “Doy mi consentimiento para que mis respuestas sean utilizadas con fines de investigación posteriormente de su transcripción, y entiendo que ni mi nombre ni mi voz se usarán.” Esto último es necesario para la publicación de los resultados.

Las entrevistas se integraron con las siguientes once preguntas (Artemova, 2021):

- 1) En relación con la experiencia de intercambio con los investigadores extranjeros y sus estudiantes, por favor reflexiona sobre la efectividad del contacto logrado. ¿En qué situaciones te fue posible establecer contacto? Describe estas situaciones y las limitantes que percibiste.
- 2) ¿Qué actitudes personales tuyas piensas que te permitieron establecer contacto?
- 3) De estas actitudes, ¿te diste cuenta en el proceso de la estancia investigativa o reflexionaste sobre este punto antes de su inicio?
- 4) ¿Qué conocimientos de la cultura quebequense te fueron útiles para lograr el contacto con los investigadores y sus estudiantes?
- 5) ¿Hubo algunos conocimientos de la cultura quebequense que adquiriste durante la estancia con los investigadores y estudiantes extranjeros?

- 6) ¿Qué habilidades personales tuyas piensas que te permitieron lograr establecer contacto con los investigadores y estudiantes de Quebec?
- 7) ¿Piensas que estas habilidades las desarrollaste durante la estancia investigativa o antes de realizar la estancia?
- 8) ¿En qué situación piensas que no lograste establecer el contacto deseado con los investigadores de Quebec y sus estudiantes?
- 9) En tu opinión, ¿cuáles son las razones de esto?
- 10) En general, ¿qué piensas que es necesario saber, saber hacer y qué cualidades del carácter debe poseer una persona para lograr la cooperación científica efectiva a nivel internacional? ¿Identificas algunas de estas cualidades en ti?, ¿cuáles?
- 11) ¿Te gustaría desarrollarlas? ¿Podrías explicar sobre tu motivación o desmotivación para hacerlo?

Como se indicó en el correo, las respuestas se recibieron por medio de WhatsApp, y posteriormente fueron transcritas y analizadas con el método del análisis del discurso, entendido como la práctica sociocultural de una comunidad en específico que incluye ciertos conocimientos, normas y expectativas afiliadas a esta comunidad (Gee, 2010; Tang *et al.*, 2021), en búsqueda de los elementos definidos por Deardorff en las categorías del conocimiento, habilidades y actitudes culturales.

La meta de este análisis era identificar qué situaciones comunicativas impactaron más a los estudiantes para el desarrollo de los conocimientos, habilidades y actitudes relacionadas con la competencia intercultural. De igual forma, otro objetivo fue corroborar la necesidad de las actividades presenciales de cooperación científica aún en un centro que propone la educación virtual.

Antes de este, los estudiantes mexicanos no contaban con experiencia previa de colaborar en un proyecto de investigación internacional. Además, solo tenían el nivel básico de inglés y no hablaban francés, razón por la cual las interacciones con los investigadores de Canadá y las presentaciones de sus propuestas se llevaron en inglés.

Análisis de datos

Situación comunicativa

Los dos entrevistados señalaron que la situación comunicativa de mayor impacto fue la presentación de sus proyectos en Jalisco, se intuye que esto puede relacionarse a que fue el primer contacto que tuvieron con el grupo de colaboradores. Al respecto, uno de los estudiantes manifestó sentirse presionado al representar a la universidad, pero no mencionó experimentar miedo o estrés durante la presentación:

[...] nunca había participado en una investigación internacional y en otro idioma, sentía que no tenía las habilidades para la investigación, y el entorno era totalmente fuera de mi zona de confort. Creo que el no haber tenido la experiencia de haber salido del país para realizar investigación sí es un miedo porque todo saliera bien (Estudiante 1, comunicación personal, 7 de septiembre de 2021).

También se destacó la facilidad para establecer contacto con los investigadores y los estudiantes extranjeros, quienes mantuvieron una postura abierta y cordial al establecer contacto, como lo declaró el Estudiante 2:

En general, en cada una de las situaciones fue posible interactuar con facilidad, ya que tanto los investigadores extranjeros como sus estudiantes mantuvieron una postura bastante abierta y cordial hacia nosotros, lo que facilitó la interacción en el grupo.

Los investigadores y sus estudiantes, cada uno de ellos tenía una apertura increíble por escucharnos y [...] disposición para expresarnos cualquier duda (Estudiante 2, comunicación personal, 15 de septiembre de 2021).

Ante el cuestionamiento sobre qué habilidades personales consideraban les habían permitido establecer contacto con el equipo de trabajo, se mencionaron aquellas formadas en experiencias previas, en diferentes contextos sociales y profesionales, que si bien ya se poseían, crecieron y mejoraron durante la estancia.

[S]iempre he podido trabajar en equipo [...], [en] la comunicación asertiva al formular preguntas que me proporcionarán datos necesarios para el desarrollo de mi investigación, pero también el querer conocer el funcionamiento y su impacto en los jóvenes de estos espacios tecnocreativos (Estudiante 1, comunicación personal, 7 de septiembre de 2021).

Al respecto, la capacidad de escucha activa fue ampliamente destacada por los dos estudiantes, quienes reconocieron que gracias a esta pudieron identificar el potencial de sus propuestas de investigación en el contexto específico de Jalisco: “también reconocí a la desarrolladora educativa pensando en cómo generar el conocimiento para uso y beneficio del aprendizaje de los jóvenes en mi ciudad” (Estudiante 1, comunicación personal, 7 de septiembre de 2021).

Esto va acorde con lo vivido en el seminario internacional en Canadá, durante la segunda fase del proyecto, donde se resaltó la importancia de los proyectos propios, su impacto y la influencia de la escucha activa en la interacción.

En Canadá, se interactúa con más investigadores y estudiantes en el marco del seminario internacional [...], dándome una perspectiva del impacto de los proyectos (Estudiante 1, comunicación personal, 7 de septiembre de 2021).

Limitaciones

Al analizar las limitaciones para integrarse al proyecto de investigación al máximo de su potencial, se identificaron aspectos vinculados al marco teórico de la investigación, algunas habilidades necesarias para las actividades científicas, la ausencia de experiencia para participar en un proyecto investigativo de este tipo, y el desconocimiento de algunos temas involucrados en el proyecto. Uno de los entrevistados menciona:

[...] mis limitantes, el desconocimiento de los laboratorios tecnocreativos, porque en ese momento no me quedaba muy claro qué impacto podría tener para mi tema, ya que no tenía información suficiente ni el lenguaje propio de

los *makers*. También el idioma fue una limitante, por no tener una práctica constante oral del inglés, solo lecto-comprensión en nivel intermedio; en algunas visitas en Quebec me sentí totalmente desconectada porque estas se desarrollaron en francés, idioma que en ese momento desconocía en absoluto (Estudiante 1, comunicación personal, 7 de septiembre de 2021).

Se reconoció la limitante de no dominar el idioma francés y la insuficiencia de poseer solamente un buen nivel de inglés. En palabras de un entrevistado: “Es un idioma que yo no dominó, sin embargo, el resto de las interacciones que se desarrollan en inglés las pude concretar sin ningún problema” (Estudiante 2, comunicación personal, 15 de septiembre de 2021). Un punto positivo a partir de esta experiencia investigativa fue que después de esta estancia los estudiantes se dieron cuenta de la importancia del aprendizaje de otra lengua extranjera, aparte de la inglesa, y empezaron a estudiar francés, pues conocer el idioma definitivamente ayudará a que la cooperación científica sea más efectiva.

Conocimiento

Al preguntar sobre los conocimientos de la cultura quebequense, los estudiantes mencionaron haber observado la multiculturalidad de Quebec cómo uno de los rasgos que les dio buena impresión, al demostrar cómo se puede convivir con las diferentes culturas. De igual forma, los entrevistados señalan haber mirado el respeto por las leyes y la privacidad de Canadá, así como que en los lugares turísticos son muy abiertos y amables con los visitantes.

[...] me abrió la mente en conocer un poco de la historia de Quebec, de cómo fueron colonizados por franceses, que es la única provincia totalmente francófona, que si bien ha evolucionado muchísimo y mantiene muchísimo sus raíces, el saber que la provincia de Quebec es multicultural y qué es muy bien visto. Para mí fue algo increíble (Estudiante 1, comunicación personal, 7 de septiembre de 2021).

Otro de los participantes nota la importancia de ver las culturas en convivencia, de interactuar entre ellas y tener la aceptación de los investigadores en su círculo.

[...] sin duda la multiculturalidad en nuestras entrevistas, la aceptación de todas las ideas, el interés por la innovación y la integración de sus investigadores y estudiantes en cada uno de sus espacios tecnocreativos, esto dentro del proceso de investigación, de manera personal, cuando nos presentaban su ciudad, el orgullo de la integración, sus leyes y sus programas educativos (Estudiante 2, comunicación personal, 15 de septiembre de 2021).

Habilidades

Según lo expresado por los entrevistados, dentro de las habilidades primordiales para una colaboración científica internacional se encuentra: la seguridad, la empatía, el dinamismo, la flexibilidad, la creatividad y el gusto por la investigación; en conjunto con la curiosidad y las ganas de aprender. A estas se les suma el poseer un marco teórico amplio, que incluya técnicas y procesos de investigación, análisis y escritura académica, y una base sólida de cómo realizar una investigación, cómo recabar, integrar y analizar información.

Si bien no se presentaron respuestas manifestando habilidades de observación y evaluación de las formas de comunicación e interacciones, concluido su paso por este proyecto, los estudiantes se dieron cuenta de su crecimiento en las habilidades para investigar.

me di cuenta de la capacidad de investigación, porque mis preguntas salían un poco del esquema de lo que mis compañeros preguntaban, a mí me interesaba saber cómo medir su impacto, cuáles eran los indicadores o metas que pretendían alcanzar con los proyectos en cada lugar (Estudiante 2, comunicación personal, 15 de septiembre de 2021).

Por otra parte, se identificó un alto grado de motivación para seguir desarrollando las cualidades, conocimientos y habilidades para la cooperación científica a nivel internacional.

[...] definitivamente quiero desarrollarlas, es que una de mis metas a corto plazo es continuar con mis estudios de posgrado o una maestría en donde el desarrollar habilidades de investigación y, en su efecto, tener presente el tener la oportunidad de realizar una cooperación científica a nivel internacional nuevamente es una de las principales motivaciones para desarrollarlas (Estudiante 1, comunicación personal, 7 de septiembre de 2021).

Por supuesto que me gustaría desarrollarlas porque sin duda me servirán muchísimo durante el estudio de la maestría y porque me gustaría desarrollar mejor y con calidad mis procesos de investigación en el futuro (Estudiante 2, comunicación personal, 15 de septiembre de 2021).

Actitudes

Según lo comentado por los participantes, la cualidad primordial que lograron desarrollar en el proceso de la estancia fue la confianza. En los primeros momentos del proyecto, los entrevistados dijeron sentir desconfianza ante la novedad de involucrarse en un trabajo investigativo.

Uno de los participantes menciona que hasta estar seleccionado para participar en proyecto, conoció a los investigadores y los estudiantes del equipo mexicano, razón por la cual experimento cierta desconfianza (Estudiante 1, comunicación personal, 7 de septiembre de 2021). No obstante, fue posible determinar que la confianza crecía de forma paralela mientras se desenvolvía el proyecto investigativo.

[...] la primera parte de la investigación se desarrolló en Jalisco, por lo que el primer contacto con los investigadores, personalmente, fue un poco complicado [...], sin embargo, en Canadá el sentimiento fue diferente, porque ya se sentía un ambiente de colegas, más inmersos en el contexto de la investigación y con el lenguaje desarrollado para el intercambio de opiniones y puntos de vista (Estudiante 2, comunicación personal, 15 de septiembre de 2021).

A la par de la confianza, uno de los estudiantes manifestó haber desarrollado flexibilidad:

[...] la confianza y la flexibilidad las desarrollé durante la estancia investigativa, ya que parte de mis debilidades que era el idioma y que siempre me gusta tener un plan específico y saber cuáles son los pasos, pero en las entrevistas, al ser semiestructuradas, es muy útil ser confiado y flexible para lograr una información de calidad y que las personas entrevistadas se sintieran cómodos compartiendo su experiencia con nosotros (Estudiante 1, comunicación personal, 7 de septiembre de 2021).

Por otro lado, en las cualidades para mantener las interacciones con los miembros extranjeros del proyecto de investigación destacaron el crecimiento mutuo en temas de interés, el orgullo de la integración y la innovación.

En las entrevistas también se evidencia el desarrollo de cualidades, como el descubrimiento, la curiosidad y la apertura en relación con el tema de investigación.

[...] desear establecer contacto debido a que el tema definitivamente es muy interesante y el tener la misma oportunidad de participar en el proyecto sobre este tipo de laboratorios fue lo que me ayudó muchísimo (Estudiante 2, comunicación personal, 15 de septiembre de 2021).

Además de identificar este tipo de actitudes, se encontró el crecimiento a lo largo del desarrollo del proyecto de investigación y el rol de estas actitudes para involucrarse de manera más profunda en las acciones investigativas

durante el proceso de la estancia mis actitudes crecieron, lo que me motivó aún más [...], consecuencia de visitar los espacios *maker* así como interactuar con los encargados de los mismos (Estudiante 2, comunicación personal, 15 de septiembre de 2021).

Al mismo tiempo, demostraron conciencia de su crecimiento en relación con el tema del proyecto de investigación.

El primer contacto se dio dentro del primer día de entrevistas, con una auto-presentación y una síntesis de mi anteproyecto. Las siguientes interacciones

fueron dentro del contexto de los lugares visitados, comentando el entorno de los laboratorios tecnocreativos, las entrevistas y cómo se relacionan en nuestros proyectos, lo que me permitió mejorar y enriquecer mi tema de investigación (Estudiante 1, comunicación personal, 7 de septiembre de 2021).

Por el contrario, en cuanto a los conocimientos específicos, las manifestaciones de los estudiantes no evidencian el desarrollo de la conciencia sociolingüística o autoconciencia cultural.

Discusión

El análisis de los datos obtenidos en las entrevistas evidencia la necesidad de capacitación en la competencia intercultural continua y previa a la realización de las actividades formativas de investigación dentro de un proyecto de colaboración científica internacional. Esto debido a que la mera participación de los estudiantes con pares internacionales no implica el desarrollo de esta competencia. Por su parte, se identifica que primero se desarrollan las cualidades, y posteriormente las habilidades para ser portador de la competencia intercultural. Así, se considera que el área que necesita más capacitación es la de conocimientos.

En general, las declaraciones de los estudiantes entrevistados demuestran que los proyectos de este tipo les motivan a continuar con sus estudios al nivel de posgrado, al mismo tiempo que potencian sus habilidades, proporcionan oportunidades para reflexionar sobre la transferencia de sus propias ideas y proyectos, y les sirve de motivación para saber y poder investigar, de lo visto y aprendido en el contexto externo para su propio contexto.

Se concluye que la capacitación al tanto de la competencia intercultural es primordial al nivel superior, ya que, sin importar la continuación de carrera científica formal por los estudiantes en el futuro, la habilidad de colaboración científica a nivel internacional va a ser un requisito de cualquier ciudadano del futuro.

Conclusiones

El desarrollo de la competencia intercultural es una habilidad clave para los futuros contextos educativos, para la labor de investigación y para la ciudadanía global, lo que coincide con lo planteado por Bazhenov (2019). Al respecto, cabe destacar que el involucramiento de los estudiantes en las actividades de colaboración científica internacional no es suficiente para la formación plena de esta competencia.

Al tomar como referencia el marco teórico de la competencia intercultural desarrollado por Deardorff, se observa que en primer lugar se forman las actitudes y después las habilidades, mientras que los elementos menos impactados son los que entran en la categoría de los conocimientos. Entre las actitudes, la apertura, la curiosidad y el descubrimiento, resaltan como elementos distintivos en este modelo.

Por otro lado, las manifestaciones de los estudiantes evidencian el desarrollo del respeto, resultado del contexto académico subordinante académicos-estudiantes. En las manifestaciones, más que el respeto, se marca una mayor curiosidad por la nueva cultura. Asimismo, se mencionan otras actitudes, que no están identificadas como primordiales de la competencia intercultural por Deardorff, como la confianza y la flexibilidad.

A partir del análisis del discurso, entre las habilidades se identifican todos los componentes integrados al modelo de Deardorff: saber escuchar o escucha activa, observar, evaluar, analizar, interpretar, relacionarse y pensar críticamente. Las evidencias más importantes del desarrollo de estas están presentes en las expresiones de reflexión sobre la multiculturalidad en Quebec, comparando las innovaciones en Canadá con las de su ciudad.

En estos procesos de comparación cultural fue interesante observar cómo los estudiantes reflexionaron sobre la transferencia del conocimiento adquirido; por ejemplo, cómo se podrían aplicar las prácticas vistas en los laboratorios en Quebec en su ciudad y qué valor podrían tener en su propio contexto. De igual forma, encontramos relevantes sus reflexiones sobre la multiculturalidad, que juega un

papel importante en la sociedad y ciencia en Canadá. Las evidencias también sugieren que el contexto extranjero propone la oportunidad para contrastar los proyectos de investigación de estudiantes jaliscienses con los canadienses, y de esta manera reconocer su impacto e importancia para el nivel local y global.

Como se mencionó, el conocimiento es de los elementos menos impactados. La autoconciencia cultural y la conciencia sociolingüística no fueron manifestados por los estudiantes; esta última no se mencionó por la falta del dominio del idioma francés, pero suponemos que la interacción en inglés también pudiera impactarles.

En general, los resultados de la investigación exploratoria confirman lo postulado por la OCDE (2023) en cuanto al potencial de los contactos interculturales para despertar la curiosidad y romper barreras culturales. A pesar de los resultados logrados en relación con el marco de competencia planteado por Deardorff, se ve que no todas las categorías y elementos se desarrollan simultáneamente durante una interacción internacional.

Para generar la competencia intercultural en los estudiantes del nivel superior es necesario desarrollar actividades y ofrecer talleres, seminarios y cursos como parte del programa de formación integral, tomando en cuenta la meta principal del contexto para colaboración científica. Además, involucrar a los estudiantes en actividades científicas guiadas y diseñadas por docentes es primordial para la formación de los ciudadanos del futuro (Vincent-Lancrin *et al.*, 2019; Rahmat, 2020), con una visión de innovación y cultura individual centrada en pensamiento avanzado (Bezhanova *et al.*, 2019).

Uno de los resultados evidentes es la motivación que reciben los estudiantes a partir de la experiencia de las estancias investigativas, para desarrollar las propuestas de investigación y para seguir con sus estudios a nivel de posgrado. Los datos proporcionan pruebas sobre el crecimiento de la confianza y el interés para realizar actividades de investigación, sus procedimientos, métodos de recolección y análisis de los datos, y la redacción de textos académicos.

En este punto es importante señalar que, debido a la elección mayoritaria de titularse por excelencia académica en lugar de presentar trabajos recepcionales,

los estudiantes no tienen la oportunidad de demostrar sus habilidades científicas. Esto resulta en que sus actividades de investigación no sean visibles, lo que puede disminuir su motivación para continuar sus estudios superiores.

Al participar en los proyectos internacionales, los estudiantes desarrollan el sentido de pertinencia a los procesos globales; la práctica de colaboración les da la oportunidad de reconocer sus debilidades y fortalezas como potenciales investigadores, les motiva a aprender idiomas, a conocer culturas y de esta manera ampliar su visión global.

Sobre el desarrollo de la capacidad lingüística en los estudiantes, es importante mencionar que, para preparar a los investigadores, empleadores y ciudadanos globales del futuro, necesitamos tener previsto que el paradigma centrado en el idioma inglés puede someterse a cambios en el escenario venidero, cuando las habilidades plurilingües sean indispensables (Marginson, 2021).

El principal hallazgo al cual se ha llegado al final de esta investigación, es que es necesaria la planeación de las actividades colaborativas de investigación con la participación activa de los estudiantes del nivel educativo superior, incluyendo actividades previas de formación en tanto a la competencia intercultural. Esto es fundamental porque el desarrollo de las habilidades investigativas al nivel superior, así como de la competencia intercultural, que ya se han posicionado como habilidades cotidianas que modelarán a los ciudadanos mundiales del futuro.

Referencias

- Artemova, I. (2021). Desarrollo de la competencia intercultural para colaboración científica en estudiantes de educación superior, en Red de Investigación e Innovación Educativa (REDINE) (ed.), *Conference Proceedings CIVINEDU 2021* (749-754). REDINE. <https://www.civinedu.org/conference-proceedings-2021/>
- Bazhenov, R. (2019). Arranging Student Scientific Research as an Educational Technology: The Experience of Regional Universities of Russia. *Education Research International*. <https://doi.org/10.1155/2019/8358954>

- Bellanca, J. A. & Brandt, R. S. (2010). *21st century skills: Rethinking how students learn*. Solution Tree Press.
- Bezhanova S. V.; Malyugina N. M.; Polyakova R. I. & Fedorova, E. A. (2019). Social prerequisites for the development of an individual's innovation culture in modern society. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(2), 1885-1891. https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJCIET/VOLUME_10_ISSUE_2/IJCIET_10_02_186.pdf
- Deardorff, D. K. (2006). Identification and assessment of intercultural competence as a student outcome of internationalization. *Journal of Studies in International Education*, 10(3), 241-266. <https://doi.org/10.1177/1028315306287002>
- Gee, J. P. (2010). *An introduction to discourse analysis: Theory and method*. Routledge.
- Gouvernement du Québec. (2018). Convocatoria de proyectos. Grupo de trabajo Quebec Jalisco 2018-2019. Criterios y modalidades para el apoyo. https://www.mrif.gouv.qc.ca/content/documents/inter/espanol_Criteres_et_modalites_GTQJ_2018-2019.pdf
- Huber, J. (ed.). (2012). *Intercultural competence for all: Preparation for living in a heterogeneous world*. Council of Europe. <https://rm.coe.int/intercultural-competence-for-all/16808ce20c>
- Leung, K.; Ang, S. & Tan, M. L. (2014). Intercultural competence. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 1, 489-519. <https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-031413-091229>
- Marginson, S. (2021). What drives global science? The four competing narratives. *Studies in Higher Education*, 47(8). <https://doi.org/10.1080/03075079.2021.1942822>
- Momtazmanesh, S.; Saghazadeh, A.; Aldave J. C.; Aramesh, K.; Barba, F.; Bella, F.; Blakney, A.; Capaccioli, M.; Castagna, R.; Crisanti, U.; Davtyan, T.; Dorigo, T.; Ealy, J.; Farokhnia, M.; Grancini, G.; Gupta, M.; Harbi, A.; Krysztofiak, W.; Kulasinghe, A.; ... Rezaei, N. (2021). International Scientific Collaboration Is Needed to Bridge Science to Society: USERN 2020 Consensus Statement. *SN Comprehensive Clinical Medicine*, 3, 1699-1703. <https://doi.org/10.1007/s42399-021-00896-2>
- Ministère des Relations internationales et de la Francophonie (MRIF). (2020). <https://www.quebec.ca/gouvernement/ministere/relations-internationales>

- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2018). PISA 2018 Database, Table VI.B1.4.5. OECD. <http://doi.org/10.1787/888934169899>
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2023). Teaching for the Future: Global Engagement, Sustainability and Digital Skills. OECD. <http://doi.org/10.1787/d6b3d234-en>
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) / Eurostat. (2018). Oslo Manual 2018. The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). (2021). Covid-19: Ciencia abierta y mayor cooperación científica. <https://es.unesco.org/node/321446>
- Rahmat, N. H. (2020). Innovation in education: barriers and facilitating factors. *European Journal of Education Studies*, 6(10). <https://doi.org/10.5281/zenodo.3596994>
- Sistema de Universidad Virtual (SUV). (2023). *Informe de actividades 2022*. Universidad de Guadalajara. https://www.udgvirtual.udg.mx/sites/default/files/informe_2022.pdf
- Tang, K.-S.; Tan, A.-L. & Mortimer, E. F. (2021). The Multi-timescale, Multi-modal and Multi-perspectival Aspects of Classroom Discourse Analysis in Science Education. *Research in Science Education*, 51(1), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09983-1>
- Vincent-Lancrin, S.; Urgel, J.; Kar, S. & Jacotin, G. (2019). *Measuring Innovation in Education 2019. What Has Changed in the Classroom?* OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264311671-en>

CAPÍTULO 6

LABORATORIOS TECNOCREATIVOS PARA REDUCIR LA DESERCIÓN EN JÓVENES ADOLESCENTES

Mónica Espinoza Torres[†]

Inna Artemova

Jorge Sanabria-Z

Introducción

Las Naciones Unidas han reconocido la importancia de fomentar habilidades necesarias para el siglo XXI, como la colaboración, la resolución de problemas y la creatividad (UNESCO, 2017). Una opción para desarrollarlas se encuentra en los laboratorios tecnocreativos, ya sea en modalidad presencial o virtual. Además, se considera que estos tienen el potencial de ser una alternativa para prevenir la deserción escolar y promover la innovación en el nivel de educación medio superior.

Estos laboratorios representan un cambio en el contexto social del estudiante de bachillerato, ya que le permiten ampliar su entorno de aprendizaje más allá de las aulas, dándoles la oportunidad de explorar lugares informales y plataformas virtuales para desarrollar diferentes destrezas útiles en los tiempos actuales. Sobre esta línea se asienta la investigación que se presenta en este capítulo,¹ que buscó

¹ El trabajo documentado en este capítulo se llevó a cabo en el marco de dos proyectos de investigación bajo la dirección de miembros del cuerpo académico Creatividad, Innovación y Emprendimiento, del Sistema de Universidad Virtual de la Universidad de Guadalajara. Uno realizado por el Grupo de Trabajo Quebec-Jalisco (Gouvernement du Québec, 2018) y respaldado por el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología, llamado Cartografías y diálogos sobre laboratorios creativos para los jóvenes; y otro financiado por el Programa para el Desarrollo Profesional Docente, titulado Plataforma digital Laboratorio Tecnocreativo Virtual.

examinar el papel de los laboratorios tecnocreativos en entornos presenciales y virtuales para disminuir el abandono escolar en jóvenes de 15 a 19 años en la zona metropolitana de Guadalajara.

En Jalisco, es preocupante que el nivel educativo promedio de la población de 15 años o más sea de nueve años, lo que apenas corresponde a haber completado la educación secundaria (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2020). Es importante destacar que en el Sistema de Educación Media Superior no se brindan oportunidades suficientes en todos los subsistemas escolares. Por ejemplo, no se promueven en la misma medida las opciones ofrecidas por los bachilleratos tecnológicos, donde los estudiantes pueden obtener certificaciones como mano de obra calificada en un período de tres años de estudio, o participar en pasantías profesionales tempranas, entre otras alternativas que ayudan a tratar esta deficiencia (Secretaría de Educación Pública, SEP, s/f).

Del mismo modo, se reconoce que existen diversas barreras que impiden que los jóvenes inicien o concluyan su educación en el nivel medio superior, ya sea por limitaciones económicas o geográficas, o porque no consideran la educación como parte de su proyecto de vida (Calderón, 2019). Por ello, es importante considerar estrategias innovadoras que contribuyan a reducir la tasa de deserción escolar, como lo son los laboratorios tecnocreativos.

La característica distintiva de estos radica en su capacidad para generar vínculos sociales, basados principalmente en los movimientos socio-tecnológicos conocidos como “Hágalo usted mismo” (DIY, por sus siglas en inglés) y Open Source (flujo libre de información y conocimiento), que se observan en diversos contextos, como el ámbito privado, académico, en bibliotecas y centros comunitarios (Sanabria *et al.*, 2020). En estos laboratorios se fomenta la participación activa de los usuarios, quienes adquieren habilidades técnicas y creativas, a la vez que tienen la oportunidad de compartir conocimientos y colaborar en proyectos conjuntos, creando así una red de interacción y colaboración social (Menichinelli & Gerson, 2019).

En esencia, los laboratorios tecnocreativos, tanto presenciales como virtuales, se complementan mutuamente y comparten objetivos comunes. Ambos entornos se

centran en fomentar herramientas de colaboración para la fabricación digital, que resultan en la creación de objetos tridimensionales, físicos o digitales, utilizando tanto máquinas como *software*. Estos laboratorios ofrecen a los participantes la oportunidad de desarrollar habilidades técnicas, creativas y de trabajo en equipo, permitiéndoles materializar sus ideas en forma de productos.

El trabajo aquí descrito se valió de la perspectiva de innovación educativa para analizar cómo estos laboratorios pueden fomentar la creatividad y el desarrollo de habilidades en los adolescentes, tanto en contextos de educación formal como no formal. Ante la falta de una articulación clara en la definición de la innovación en educación, para el desarrollo del proyecto se tomaron en cuenta los rasgos incuestionables del término: un cambio o ajuste en el proceso, una forma diferente de hacer las cosas que impactan el contexto (Guzman & Jaillier-Castrillon, 2021).

La investigación se guio por la siguiente pregunta: ¿cuál es el rol de los laboratorios tecnocreativos en la continuidad de los estudios para los jóvenes en el bachillerato general en la educación formal? Para analizar el problema de investigación se propuso una metodología de aprendizaje expansivo en el marco de la teoría de la actividad, siguiendo la sugerencia de Engeström (1987). El objetivo general se enfocó en identificar las ventajas y limitaciones de los laboratorios tecnocreativos para estudiantes que se encuentran en riesgo de abandonar sus estudios en el nivel medio superior.

Como objetivos específicos se plantea: identificar las particularidades de los laboratorios tecnocreativos en su modalidad presencial y virtual en la Zona Metropolitana de Guadalajara; y describir los procesos de enseñanza-aprendizaje que se llevan a cabo en ambos tipos de laboratorios, donde participan usuarios que se encuentran en el nivel educativo medio superior. De igual forma, se pone especial énfasis en la reconstrucción de las prácticas de enseñanza-aprendizaje que se realizan en estos espacios, y se destaca la importancia de la cocreación y el empoderamiento como fundamentos pedagógicos en estos laboratorios.

En el análisis de los resultados se exploran diferentes aspectos relacionados con la comunidad, la colaboración entre pares, los tipos de participantes y su percepción sobre las actividades realizadas dentro de los laboratorios. Además

se busca responder a las preguntas ¿qué se crea en un laboratorio tecnocreativo presencial o virtual? y ¿cuáles son las características motivacionales en los laboratorios tecnocreativos presenciales?

Macroentorno

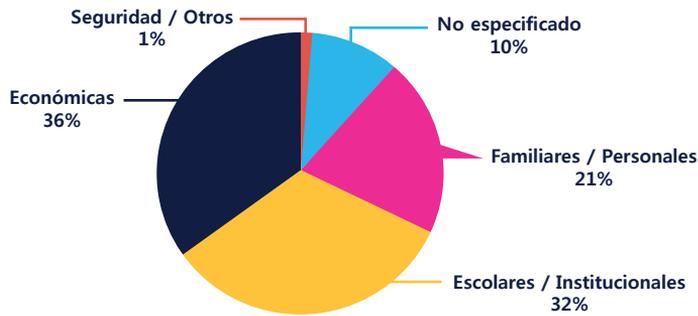
Deserción escolar y factores asociados

Según la definición proporcionada por el Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE, 2019), la deserción escolar es la acción de abandonar las actividades escolares antes de completar algún grado o nivel educativo. Este fenómeno puede ser resultado de un proceso multicausal que ocurre durante la trayectoria escolar de los estudiantes y se identifica por la interrupción temporal o definitiva de su actividad formativa. Otros términos que se utilizan para denominar este fenómeno son: desvinculación, salida, interrupción o desafiliación.

La deserción escolar representa uno de los desafíos más significativos en la educación media superior, ya que la interrupción de los estudios por parte de los adolescentes tiene un impacto negativo tanto en su vida actual como en su futuro. Según el reporte de la Encuesta Nacional de Deserción en la Educación Media Superior de la Secretaría de Educación Pública (SEP, 2012), los principales factores asociados a la deserción escolar son (ver gráfica 1):

- **Económicos:** la falta de recursos económicos puede dificultar la continuidad de los estudios. Los jóvenes pueden enfrentar dificultades para pagar los gastos relacionados con la educación, e incluso verse en la necesidad de trabajar para contribuir al sustento familia.
- **Dificultades académicas:** bajo rendimiento escolar, repetición de grados y falta de apoyo pedagógico. Estos factores pueden llevar a los estudiantes a sentirse frustrados y desmotivados, lo que aumenta el riesgo de abandonar los estudios (Cueto *et al.*, 2020).

- Problemas familiares-personales: falta de apoyo, violencia doméstica, migración u otros conflictos que pueden influir en la decisión de abandonar la escuela (Chau *et al.*, 2022). A esto se incluye la influencia de amigos o compañeros que no valoran la educación (Gubbels *et al.*, 2019).
- Seguridad: este factor engloba las situaciones de riesgo que experimentan los estudiantes en su entorno escolar, como violencia física o verbal, acoso escolar (*bullying*), o la inseguridad en el trayecto hacia la escuela (Dupéré *et al.*, 2019). Un ambiente poco seguro puede afectar negativamente la salud emocional y el bienestar de los jóvenes, lo que provoca que opten por abandonar la escuela para evitar estas circunstancias adversas.



Gráfica 1. Factores principales de abandono escolar en jóvenes de 15 a 19 años.
Fuente: elaboración propia con datos de la SEP (2012).

Tendencias educativas en el siglo XXI

A nivel global, se han investigado formas de abordar la necesidad de una educación que fomente el desarrollo de habilidades y competencias en los jóvenes, con el objetivo de mejorar su inclusión social, económica y profesional (Partnership for 21st Century Skills, 2019). En algunos casos, el respaldo exclusivo de estas estrategias educativas, centradas en habilidades y conocimientos, ha logrado generar cambios significativos en las comunidades marginadas. Varias iniciativas no solo se centran en aspectos educativos, sino que también aprovechan la infraestructura física

y digital para realizar sus planes de transformación (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, 2020).

La tendencia creciente es desarrollar competencias y habilidades para el siglo XXI, tanto en entornos educativos formales como informales, a través de actividades presenciales y virtuales que involucran la interacción con tecnologías, y que se ven facilitadas cuando los usuarios colaboran entre sí para crear, innovar y aprender.

Según Sanabria y Romero (2018), “uno de los desafíos más importantes para los educadores en esta era radica en cómo preparar a sus estudiantes para integrarse en un mercado laboral que aún no ha sido concebido” (p. 17). Al respecto, el informe del Foro Económico Mundial (2016) destaca que la mayoría de las ocupaciones requeridas en las industrias no existían hace una década. El mismo reporte prevé que más de 50% de los niños que comienzan la educación primaria tendrían mayores posibilidades de acceder a trabajos futuros que aún desconocemos. Esta proyección resalta la importancia de preparar a los estudiantes para un mundo laboral en constante evolución, donde las habilidades y competencias necesarias pueden diferir de las que hoy miramos como tradicionales.

El Foro Económico, en línea con las competencias prioritarias proyectadas para el año 2020 –como la colaboración, el pensamiento crítico y la creatividad–, subraya la relevancia del marco de competencias #CoCreativ desarrollado por Romero (2016), que fomenta las competencias mientras impulsa el pensamiento informático o computacional como base para la resolución colaborativa de problemas. La figura 1 muestra la representación visual de este marco y su enfoque en la promoción de habilidades y conocimientos clave para la sociedad actual.

La educación es un ámbito en constante evolución, donde diferentes modelos y enfoques compiten y se alternan con el objetivo de brindar a los alumnos una experiencia de aprendizaje significativa y efectiva. En los últimos años, se ha observado un cambio relevante en la concepción del aprendizaje, donde ya no se limita exclusivamente al entorno escolar. Es evidente que la educación no puede ser monopolizada por un solo sistema educativo y que la escuela ya no es el único lugar para aprender. Esta idea coincide con la perspectiva planteada por Hamadache



Figura 1. Cinco competencias para el siglo XXI.
Fuente: elaboración propia con datos de Romero (2016).

(1991, p. 116), quien destacó la necesidad de encontrar nuevas visiones de aprendizaje que faciliten la innovación educativa.

Con la creciente fusión entre el mundo físico y digital, se han abierto nuevas posibilidades para la reconstrucción de las prácticas educativas, centrándose en el empoderamiento de los estudiantes y la cocreación, que implica la colaboración entre al menos dos personas para generar ideas o productos (Sanabria y Romero, 2018). Esta práctica es común en los *makerspaces*, espacios populares en varios países que ofrecen servicios educativos no formales. Estos lugares, presentes en escuelas y bibliotecas, se utilizan como laboratorios de tecnología creativa, donde se integran elementos tangibles en los procesos tradicionales de aprendizaje (García, 2023).

Además del uso de la tecnología, es importante reconocer que en los entornos colaborativos es fundamental que los usuarios encuentren motivación y establezcan relaciones de confianza para participar y permanecer en ellos (Contreras *et al.*, 2022). La motivación puede ser vista como una fuerza interna o externa que impulsa a las personas a dirigir, intensificar y persistir en su comportamiento, tanto en el ámbito escolar como en otros aspectos de la vida (Parent, 2018).

Microentorno

Laboratorios presenciales

Los laboratorios tecnocreativos son entornos diseñados para fomentar la creatividad de los usuarios. Estos espacios permiten producir o fabricar objetos físicos, dan a los usuarios la oportunidad de materializar cualquier idea haciendo uso de las máquinas y herramientas que tengan disponibles. Para este proyecto se seleccionaron dos laboratorios tecnocreativos presenciales en Guadalajara, México: FabLab Nueva Santa María (2019) y HackerGarage (s/f), debido a su proximidad con la población objetivo en riesgo de deserción escolar y sus respectivas comunidades. Una breve descripción de ambos laboratorios se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. MakerSpaces y Fab Labs

Espacio	Descripción
HackerGarage	Espacio de trabajo colaborativo impulsado por la comunidad de Guadalajara. En este laboratorio tecnocreativo las personas comparten su interés y pasión por la tecnología, la innovación y el emprendimiento. Es un lugar donde los participantes pueden explorar y desarrollar proyectos utilizando herramientas y equipos de fabricación digital, como impresoras 3D, cortadoras láser y equipos de electrónica. El FabLab fomenta la creatividad, el aprendizaje colaborativo y el intercambio de conocimientos entre los miembros de la comunidad
FabLab Nueva Santa María	Taller de fabricación y creación ubicado en el Cerro del 4, Guadalajara, financiado por la Iglesia católica. Este laboratorio se encuentra en un área con altos índices de marginalidad y deserción escolar. Su objetivo principal es proporcionar un espacio de trabajo colaborativo impulsado por la comunidad, donde los participantes puedan desarrollar proyectos y compartir conocimientos en un ambiente creativo y tecnológico

Fuente: Espinoza (2021, p. 33) .

Laboratorios virtuales

En esta investigación, también se analizaron de manera exploratoria los laboratorios tecnocreativos virtuales. Estos espacios en línea fueron incluidos con el

objetivo de comprender la evolución de la tecnología y documentar su alcance en beneficio de los adolescentes. Se buscó identificar el papel de estos laboratorios virtuales en el aprendizaje de los estudiantes, tanto los actualmente matriculados en la escuela como aquellos que han abandonado sus estudios. Estos laboratorios suelen ser de acceso gratuito y ofrecen una amplia gama de actividades para diferentes públicos y rangos de edad (Artemova *et al.*, 2020) (ver tabla 2).

Tabla 2. Laboratorios virtuales

Laboratorio	Descripción	Liga
Tinkercad (2023)	Espacio en línea gratuito que combina diseño 3D, electrónica y programación, utilizado para imaginar, diseñar y crear proyectos, con una interfaz intuitiva	https://www.tinkercad.com
Fritzing (s/f)	Entorno <i>open source</i> que automatiza el diseño electrónico, apoyando a diseñadores y artistas en la creación de prototipos y productos finales	https://fritzing.org/home
Cospaces (s/f)	Plataforma de realidad virtual permite explorar y crear en mundos tridimensionales, estimulando la creatividad y capacidad de experimentación	https://cospaces.io/edu/

Fuente: Espinoza (2021, p. 34).

Laboratorios tecnocreativos presenciales

En los laboratorios presenciales se aplicaron entrevistas semiestructurada basadas en el proyecto Cartografías y diálogos sobre laboratorios creativos para jóvenes del Grupo de trabajo Quebec-Jalisco. El objetivo fue analizar la interacción de los sujetos con el entorno de aprendizaje y determinar el posible impacto de los laboratorios tecnocreativos en jóvenes que se encuentran en riesgo de desertar de la escuela.

El cuestionario diseñado se dividió en temas según la Teoría de la Actividad propuesta por Engeström (1987), que proporciona un marco conceptual para comprender las interacciones y prácticas de los usuarios en espacios colaborativos. Con

esta se buscó identificar las relaciones existentes entre las respuestas a las preguntas de cada una de las categorías del instrumento de entrevista, así como la relación existente entre diferentes categorías.

Las categorías temáticas permiten identificar las relaciones presentes a través de las preguntas planteadas. En total se formularon 45 preguntas para la entrevista, distribuidas en nueve temas:

- 1) Regulación del trabajo: obtener información sobre cómo se distribuye el trabajo dentro del laboratorio tecnocreativo, identificar roles y responsabilidades, y comprender cómo se lleva a cabo la colaboración entre los participantes (6 preguntas)
- 2) Normas, procedimientos y criterios: comprender las directrices del sistema de actividad (3 preguntas)
- 3) Participación comunitaria: explorar la forma en que las personas colaboran (6 preguntas)
- 4) Participantes: ahondar en las percepciones de los involucrados respecto a las actividades (6 preguntas)
- 5) Productos o creaciones: explorar los productos o creaciones resultantes del trabajo en el laboratorio (5 preguntas)
- 6) Herramientas: indagar sobre las herramientas utilizadas en las actividades del laboratorio, cómo se emplean y cómo se adquieren (9 preguntas)
- 7) Modelos mentales: explorar los modelos y las herramientas mentales que los participantes emplean durante las actividades (4 preguntas)
- 8) Uso del espacio: preguntar el significado que los participantes atribuyen al uso del espacio del laboratorio (8 preguntas)
- 9) Objetivos, metas y desafíos: identificar los objetivos de tensión presentes en el sistema de actividades del laboratorio, las metas o desafíos que generan conflicto o necesidad de adaptación y que impulsan a los participantes a buscar soluciones innovadoras (6 preguntas).

Análisis de los resultados

Los resultados obtenidos de las visitas a los espacios de FabLab Nueva Santa María y HackerGarage se organizaron en cuatro secciones. La primera aborda el tema de la comunidad y destaca la colaboración entre pares en estos espacios. La segunda sección se centra en los participantes y sus percepciones sobre las actividades realizadas en los laboratorios, mientras que la tercera se enfoca en lo creado en estos laboratorios, resaltando los productos y proyectos desarrollados. Por último, la cuarta sección muestra el significado y la importancia que los participantes atribuyen al espacio de los laboratorios tecnocreativos.

En cuanto a la comunidad y la colaboración que ocurre entre los participantes en laboratorios tecnocreativos presenciales, se encontró que la mayoría de los entrevistados se sentían parte de la comunidad. Así, pudo constatar que estos espacios brindaban un sentido de pertenencia, al permitir que los intereses de los usuarios (algunos estudiantes) se alinearan con los de otros miembros de la comunidad. Esto indica que los laboratorios tecnocreativos fomentan la colaboración y el trabajo en equipo, creando un ambiente propicio para la participación activa y el intercambio de conocimientos.

Es esencial para estos laboratorios impulsar en sus usuarios la percepción de que sus decisiones, iniciativas, ideas y conocimientos pueden tener impacto de alguna manera dentro de la comunidad. Esto es valorado por los cocreadores o emprendedores en los laboratorios tecnocreativos presenciales, debido a la mutua contribución que experimentan en todos los procesos. Estos espacios son aprovechados de forma natural como entornos de aprendizaje informal entre pares. Muchos de ellos operan mediante grupos de trabajo que se centran en una temática compartida, donde todos los participantes contribuyen en el proceso de creación y aprendizaje.

Se observa que en estos espacios el aprendizaje trasciende los límites escolares, ya que la idea principal de la metodología de trabajo establece la dirección de aquello que se desea lograr, al tiempo que se busca identificar las habilidades

individuales, lo que se puede hacer y el conocimiento que se posee. Además, en estos espacios es común encontrar casos en los que el aprendizaje se lleva a cabo de forma iterativa, mediante la práctica y la resolución de problemas, lo que les impulsa a desarrollar sus propias ideas.

También es usual realizar investigaciones, consultar fuentes de información, y practicar a través de ensayo y error. Algunos participantes aprenden mediante la observación de otros, y algunos más adoptan un enfoque autónomo, sin embargo, la mayoría destaca la importancia del apoyo recibido de usuarios más experimentados durante la realización de sus proyectos como el medio más eficaz para involucrarse activamente en el trabajo y desarrollar su proyecto de manera efectiva.

Los laboratorios tecnocreativos presenciales visitados se caracterizan por ofrecer educación mediante diversas actividades, talleres y encuentros; se practican actividades como el diseño 3D, el modelado, el diseño mecánico y los procesos de prototipado, los cuales se estudian con un enfoque de aprendizaje iterativo. Estos eventos educativos son altamente motivadores para los participantes, ya que les brindan la oportunidad de crecer, satisfacer sus necesidades y desarrollar habilidades, sobre todo en el ámbito del pensamiento computacional. Para conocer la percepción de los miembros de la comunidad sobre las actividades, se les consultó en cuanto a la motivación que los lleva a asistir a este espacio. En las respuestas, destacaron tres puntos principales: el gusto por el lugar, la libertad que ofrece y la oportunidad de desarrollar sus habilidades.

Quienes asisten con regularidad a estos laboratorios son conocidos por ser colaborativos, inventivos, innovadores, creativos y ávidos de aprendizaje. En cuanto a su nivel educativo, se encuentran desde personas solo con educación básica hasta con formación universitaria. La diversidad de edades también es un dato interesante, pues se identifican usuarios tan jóvenes como de seis años y personas de la tercera edad, como un señor que comenzó a trabajar con madera como un pasatiempo personal.

Los participantes tienen diferentes niveles de conocimiento y habilidades, pero estos espacios les permiten recibir apoyo tanto de expertos como de otros miembros de la comunidad; este compartir de información, resulta útil y se valora

en función de su relevancia para cada individuo. Durante las reuniones de la comunidad, especialmente para los nuevos participantes, se fomenta el intercambio de preguntas y la conversación con miembros más experimentados para brindar apoyo y orientación. Ahora, si bien el aprendizaje en este entorno es en esencia informal, también se complementa con recursos como video tutoriales.

Como se mencionó, estos laboratorios tecnocreativos desarrollan una amplia variedad de proyectos. El término *crear*, y específicamente la creación de artefactos, es parte esencial del ser humano (Sanabria, 2019), y como proceso es fundamental en la cultura *maker*, donde se experimenta la necesidad de fabricar, expresarse y dejar una huella personal. Los usuarios de estos encuentran gran satisfacción al crear nuevos proyectos tecnológicos, impulsados por su curiosidad y motivación intrínseca. Existe un sentimiento especial al construir cosas tangibles, pues ya que los objetos creados representan una parte única de su creador, los participantes sienten un profundo orgullo por la calidad en el detalle con el que realizan sus productos.

Asimismo, en estos espacios se fomenta la experimentación y la innovación, lo que permite a los participantes explorar diferentes materiales (cartón, plástico, metal, acrílico y madera), herramientas y máquinas (fresadoras, cortadoras láser, plóter de corte e impresoras 3D) para concretar sus proyectos. A parte de las herramientas físicas, algunos laboratorios también cuentan con recursos de realidad virtual, lo que brinda a los participantes la posibilidad de explorar entornos virtuales inmersivos y crear experiencias interactivas. Del mismo modo, ponen a disposición componentes electrónicos (microcontroladores como Arduino, Raspberry Pi, Micro:bit, entre otros) que permiten programar y controlar diferentes sistemas. Según lo mencionado en las entrevistas, algunos participantes recibieron instrucción estructurada para aprender a utilizar las herramientas en el laboratorio, mientras que otros optaron por buscar información de manera autónoma en plataformas como YouTube.

Para los estudiantes de educación superior dentro del laboratorio, el proceso puede iniciarse con un proyecto académico y evolucionar hacia una idea personal. No obstante, existen casos en los que la mera curiosidad despierta su creatividad

o los conocimientos adquiridos a través de las actividades les permiten materializar sus ideas. En el caso de los estudiantes que se encuentran en situación de deserción escolar, al presentarles la posibilidad de crear de manera colaborativa y utilizar la infraestructura disponible para plasmar sus ideas en productos funcionales, descubren en sí mismos su capacidad creativa y se motivan a seguir explorando sus habilidades. Reconocer sus habilidades y capacidades puede motivar a los estudiantes a reconsiderar la importancia de las instituciones educativas en su proceso de aprendizaje.

Laboratorios tecnocreativos virtuales

Para estudiar el potencial de los laboratorios tecnocreativos virtuales se realizó una observación de manera virtual y exploratoria. En esta se prestó especial atención a las interacciones positivas entre los estudiantes y los desertores, con el fin de comprender su proceso de aprendizaje, la evolución de la tecnología y documentar el alcance de los adolescentes y adultos jóvenes.

Estos espacios virtuales suelen ser gratuitos y brindan una variedad de actividades adaptadas a diferentes públicos y grupos de edad. Estas características los hacen una alternativa o complemento a los laboratorios físicos, ya que se presentan como plataformas digitales de cocreación, que a su vez pueden clasificarse como herramientas didácticas, educativas, científicas, informativas, de simulación y de aprendizaje. Estos laboratorios permiten el desarrollo de diversos proyectos y brindan a los usuarios la oportunidad de utilizarlos y aprovecharlos desde cualquier parte del mundo por medio de un dispositivo con acceso a internet, lo que los hace fácilmente accesibles.

Aunque los laboratorios tecnocreativos virtuales no implican un contacto físico directo entre los usuarios, su entorno ofrece la oportunidad de colaborar entre los participantes de la comunidad para intercambiar experiencias y promover la participación de personas con diferentes niveles de conocimiento. Además, permite

las contribuciones de expertos en creatividad e innovación de diversas partes del mundo, lo que fomenta el aprendizaje autónomo.

A continuación, se presentan las características observadas de los laboratorios tecnocreativos virtuales considerados en el proyecto.

- Tinkercad. Entorno de aprendizaje que ofrece la oportunidad de adquirir habilidades de diseño en diversas temáticas, como el modelado 3D y el diseño básico. Proporciona lecciones estructuradas que permiten a los usuarios aprender los procesos y conceptos fundamentales.
- Fritzing. Plataforma que se enfoca en el aprendizaje de circuitos. Ofrece guías de lecciones rápidas y sencillas, elaboradas por expertos en la materia, que proporcionan instrucciones paso a paso para construir circuitos y comprender los conceptos clave.
- CoSpaces Edu. Ofrece una amplia gama de recursos para el aprendizaje y la creación. A través de su manual de estudiante, kit para educador y mejores actividades o prácticas virtuales, los usuarios tienen acceso a herramientas y conocimientos para desarrollar cualquier proyecto que puedan imaginar. Una de las ventajas de CoSpaces Edu es que brinda apoyo personalizado a los usuarios y cuenta con embajadores de campo, que son profesionales de la educación dispuestos a compartir sus conocimientos y ayudar a los usuarios que lo necesiten.

Posibilidades para la creación en laboratorios virtuales

Una de las características importantes de los laboratorios virtuales es la educación adicional en forma de talleres que pueden ser impartidos en tiempo real o estar disponibles como grabación, lo que permite a los usuarios aprender a su propio ritmo y en el momento que les resulte conveniente. Estos laboratorios son una herramienta donde los docentes pueden encontrar ayuda de valor, aprender a desarrollar proyectos para los estudiantes y brindar aprendizaje mediante juegos de rol.

Una ventaja de estos es la galería donde se muestran proyectos creativos, innovadores y educativos, que sirve como fuente de inspiración para los usuarios. Estos recursos les brindan la oportunidad de fomentar el pensamiento crítico y computacional a través de actividades como el diseño mecánico y 3D, el modelado, la realidad virtual y aumentada, y el prototipado. Durante este proceso de aprendizaje basado en el ensayo y error, se obtienen beneficios como la reducción de desperdicio de materiales y recursos, así como la posibilidad de iterar y mejorar los proyectos tantas veces como sea necesario.

Durante la investigación, se observó la participación de usuarios con diversos niveles de conocimientos y habilidades tecnológicas en la creación de objetos; incluso se advirtió aquellos sin experiencia previa, quienes, motivados e inmersos en la cultura *maker*, lograron desarrollar su creatividad al involucrarse con la fabricación digital y la innovación fomentada en la comunidad. Sus creaciones abarcan una amplia gama de elementos, como videojuegos, modelos similares a los de *Minecraft*, diseños en 3D y animaciones. Estos proyectos pueden dar lugar a la creación de objetos físicos, como droides, bloques de construcción, aviones o tarjetas electrónicas, y virtuales, como cuentos digitales y bloques de código abierto.

Los laboratorios virtuales destacan por ofrecer características motivadoras a los usuarios. Sus interfaces intuitivas permiten una inmersión amigable en el entorno virtual; por ejemplo, Tinkercad es un laboratorio virtual que facilita el aprendizaje del diseño en 3D y ofrece tutoriales que pueden utilizarse directamente en la aplicación. Además de contar con una comunidad activa, proporciona una variedad de videos y tutoriales en YouTube que demuestran el uso de las herramientas del espacio virtual, lo que promueve el aprendizaje autónomo y sirve de apoyo adicional para el desarrollo de habilidades creativas en el diseño 3D.

Los diseños y archivos generados en estos laboratorios virtuales son compatibles con diversas plataformas (impresoras y corte 3D, y *Minecraft*). En el caso de Fritzing, un laboratorio enfocado en herramientas interactivas de diseño electrónico, brinda una perspectiva amplia a diseñadores y artistas, permitiéndoles pasar de la fase de prototipado a la generación de productos funcionales. Por otro lado, CoSpaces Edu ofrece herramientas de Realidad virtual, aumentada y mixta, que

permiten experimentar y crear entornos digitales inmersivos. Estas herramientas fusionan contenido digital con el mundo real, lo que brinda experiencias interactivas y simuladas en entornos virtuales.

Conclusiones

El objetivo de esta investigación fue comprender las fortalezas y limitaciones de los laboratorios tecnocreativos, tanto presenciales como virtuales, desde una perspectiva integral, con el propósito de analizar la problemática de la deserción escolar en el nivel medio superior. Para lograrlo, se examinaron detalladamente las características componentes, categorías y competencias de estos espacios; en este punto destaca la similitud en el ambiente de aprendizaje en ambas modalidades de los laboratorios. De esta forma, se evidenció que el aprendizaje que tiene lugar en estos laboratorios se alinea con la teoría de la actividad.

De los resultados de esta investigación se identificaron virtudes o fortalezas de los laboratorios tecnocreativos, algunas de las principales son:

- Fomentan un sentido de pertenencia a una comunidad, lo cual motiva a los participantes a explorar su creatividad y espíritu emprendedor.
- Generan un entorno de intercambio entre individuos en el que se promueve el aprendizaje de manera informal y se facilita la enseñanza entre pares.
- Ayudan a fomentar la continuidad en la formación educativa de los estudiantes al proporcionarles conocimientos basados en proyectos y herramientas tecnológicas que de otro modo no tendrían acceso.
- Permiten a los usuarios acceder en horarios flexibles, impulsando la cultura colaborativa en la creación.
- Apoyan al desarrollo del carácter, la actitud y la resiliencia al promover la asunción de responsabilidad en la gestión continua de proyectos de forma autónoma.

De igual forma se detectaron limitaciones de estos laboratorios:

- El aprendizaje inmersivo en los entornos virtuales a menudo se centra más en la experiencia individual que en la colaborativa, ya que la interacción entre los usuarios llega a ser limitada.
- La promoción de la participación de la comunidad en estos espacios creativos puede restringir las oportunidades de establecer nuevas interrelaciones con entidades de educación formal, lo que limita la diversidad de perspectivas, ideas y aprendizajes que suelen surgir de estas interacciones a largo plazo.
- La ausencia de laboratorios tecnocreativos presenciales es una limitante de la experiencia completa de la fabricación digital y dificulta la difusión de la cultura *maker* entre los estudiantes que se encuentran en situación de deserción escolar.

Con esto en cuenta, es posible concluir que ambos laboratorios ofrecen la oportunidad de acceder a áreas relacionadas con la creatividad, la innovación, la educación y el emprendimiento (ver tabla 3). Asimismo, se encontró que ambos son capaces de tratar las competencias requeridas para los adolescentes y jóvenes adultos del siglo XXI, como la solución de problemas, el pensamiento crítico y la creatividad.

Tabla 3. Características de los laboratorios tecnocreativos presenciales y virtuales

Componentes	Categorías	Competencias
Impresión y modelado en 3D Realidad virtual Realidad aumentada Talleres y seminarios Galería de proyectos	Creación y fabricación digital Codificación y programación Electrónica Arte Lenguas y literatura	Colaboración Resolución de problemas colaborativos con tecnologías Pensamiento informático Creatividad

Fuente: elaboración propia.

Tras analizar los procesos de enseñanza-aprendizaje identificados en los laboratorios tecnocreativos para estudiantes de nivel educativo medio superior, se

encontró que la mayoría de los participantes inmersos en estos espacios son adolescentes y jóvenes adultos, quienes aprenden mientras realizan actividades que nacen de sus proyectos, impulsados a construir y materializar las ideas que surgen en su imaginación o de una necesidad que desean resolver.

Se observa que los temas que aprenden abarcan una amplia gama, dependiendo del proceso de desarrollo de su creación y del nivel de innovación y tecnología que emplean para hacer realidad su proyecto. Los conocimientos se adquieren de manera informal y orgánica, a través de la observación, la búsqueda de información (como videotutoriales o manuales), y la interacción y consulta entre sus compañeros y pares, lo que fomenta un aprendizaje expansivo y la generación de conocimiento.

En general, se concluye que tanto los laboratorios tecnocreativos presenciales como los virtuales tienen un impacto positivo en la educación formal y no formal al fomentar la creatividad, el pensamiento innovador, crítico y computacional. Estos espacios brindan a los jóvenes las herramientas necesarias para desarrollar su creatividad sin tener que adherirse a las estructuras tradicionales de la educación, lo cual resulta beneficioso ya que muchos de ellos no logran identificarse con las actividades educativas convencionales.

En estos espacios, la flexibilidad de horarios es una ventaja, ya que los usuarios pueden acceder o conectarse en cualquier momento y por el tiempo que necesiten. No existen calificaciones en términos tradicionales, sino que los resultados se obtienen según prueba y error. Tampoco se categoriza a los participantes como buenos o malos estudiantes o docentes, sino como personas que comparten su conocimiento y buscan aprender aquello que aún no comprenden. Estos espacios brindan la oportunidad a los innovadores de encontrar el camino correcto en la práctica, lo que contribuye al aprendizaje necesario para el desarrollo de sus proyectos finales.

La educación no formal en los laboratorios tecnocreativos se presenta como una herramienta efectiva para ayudar a los adolescentes y jóvenes adultos, incluyendo aquellos en riesgo de deserción, a descubrir sus pasiones, convirtiéndose en aprendices motivados, comprometidos y con un sentido de pertenencia en su proceso de aprendizaje. A medida que se sumergen en sus proyectos, los participantes

experimentan un sentido de igualdad, y se enorgullecen al desarrollar su potencial y obtener sus logros educativos.

Sobre esta línea, se entiende que aunque los espacios educativos formales y no formales cuenten con herramientas tecnocreativas atractivas para los jóvenes, esto no es suficiente para impulsar su progreso si no logran desarrollar sus ideas y tener una visión más amplia de su futuro más allá de su entorno o nivel de vulnerabilidad. El desafío radica en garantizar que, al abordar los desafíos de sus proyectos de vida, promuevan la comunicación, la colaboración, la creatividad y el pensamiento crítico mediante la formación de comunidades sólidas y el desarrollo constante de habilidades, fusionando los espacios tecnocreativos con la educación formal para transformar su realidad y mejorar su entorno social.

Prospectiva sobre la investigación

Después de dos años de pandemia, los laboratorios presenciales revisados en esta investigación permanecieron cerrados por grandes períodos, por lo que los usuarios se vieron forzados a interrumpir su participación en estas comunidades de aprendizaje e innovación. Conforme a este contexto, se planteó el proyecto Laboratorio creativo digital bilingüe: desarrollo de C21 en la era poscovid, enfocado en competencias digitales del siglo XXI marcadas por la UNESCO, en colaboración con el gobierno de Quebec, para realizar una versión bilingüe que será utilizada en espacios de educación no formal en México y Quebec, con la posibilidad de intercambio de las prácticas creativas y la preservación del conocimiento.

Como antecedente, en un proyecto financiado por PRODEP (SEP), se desarrolló un prototipo de laboratorio tecnocreativo virtual llamado Novaplat² (Artemova *et al.*, 2021), donde se identificaron las virtudes y limitantes de dichos espacios, así como el potencial de los laboratorios tecnocreativos virtuales para reducir la deserción escolar (Espinoza, 2021). Entre los resultados, se identificó que el principal reto es la tendencia al aprendizaje individual, más que colaborativo (Espinoza,

² <https://www.novaplat.mx/>

2021; Espinoza y Artemova, 2021). Conforme a este hallazgo, se propone pilotear por primera vez el prototipo de la plataforma desarrollada Novaplat con usuarios, para identificar las áreas de mejora para potenciar la colaboración entre futuros usuarios reales y propiciar espacios de cooperación e intercambio de prácticas e ideas entre regiones de México y Canadá.

Referencias

- Artemova, I.; Ulloa, R.; Ávila, A.; Sanabria, J.; Arenas, K.; Borquez, E.; Chávez, J., Espinoza, M.; Llamas, M. y Silva, D. (2020). *Informe técnico del proyecto PRODEP: "Plataforma digital 'Laboratorio Tecnocreativo Virtual (LTCV)'"*. Sistema de Universidad Virtual, Universidad de Guadalajara, México.
- Calderón Alzati, E. (2019). *Educación para el cambio*. ILCE. https://www.ilce.edu.mx/images/editorial/EDUCACION_PARA_EL_CAMBIO_Cap1.pdf
- Chau, K.; Schweitzer-Troester, C.; Leroy, B. & Kabuth, B. (2022). Associations between school difficulties and family type and the role of socioeconomic, behavior and health-related difficulties in early adolescents: a population-based study. *Nordic Journal of Psychiatry*, 76(8), 623-633. <https://doi.org/10.1080/08039488.2022.2030402>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2020). *Perspectivas Económicas de América Latina 2020: transformación digital para una mejor reconstrucción*. CEPAL / OCDE / CAF. <https://hdl.handle.net/11362/46029>
- Contreras, D.; González, L.; Láscar, S. & López, V. (2022). Negative teacher–student and student–student relationships are associated with school dropout: Evidence from a large-scale longitudinal study in Chile. *International Journal of Educational Development*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2022.102576>
- CoSpaces Edu. (s/f). *CoSpaces Edu*. <https://cospaces.io/edu/>
- Cueto, S.; Felipe, C. y León, J. (2020). Predictores de la deserción escolar en el Perú. *Análisis & Propuesta*, 52. <https://www.grade.org.pe/wp-content/uploads/GRADEap52.pdf>
- Dupéré, V.; Goulet, M.; Archambault, I.; Dion, E.; Leventhal, T. & Crosnoe, R. (2019). Circumstances Preceding Dropout Among Rural High School Students: A Comparison

- with Urban Peers. *Journal of Research in Rural Education*, 35(3). <https://jrre.psu.edu/sites/default/files/2019-06/35-3.pdf>
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding*. Cambridge, University Press. https://books.google.com.mx/books?id=JrNooAEACAAJ&pg=PA63&hl=es&source=gbs_selected_pages&cad=3#v=onepage&q&f=false
- Espinoza, M. (2021). *Rol de los laboratorios tecnocreativos para reducir la deserción escolar en jóvenes de 15 a 19 años de la Zona Metropolitana de Guadalajara* (tesis de licenciatura). Sistema de Universidad Virtual, Universidad de Guadalajara. <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/3898>
- Espinoza, M. y Artemova, I. (2 de julio de 2021). Rol de los Laboratorios Tecnocreativos para la Reducción de la Deserción Escolar (ponencia virtual). *IX Congreso Internacional Multidisciplinar de Investigación Educativa*.
- FabLab Nueva Santa María. (3 de diciembre de 2019). *Introducción al FabLab Nueva Santa María*. [Archivo de video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=abdXL48EtHU>
- Foro Económico Mundial. (2016). *The Future of Jobs*. Global Challenge Insight Report. http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf
- Fritzing. (s/f). Fritzing.org. <https://fritzing.org/home/>
- García Sáez, César. (2023). *(Casi) Todo por Hacer. Una mirada social y educativa sobre los Fab Labs y el movimiento Maker*. Fundación Orange. <http://www.fundacionorange.es/jovenes-con-futuro/estudio-casi-todo-por-hacer/>
- Gouvernement du Québec. (2018). *Grupo de trabajo Quebec Jalisco 2018-2019*. https://www.mrif.gouv.qc.ca//content/documents/inter/espagnol_Criteres_et_modalites_GTQJ_2018-2019.pdf
- Gubbels, J.; van der Put, C. E. & Assink, M. (2019). Risk Factors for School Absenteeism and Dropout: A Meta-Analytic Review. *Journal of Youth and Adolescence*, 48, 1637-1667. <https://doi.org/10.1007/s10964-019-01072-5>
- Guzman, C. & Jaillier-Castrillon, E. (2021). Educational innovation as one of the drivers of human evolution. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 16(5), 2651-2676. <https://doi.org/10.18844/cjes.v16i5.6354>
- HackerGarage (s/f). HackerGarage. <https://hackergarage.mx/>

- Hamadache, A. (1991). La Educación no formal: concepto e ilustración. *Perspectivas: Revista trimestral de educación comparada*, 21(1), 123-137. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000090336_spa
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE). (2019). ¿Qué hacen los planteles de educación media superior contra el abandono escolar?, en *Evaluación de la Implementación Curricular en educación media superior (EIC EMS). Informe complementario*. INEE. <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2019/08/P1D256.pdf>
- Menichinelli, M. & Gerson Saltiel Schmidt, A. (2019). First Exploratory Geographical and Social Maps of the Maker Movement. *European Journal of Creative Practices in Cities and Landscapes*, 2(2), 35-62. <https://doi.org/10.6092/issn.2612-0496/9640>
- Parent, S. (2018). Favoriser la motivation et l'engagement des étudiants... tout au long de la session. *Pédagogie collégiale*, 31(4). https://www.researchgate.net/publication/338838866_Favoriser_la_motivation_et_l_engagement_des_etudiants_tout_au_long_de_la_session
- Partnership for 21st Century Skills (2019). Framework for 21st Century Learning. <https://bit.ly/3FS9JBC>
- Sanabria, J. y Artemova, I. (2020). Informe Técnico del proyecto CONACYT: Cartografías y diálogos sobre laboratorios creativos para los jóvenes. Sistema de Universidad Virtual de la Universidad de Guadalajara.
- Sanabria, J.; Davidson, A.-L.; Romero, M. y Quintana, T. (2020). Macro-diseminación de la cultura maker: promoviendo competencias del siglo XXI a través de un Ideatón. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(62). <https://doi.org/10.6018/red.382591>
- Sanabria Zepeda, J. C. y Romero, M. (2018). Competencias del siglo XXI en proyectos co-tecnocreativos. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 10(19). <https://doi.org/10.22201/cuaed.20074751e.2018.19.64889>
- Secretaría de Educación Pública (SEP). (s/f). Bachillerato Tecnológico. <http://www.decidetusestudios.sep.gob.mx/vista/elige-tu-bachillerato/tipos-bachillerato/bachillerato-tecnologico>
- Secretaría de Educación Pública (SEP). (2012). *Reporte de la Encuesta Nacional de Deserción en la Educación Media Superior*. SEP <https://educacionmediasuperior.sep>

gob.mx/work/models/sems/Resource/10787/1/images/Anexo_6Reporte_de_la_EN-DEMS.pdf

Tinkercad. (2023). Autodesk Tinkercad. <https://www.tinkercad.com/>

Romero, M. (2016). *Jeux numériques et apprentissages*. Editions JFD.

UNESCO. (2017). *E2030: Educación y habilidades para el siglo XXI. Reporte*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000250117.locale=en>

CAPÍTULO 7

PROSPECTIVA DE LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO Y LA INNOVACIÓN DESDE LA ACADEMIA

Marco Antonio Chávez Aguayo

Inna Artemova

Rosa Leonor Ulloa Cazarez

Este capítulo es el cierre de la obra aquí compilada, y tiene el propósito de clarificar el concepto de innovación, en el contexto del empirismo de los capítulos presentados desde la perspectiva del posgrado, aplicada en los proyectos colaborativos de profesores y estudiantes. Así, este concepto se materializa con los detalles de su aplicación en la realidad que rodea a los autores de estos documentos.

Usos y acepciones de la innovación

En la teoría económica, el término *innovación* se ha resumido en una definición genérica y acotada;¹ de forma paradójica, en la aplicación se ha caracterizado por la complejidad, que da lugar a una diversidad de interpretaciones y acepciones que solo pueden descifrarse en el análisis de los procesos que se desarrollan en diferentes ámbitos de la sociedad. Este tema es analizado en el capítulo 1, y materializado

¹ Véase la tercera edición del *Manual de Oslo* (OCDE y EUROSTAT, 2007).

en los distintos ámbitos que se describen en los siguientes capítulos: la industria (capítulos 3 y 4), la ciencia (capítulo 2), la educación y la cultura (capítulos 5 y 6).

La pluralidad de escenarios que se muestran en esta obra confirma y contribuye al enriquecimiento del contenido semántico del término, al reconocer que esta riqueza representa una dificultad para operacionalizar los conceptos y marcos teóricos. Razón por la cual las definiciones derivadas de estas aplicaciones se acotan a su uso en los fines y propósitos específicos descritos en cada capítulo.

Pese a esta particularidad, es posible determinar algunos patrones útiles en el registro del concepto. De acuerdo con las percepciones y las experiencias profesionales de los participantes de este libro, la innovación en cualquier contexto implica los siguientes componentes:

- 1) El valor agregado logrado.
- 2) La creatividad en la generación, vinculación y aplicación de la innovación.
- 3) La investigación profunda del problema detectado en su contexto sociocultural, y la consideración de este contexto en el proceso de la adaptación de ideas desde afuera.
- 4) La gestión del conocimiento que nace en un contexto concreto y potencia la transformación social a través de comunidades de profesionistas.

Estos elementos reiteran la amplitud de aplicaciones de la innovación, al aumentar su semántica y complejizar su entendimiento y uso en términos prácticos y ámbitos específicos. La complejidad del concepto se aprecia en las colaboraciones de este libro, ya que los estudiantes y profesores de diferentes programas de posgrado del Sistema de Universidad Virtual (SUV) de la Universidad de Guadalajara coincidieron en que la innovación puede tener una amplia cantidad de acepciones y aplicaciones en diferentes esferas sociales y productivas.

En el primer capítulo del libro se contrasta la postura económica que define la innovación en términos de un cambio que genera un valor adicional a algo que ya tiene asignado un valor determinado previamente y que se dirige a una expectativa de crecimiento económico (OCDE y EUROSTAT, 2007), frente a otra perspectiva

que rescata los valores culturales, organizacionales y sociales que la innovación implica y que poco se toman en consideración por las métricas actuales (UNESCO, Consejo Ejecutivo, 2021) (ver figura 1). Los valores referidos, aunque no de forma exclusiva, se relacionan con el capital económico.



Figura 1. Ecosistema de innovación.
Fuente: elaboración propia.

En contraposición, se plantea la necesidad de dimensionar la innovación al considerar los elementos de mejora de la calidad de vida de los participantes del proceso como indicadores irrefutables del elemento innovador, que aporta un valor extra al ya existente y modifica el producto resultante para que se distinga de los productos similares que son su competencia comercial en el mercado. En este sentido, los modelos de innovación resultantes son competitivos.

El objetivo económico de este enfoque es la riqueza económica, que afecta a un individuo o a un cierto grupo de personas. Los creadores y desarrolladores de los productos, con el objetivo principal de beneficiarse, habrán de incorporar elementos innovadores que añadirán valor al producto y darán cuenta de la riqueza social derivada. Esto se compara con lo que sucede en los modelos mecanicistas de la innovación económica, donde ni los creadores ni los desarrolladores de los elementos innovadores se llevan el beneficio de sus inventos, sino las corporaciones que los emplean; situación que genera una injusticia social que suele pagarse en aras del modelo capitalista, individualista y competitivo de la innovación.

En esta obra, las propuestas son ejemplos de las aportaciones al concepto de valor agregado en la innovación, y evidencian una necesidad de reinterpretarlo. En los diferentes capítulos, el entendimiento del valor agregado va más allá del valor empresarial. En primer lugar, se hace hincapié en el mérito del desarrollo de la cultura innovadora en una organización, a raíz de la aspiración individual para mejorar y con base en el conocimiento del contexto a partir de su experiencia laboral. Como puede observarse, todos los capítulos han estado enfocados en romper paradigmas tradicionales en el ámbito educativo, empresarial e industrial para mejorar los procesos y resultados que ocurren en los contextos laborales de los estudiantes, a través de la aplicación creativa de ideas, sustentada académicamente, y en algunos casos evidenciada con productos tradicionales de innovación (como patentes).

La creatividad –concepto amplio, polisémico y elusivo como la innovación misma– es la segunda perspectiva que por aplicación define a la innovación. Cabe aclarar que aquí la cuestión no es semántica, es decir, no es un problema relacionado con la lingüística, sino con la política, por lo que esta segunda perspectiva es ideológica. En la obra también se apuntan reflexiones sobre el entendimiento del concepto de la creatividad y su vinculación e importancia para el proceso innovador.

Los trabajos desarrollados por los autores evidencian el potencial humano para crear a través de la generación, vinculación y aplicación de las ideas. La creatividad humana, como la capacidad para crear nuevos productos y procesos, no se puede despreciar porque es siempre el ser humano quien analiza los contextos y determina los problemas que requieren de la innovación.

De los capítulos puede inferirse que, para que la creatividad derive en innovación, es preciso un impacto medible, ya sea desde la perspectiva comercial o desde el aspecto sociocultural, como se evidencia en la tercera perspectiva: la innovación es un modelo basado en la solución de problemas. Se trata de una postura pragmática y tecnócrata, sin aludir a las connotaciones que ambos términos pudieran representar y más allá de una posición ideológica. Bajo este enfoque, la innovación se entiende como la respuesta que se da ante un problema identificado en el contexto social y cultural.

Para combatir o superar un problema es necesario estudiarlo y tomar en cuenta su propio contexto, tratando de entenderlo en su conexión con la realidad social y cultural de un espacio determinado y una cierta comunidad. Esta perspectiva entiende que el problema no puede resolverse con los propios recursos de la comunidad ya que no cuenta de momento con los insumos necesarios (de ideas o procesos) para enfrentarlo; ni con los recursos del contexto donde se da, sino que se requiere buscar fuera de sí otras alternativas que puedan ser útiles para combatir ese problema, adaptando los recursos externos al propio contexto. En cierto modo, es una forma de importación de ideas y de adaptación de recursos. En esta perspectiva, como las anteriores, la innovación no tiene solo un fin económico específico, sino que su interés es principalmente social y adicionalmente práctico.

Los autores de este libro han demostrado que la innovación puede gestionarse desde el ámbito académico, con la aplicación de métodos de investigación provenientes de las ciencias sociales y las metodologías de innovación. La inserción de los autores-estudiantes presentados en ambos ámbitos, laboral y académico, fortalece su creatividad para desarrollar propuestas innovadoras en vinculación con sus supervisores y profesores. Los capítulos hacen evidente que en el proceso de adaptación de ideas desde otros contextos siempre es necesario considerar el propio contexto sociocultural.

Finalmente, la cuarta perspectiva de la innovación se enfoca en la transformación social, a partir del conocimiento y la aplicación de competencias profesionales. El modelo que surge a raíz de esta se basa en la gestión del conocimiento, la investigación y la formación de profesionistas y no conlleva un fin económico, sino un fin social, que busca generar un cambio en la comunidad mediante la aplicación del saber.

La aportación de este modelo es su perspectiva de que el desarrollo es el resultado de la aplicación y generación del conocimiento para el cambio y la mejora social, que no solo se trata de una simple importación de ideas externas. Este se logra con la generación y gestión del conocimiento científico, es decir, del conocimiento que se ha construido y probado mediante las leyes de la ciencia y es, por tanto, el más efectivo para lograr una transformación social.

Innovación, creatividad y cultura

Desde el punto de vista semántico, la innovación y la creatividad llegan a tener un cierto grado de sinonimia. Según el Diccionario de la Lengua Española, innovar significa “mudar o alterar algo, introduciendo novedades”; por su parte, la OECD (2007) la define como los cambios y mejoras significativos, aceptando que la naturaleza y el contexto de la innovación han evolucionado. Por otro lado, crear (facultad involucrada en la creatividad) es, entre otras acepciones, “producir algo nuevo” y “dar lugar a algo como consecuencia de una o varias acciones” (Real Academia Española, 2022; Kerr, 2023). Ambas definiciones tienen en común la producción de algo previamente inexistente; no obstante, el segundo modelo ideológico, que relaciona la innovación con la creatividad, proviene del ámbito de las políticas públicas culturales, y es a su vez un enfoque economicista más que social.

Esta perspectiva nos remonta a la década de 1990, cuando surgió en los órganos gubernamentales de políticas culturales de Australia la definición de lo que se conocería como *economía creativa* o *economía naranja* (Ferreiro-Seoane *et al.*, 2022), que aporta una versión alternativa de lo que serían las políticas públicas del sector cultural. Rápidamente, sus ideas se fueron expandiendo y adoptando, primero en otros países del ámbito anglosajón y luego en las diversas regiones del globo.

Bajo esta concepción, la cultura y la creatividad son usadas en las políticas culturales como conceptos intercambiables, como si se tratara de términos sinónimos; sin embargo, bajo el análisis académico quedaba claro que en realidad se trataba de un cambio ideológico con repercusiones importantes (Galloway & Dunlop, 2007).

La economía creativa basa sus políticas públicas en sustituir la promoción y el apoyo a las artes y la cultura por la promoción de la creatividad, entendida de un modo particular. La afinidad semántica entre cultura y creatividad daba pie a pensar que se trataba del mismo tipo de políticas culturales, cuando en realidad la intención era modificar las políticas públicas a partir de una ideología distinta de forma poco explícita, al intercambiar el término *cultura* por el de *creatividad* (Galloway & Dunlop, 2007).

Con la creatividad como carnada, a cuya promoción nadie se opondría por las implicaciones políticas que esto tendría en el discurso, se introdujo una nueva política cultural supeditada a la economía. Esta implica también un modelo de innovación basado en la economía y el mercado, es decir, reflejan un carácter capitalista que aparece como incompatible al apoyo y la promoción de la cultura, puesto que el fomento de esta va más allá de la simple riqueza económica.

La economía creativa se basa en la explotación de aquello que goce de protección como propiedad intelectual (Chávez, 2012), promoviendo lo que se conoce como industrias creativas –concepto alternativo al de industrias culturales–, que generan productos artísticos o culturales a cierta escala para un consumo masivo (Ferreiro-Seoane *et al.*, 2022). Los productos de interés son obras nuevas que gozan de la protección legal como propiedad intelectual, y dejan fuera aquellas de dominio público que no pueden explotarse económicamente (como elementos y manifestaciones del patrimonio cultural) por una productora cinematográfica, musical o editorial, por mencionar algunos ejemplos.

Al mismo tiempo, al conjunto de industrias consideradas como creativas se añadirían las empresas dedicadas a rubros que tradicionalmente no se engloban dentro de las industrias culturales, como las que involucran el diseño y la generación de nuevos productos, como los videojuegos, la moda y los automóviles. En el libro se ejemplifican algunas de estas creaciones en formatos de *software* electrónico y de acoplamiento de conceptos y teorías.

Así pues, el modelo de la innovación centrado en la creatividad, como modelo economicista basado en una ideología política, se entiende más allá de la sola aplicación de la capacidad de generar algo nuevo, como el interés de generar beneficio económico con la explotación en el mercado de los derechos de autor o *copyright*, perdiendo interés en aquello no explotable por ser de dominio público o por ser incompatible a este tipo de protección intelectual, como el patrimonio cultural, es decir, los museos, las tradiciones, los sitios y elementos arqueológicos, modelos educativos, aplicaciones tecnológicas en ámbitos no empresariales, por citar algunos ejemplos.

Este modelo genera un viraje en las políticas públicas de financiamiento solo hacia lo que puede originar un retorno económico gracias a la explotación de la propiedad intelectual, y reduce los recursos económicos a las iniciativas que, por su naturaleza, no pueden hacer tangible la innovación, por ejemplo, para las industrias que se dedican a la promoción de manifestaciones y elementos culturales y artísticos que tienen una finalidad más social, lo que disminuye el interés y la acción económica para apoyar.

Así, se da un fenómeno perverso en lo que se refiere a la industria creativa, que funciona alrededor del concepto creativo y de la cultura, sin verdaderamente tocarlo, enmascarando una intención netamente comercial y de beneficios solo accesibles por los particulares, que fuerzan, en cierta manera, la función gubernamental para su propio financiamiento, respondiendo a las leyes del mercado.

Cultural y cognitivamente una sociedad no puede avanzar a otro estado de inventiva si no se desarrollan los procesos de pensamiento necesarios para asimilar el conocimiento y la tecnología ya vigentes (Castells, 1996). En esta perspectiva entran en juego los recursos intelectuales de quienes pueden conseguir una transformación social mediante la aplicación de su conocimiento. De este modo, se vuelve crucial aquello que sirva para gestionar, transmitir y ampliar este conocimiento, porque será el fundamento para el surgimiento de alguna novedad que servirá para mejorar la convivencia social.

Conclusión

Con este libro se ha demostrado que el proceso innovador también puede gestionarse desde el ámbito académico, además del profesional, interacción que lamentablemente tiende a invisibilizarse, junto con las posibilidades de su replicación. Los autores de este libro representan el modelo que vincula la educación con el desarrollo social, puesto que mediante la innovación se pretende un cambio y una mejora en la vida en común. El desarrollo que se persigue no es solo económico, sino integral.

Bajo esta perspectiva, y según el interés de la obra, resalta la acción que para este cometido tiene la formación educativa, sobre todo la universitaria orientada a la transformación social mediante la innovación. Cabe destacar que, en principio, no toda formación tiene esta orientación, al menos no de forma explícita; sin embargo, para que la educación universitaria tenga un impacto social positivo, es necesario que los programas educativos se construyan y ejecuten con la intención de generar en los estudiantes competencias que les permitan desarrollar creatividad y sensibilidad social, además de un espíritu crítico, para que su práctica profesional esté orientada a buscar un sustento económico y aspiren a contribuir a la transformación de su comunidad mediante la generación y la aplicación de nuevas ideas y procesos.

En este sentido, en el suv se ofrecen programas de grado y posgrado² delineados bajo un enfoque de diseño y desarrollo de proyectos, donde la gestión del conocimiento se plantea como una estrategia cognitiva con la meta de desarrollar competencias transversales como la criticidad y la sensibilidad social, enfocadas al fomento de la innovación que genere cambios positivos en la comunidad.

Quienes participamos en la creación de esta obra coincidimos en que la comunicación de la innovación es una característica muy importante de cualquier proceso innovador, que puede realizarse internamente en la organización o grupo en donde ocurre, pero también de manera externa, buscando un mayor impacto y motivación de la inteligencia colectiva. Las formas en las cuales se pueden comunicar las ideas innovadoras, como se ha afirmado a lo largo presente libro, son aquellas que están al alcance de la comunidad universitaria.

El impacto de esta comunicación se puede dimensionar bajo los principios de conciencia, disfrute, interés, formación de opinión y comprensión (Burns *et al.*, 2003). Los trabajos recepcionales de los estudiantes de la Maestría en Desarrollo y Dirección de la Innovación del suv permiten desarrollar y comunicar las

² Por mencionar algunos de estos programas, las licenciaturas en Tecnologías e Información, en Desarrollo Educativo y en Gestión Cultural; las maestrías en Desarrollo y Dirección de la Innovación, en Generación y Gestión de la Innovación, en Gestión de la Cultura y en Gestión del Aprendizaje en Ambientes Virtuales; y los doctorados en Sistemas y Ambientes Educativos y en Gestión de la Cultura. En ellos los estudiantes y egresados comparten autoría con los académicos que tienen representación docente en dichos programas.

propuestas de los profesionistas que trabajan en diferentes áreas y representan la comunidad de los jóvenes universitarios motivados para resolver los problemas específicos de su contexto profesional, incluso prometen una influencia más allá de esa frontera. En esto se evidencia la intención de generar conciencia y comprensión para participar en la formación de opinión.

Las cuatro perspectivas de la innovación presentadas en esta obra y sus respectivos modelos la han enfocado desde distintos ángulos, resaltando aspectos diversos, según la disciplina desde la cual se define o en donde se le esté buscando aplicar. Se apela al interés particular de las personas y de las organizaciones del ámbito o sector de aplicación de la innovación, lo que permite la atención de las necesidades específicas y los intereses de cada uno, a partir de los niveles de conocimiento que manifiesta.

Estos productos académicos, como proyectos de investigación y trabajos recepcionales, desarrollan y comunican las propuestas de los profesionistas que trabajan en diferentes áreas y representan una comunidad motivada a resolver los problemas específicos de su contexto profesional. A lo largo de este libro se ha reflexionado sobre la importancia de la innovación que nace en el ámbito universitario, donde los estudiantes, apoyados por los profesores, actúan como motores y promotores de la innovación. Las propuestas que surgen en este contexto se centran en la resolución de problemas concretos con el objetivo de repercutir en la mejora social, impulsados por el gran potencial creativo, la aptitud por mejorar e investigar en el campo de la profesión con las herramientas, y los apoyos académicos necesarios.

Los trabajos exhibidos en esta obra intervienen en problemas sociales, culturales y productivos reales, los cuales sirven de ejemplos prácticos de la vinculación del ambiente universitario y los diversos ámbitos laborales de los estudiantes de grado y posgrado como el epicentro de esta conexión entre las esferas académica, laboral y social.

Este libro reflexiona principalmente sobre la importancia de dotar de visibilidad a la innovación con un enfoque abierto, orientado a la mejora y transformación social y el fomento de las condiciones requeridas para promover un

espíritu crítico y la sensibilidad para impulsar y reconocer lo que la innovación puede aportar a la comunidad, mediante la generación y gestión del conocimiento.

La innovación en el ámbito educativo, particularmente en el nivel universitario, implica diversas acciones como la actualización de los recursos humanos académicos, la facilitación de las herramientas y sistemas para el análisis y la intervención de situaciones específicas. De igual forma, requiere una apertura total desde la perspectiva del individuo y el esfuerzo conjunto de autoridades educativas, gubernamentales y de grupos de industriales y sociales para aprehender los productos de la innovación en la magnitud que hemos tratado de describir conceptual y prácticamente a lo largo de esta obra.

Hablamos de la relación entre innovación y desarrollo como una interacción de los aspectos que fomentan el desarrollo individual y grupal, y que es tangible en la mejora de su calidad de vida. Esta relación es evidente en el desarrollo tecnológico, el crecimiento empresarial e industrial y, particularmente, en el crecimiento de las expectativas y perspectivas de los individuos. Esto se observa en el crecimiento de la creación cultural y artística y en su disfrute por un número mayor de personas que se expresan y se reconocen como antes que participan en la modelación de su entorno.

Reconocemos que hay dificultades estructurales para potenciar las ideas creativas nacidas de la aplicación metodológica y sistemática de las estrategias de innovación, pero también que las semillas, dispersadas en la diversidad de contactos que se establecieron a través de los proyectos de innovación, continuarán motivando el crecimiento personal y profesional de sus autores. Las habilidades cognitivas que se generaron en la formación y el impacto organizacional y cultural que tuvieron los proyectos llevados a cabo por los estudiantes en las dimensiones profesionales de implementación son de los frutos que no se registran bajo las métricas convencionales de impacto de la innovación y la vinculación entre la universidad y la sociedad y entre la universidad y la industria.

Es necesario continuar con el impulso y fomento de las prácticas innovadoras a nivel nacional, sobre todo bajo su perspectiva social y cultural, explorando las experiencias y el potencial investigador de los recursos humanos que pueden

desarrollarse a partir de la formación y la investigación y del papel que tiene la gestión del conocimiento en el ámbito universitario, el cual funge como puente entre la comunidad profesional y la académica, para que este conocimiento incida en la mejora social y el desarrollo local y nacional.

Referencias

- Burns T. W.; O'Connor & Stockmayer S. M. (2003). Science communication: a contemporary definition. *Public understanding of science*, 12(1), 183-202. <https://doi.org/10.1177/09636625030122004>
- Castells, M. (1996). *La era de la información: economía, sociedad y cultura*. Siglo XXI.
- Chávez Aguayo, M. A. (2012). *Los consejos de las artes y el principio de "arm's length" en las políticas culturales subnacionales: un estudio comparativo entre Cataluña (España), Escocia (Reino Unido) y Jalisco (México)* (tesis doctoral). Universitat de Barcelona. <http://hdl.handle.net/10803/80453>
- Galloway, S. & Dunlop, S. (2007). A critique of definitions of the cultural and creative industries in public policy. *International Journal of Cultural Policy*, 13(1), 17-31. <https://doi.org/10.1080/10286630701201657>
- Ferreiro-Seoane, F. J.; Llorca-Ponce, A. & Rius-Sorolla, G. (2022). Measuring the Sustainability of the Orange Economy. *Sustainability*, 14(6), 3400. <https://doi.org/10.3390/su14063400>
- Kerr, B. (4 de agosto de 2023). Creativity. Encyclopedia Britannica: <https://www.britannica.com/topic/creativity/Research-on-the-creative-process>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y Oficina de Estadística de las Comunidades Europeas (EUROSTAT). (2007). *Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. <https://doi.org/10.1787/9789264065659-es>
- Real Academia Española (2022). *Diccionario de la lengua española*. <https://dle.rae.es/>
- UNESCO, Consejo Ejecutivo. (2021). UNESCO Strategy on Technological Innovation in Education (2022-2025) [conferencia]. *212th Session of the Executive Board*, UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378847>

SOBRE LOS AUTORES

Adriana Flores Piña

Maestra en Generación y Gestión de la Innovación, del Sistema de Universidad Virtual de la Universidad de Guadalajara, México. Es ingeniera Cibernética y en Sistemas Computacionales. Se desempeña como coordinadora de Establecimientos de Consumo Escolar en la Secretaría de Educación Pública. Colaboró en el Centro de Desarrollo Tecnológico Romualdo Tellería Armendáriz, en Pachuca, Hidalgo, como asesora y en la coordinación del área de transferencia tecnológica. ORCID: 0000-0001-8530-393X. Correo electrónico: afp83@hotmail.com

Ana Itzel Betanzos Rodríguez

Es licenciada en Contaduría Pública y egresada de la Maestría en Gestión y Generación de la Innovación, del Sistema de Universidad Virtual de la Universidad de Guadalajara, México. Es administradora y propietaria de una empresa de comercio; brinda asesorías profesionales en asociaciones comerciales de Fortín y de Boca del Río, Veracruz. Su línea de investigación es la gestión del conocimiento en las organizaciones. ORCID: 0000-0001-9128-4907. Correo electrónico: anaitzelbetanzos@hotmail.com

Inna Artemova

Doctora en Ciencias Filológicas con especialización en Lingüística. Es profesora de tiempo completo en el Sistema de Universidad Virtual de la Universidad de Guadalajara, México, donde dirige el cuerpo académico Creatividad, Innovación y Emprendimiento. Desarrolla dos líneas de investigación: paradigmas y procesos de innovación y emprendimiento, y problemas de convergencia tecnológica y ciencias humanísticas. ORCID: 0000-0003-0909-8406. Correo electrónico: artemova@suv.udg.mx

Jorge Sanabria-Z

Doctor en Ciencias Kansei. Es investigador asociado del grupo de investigación interdisciplinario Reasoning for Complexity (R4C-IRG), del Instituto para el Futuro de la Educación del Tecnológico de Monterrey. Es miembro del claustro docente del Doctorado en Innovación Educativa y profesor asistente en la Escuela de Arquitectura, Arte y Diseño. Es profesor adjunto en la Universidad Côte d'Azur (Francia) y miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel 1, México. ORCID: 0000-0001-8488-5499. Correo electrónico: jorge.sanabria@tec.mx

Jorge Eduardo Gaona Hernández

Ingeniero en Sistemas Computacionales y egresado de la Maestría en Generación y Gestión de la Innovación del Sistema de Universidad Virtual de la Universidad de Guadalajara, México. Cuenta con especialización en redes y sistemas distribuidos, así como diversas certificaciones profesionales. Tiene experiencia laboral de más de 20 años en la industria del *software*. Actualmente es director de consultoría y arquitectura para la nube. ORCID: 0000-0002-1051-1774. Correo electrónico: jorgegaona@yahoo.com

Marco Antonio Chávez Aguayo

Doctor Internacional en Gestión de la Cultura y el Patrimonio y máster universitario en Gestión Cultural (Universidad de Barcelona, España); máster universitario en Estudios Comparados de Arte, Literatura y Pensamiento (Universidad Pompeu Fabra, España); licenciado en Psicología (ITESO, México) y estudiante del

Doctorado en Derecho (IUAFA, México). *Chartered scientist* y *chartered psychologist* (Reino Unido); miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel 1, México. Profesor investigador del Sistema de Universidad Virtual de la Universidad de Guadalajara, México. ORCID: 0000-0001-6761-4830. Correo electrónico: marco.chavez@suv.udg.mx

Mónica Espinoza Torres[†]

Licenciada en Desarrollo Educativo, estudiante de la Maestría en Desarrollo y Dirección de la Innovación, del Sistema de Universidad Virtual de la Universidad de Guadalajara, México. Su investigación se centra en los laboratorios tecnocreativos para disminuir la deserción escolar en adolescentes y jóvenes, así como el desarrollo de las habilidades del siglo XXI.

Rosa Leonor Ulloa Cazarez

Doctora en Tecnologías de la Información. Es profesora de tiempo completo en el Sistema de Universidad Virtual de la Universidad de Guadalajara, México, y miembro del cuerpo académico Creatividad, Innovación y Emprendimiento. Cuenta con perfil PRODEP y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel 1. Sus líneas de investigación son la gestión del conocimiento, la analítica educativa y la innovación como proceso transversal-sistémico en las organizaciones. ORCID: 0000-0002-3868-0166. Correo electrónico: rosa.ulloa@udgvirtual.udg.mx

*Innovación y gestión del conocimiento:
estudios y casos desde el posgrado*
se terminó de editar en noviembre de 2023
en el Sistema de Universidad Virtual
Avenida La Paz 2453, Col. Arcos Vallarta
Guadalajara, Jalisco, México

Esta edición consta de 1 ejemplar

Editado en la Unidad Editorial de la Coordinación de Recursos
Informativos de UDGVirtual: Alicia Zúñiga Llamas, edición;
Karen Sofía González Vizcarra, Sergio Alberto Mendoza Hernández,
Leslie Angélica Garibay Raymundo, corrección de estilo y cuidado editorial;
Omar Alejandro Hernández Gallardo, diagramación;
Karla Rubio Ulloa, infografías y diseño de portada



En un mundo cada vez más competitivo, la innovación y la gestión del conocimiento son clave para el éxito de las organizaciones. En este libro se reúnen estudios y casos de investigación desarrollados por estudiantes de la Maestría en Desarrollo y Dirección de la Innovación del Sistema de Universidad Virtual, que analizan ambos temas desde una perspectiva multidisciplinar y aplicada.

Los autores estudian las tendencias en innovación, gestión del conocimiento y aprendizaje organizacional, y a través de narrativas sencillas ofrecen ejemplos prácticos de cómo aplicar estos conceptos en las empresas, las organizaciones y las comunidades. Por ello, este libro es una herramienta imprescindible para los profesionales que quieran desarrollar sus competencias en innovación y gestión del conocimiento, y que busquen comprender las últimas tendencias de estos temas, desde su aplicación en contextos que pueden resultar familiares para el lector.

El libro promete una lectura dinámica que incentiva la creatividad para aplicar estos conceptos en su contexto profesional. Cada capítulo lleva al lector por rutas de solución novedosas y de fácil aplicación.

ISBN: 978-607-581-060-7

