

Dictamen académico

Título de la propuesta: Convergencia del Conocimiento y la Innovación Social como factores de desarrollo de los Centros Públicos de Investigación Tecnológicos CONACYT.

Evaluador/a: [REDACTED]

Fecha de emisión del dictamen: 08 de noviembre de 2022.

Criterios de evaluación

(valore en una escala del 1 al 5, donde 1 es el valor mínimo y 5 el máximo)

Evaluación general

Correspondencia entre el título y el contenido	5
Relevancia, oportunidad e interés de la contribución	5
Solidez académica (rigor interpretativo y argumentativo)	5
Forma (Claridad en la presentación, lenguaje y coherencia)	4
Calidad estilística (corrección del lenguaje, claridad, precisión)	4
Documentación y citas (referencias normativas, doctrinales y jurisprudenciales)	5

Evaluación por áreas

1) Temática

La obra sometida a consideración, es pertinente de la que surgen reflexiones acerca de las instituciones encargadas de investigación desarrollo e innovación.

2) Solidez académica

Los autores de cada capítulo, demuestran no sólo el conocimiento del tema tratado, sino también han buscado innovar en la forma en que se presenta la información.

3) Coherencia, cohesión y forma

Tomando en consideración la temática y la solidez académica, el trabajo salva el análisis de coherencia, cohesión y forma de la propuesta de investigación.

Pese a ser una obra colectiva, las aportaciones demuestran coherencia temática y conceptual.

Existe hilo conductor entre capítulos.

4) Documentación y citas

Las referencias son adecuadas y suficientes.

5) Sugerencias

Dictamen

(elija una opción)

Aceptar sin cambios	☒
Aceptar con sugerencias	☐
Rechazar	☐

Firma de evaluador/a:



Dictamen de aceptación de la obra

Convergencia del Conocimiento y la Innovación Social como factores de desarrollo de los Centros Públicos de Investigación Tecnológicos CONACYT en el logro de la incidencia social en México.

Ciudad de México, 05 diciembre de 2022.

Se hace constar que la obra **Convergencia del Conocimiento y la Innovación Social como factores de desarrollo de los Centros Públicos de Investigación Tecnológicos CONACYT en el logro de la incidencia social en México**, cuyos coordinadores son: *Carlos Omar Aguilar Navarro* y *Juan Mejía Trejo*, fue sometida al proceso de aceptación de la editorial Tirant lo Blanch (<https://tirant.com/mx/tirant-editorial/>).

La mencionada obra está compuesta de los siguientes capítulos:

INDICE DE CONTENIDO	AUTOR/COORDINADOR
Capítulo 1 Producción tecnológica con incidencia social: El papel de un centro público de investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	<i>Carlos Omar Aguilar Navarro</i>
Capítulo 2 Retos agroalimentarios en CPI's con I+D+I para la seguridad alimentaria visibilizando su impacto social	<i>Ariel Vázquez Elorza</i>
Capítulo 3 Buenas prácticas agrícolas en el agua de riego para la producción de hortalizas frescas en el marco de la seguridad alimentaria Good agricultural practices in irrigation water for the production of fresh vegetables in the framework of food security	<i>Daniel Ruiz-Juárez</i>
Capítulo 4 Vinculación Universidad-Centro de Investigación y Prospectiva Tecnológica del Riñón Artificial	<i>Alvaro Rafael Pedroza Zapata</i>
Capítulo 5 Hacia una resignificación de los Centros Públicos de Investigación en México a partir de la ciencia crítica y la apropiación social del conocimiento Towards a resignification of the public research centers in Mexico from critical	<i>Cesaire Chiatchoua</i>



tirant
editorial

science and appropriation society of knowledge	
Capítulo 6 Proyectos de valor circular: Convergencia del conocimiento y la innovación social	<i>Martha Leticia Silva Flores</i> <i>Alejandro Garza Santibañez</i>
Capítulo 7 La innovación en la educación superior y los Centros Públicos de Investigación: COVID-19	<i>Omar Guillermo Arriaga Cárdenas</i>
Capítulo 8 La construcción colectiva del conocimiento: metodologías de investigación en red para superar el modelo de transferencia de tecnología	<i>María de la Concepción Sánchez Domínguez-Guilarte</i>
Capítulo 9 Discordancia entre salario por horas extra, estrés y fatiga en jornaleras de empaques de tomate de exportación: elementos para la Gestión de la Responsabilidad Empresarial de un CPI a la empresa agrícola	<i>Carlos Gabriel Borbón-Morales</i>
Capítulo 10 Modelo de Promoción y Transferencia de Conocimiento de Centros Públicos de Investigación mediante Reddit	Elias Alejandro Garcia Gutierrez

El proceso de aceptación establecido por esta casa editorial, cuyos detalles son consultables en <https://tirant.com/mx/tirant-editorial/#editorial>, consiste en el siguiente proceso:

- 1.- Recepción de originales
- 2.- Dictaminación
 - 2.1.- Fase de filtro: Dirección Ejecutiva del Consejo Editorial
 - 2.2.- Fase de dictaminación ciega. Se emite un dictamen académico que evalúa factores tales como la cantidad, pertinencia y forma de las referencias bibliográficas, la sustentación de argumentos, la pertinencia y enfoque del tema.

El resultado del proceso fue favorable para la publicación de la obra.

Sirva la presente para los fines que a los interesados convengan

Mtra. María Goerlich León



María Goerlich León

Directora de Tirant México

Carlos Omar Aguilar Navarro
Juan Mejia Trejo
Coordinadores

Convergencia del conocimiento y la innovación social como factores de desarrollo de los centros públicos de investigación tecnológicos CONACYT en el logro de la incidencia social en México

**Convergencia del conocimiento y la innovación
social como factores de desarrollo de los centros
públicos de investigación tecnológicos CONACYT
en el logro de la incidencia social en México**

COMITÉ CIENTÍFICO DE LA EDITORIAL TIRANT HUMANIDADES

MANUEL ASENSI PÉREZ

*Catedrático de Teoría de la Literatura y de la Literatura Comparada
Universitat de València*

RAMÓN COTARELO

*Catedrático de Ciencia Política y de la Administración de la Facultad de Ciencias Políticas y
Sociología de la Universidad Nacional de Educación a Distancia*

M^A TERESA ECHENIQUE ELIZONDO

*Catedrática de Lengua Española
Universitat de València*

JUAN MANUEL FERNÁNDEZ SORIA

*Catedrático de Teoría e Historia de la Educación
Universitat de València*

PABLO ÑATE RUBALCABA

*Catedrático de Ciencia Política y de la Administración
Universitat de València*

JOAN ROMERO

*Catedrático de Geografía Humana
Universitat de València*

JUAN JOSÉ TAMAYO

*Director de la Cátedra de Teología y Ciencias de las Religiones
Universidad Carlos III de Madrid*

Procedimiento de selección de originales, ver página web:

www.tirant.net/index.php/editorial/procedimiento-de-seleccion-de-originales

Convergencia del conocimiento y la innovación social como factores de desarrollo de los centros públicos de investigación tecnológicos CONACYT en el logro de la incidencia social en México

CARLOS OMAR AGUILAR NAVARRO
JUAN MEJÍA TREJO
Coordinadores



Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología
y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.

tirant humanidades
Ciudad de México, 2023

El Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ) es un Centro de Investigación adherido a la Coordinación de Medio Ambiente, Salud y Alimentación del Sistema de Centros Públicos de Investigación (CPI) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México. En el CIATEJ, se encuentra el Laboratorio de Prospección Tecnológica para el Desarrollo Innovador de los Alimentos y la Alimentación (PRO-TEAA) integrado por un grupo multidisciplinario de investigadores dedicados a identificar y generar conocimiento para transformar y construir el desarrollo innovador de los alimentos y la alimentación en México y otras regiones.

Este trabajo surge como resultado del proyecto 320388, llamado «PROPUESTA CONCEPTUAL QUE RELACIONA EL MODELO DE ADMINISTRACIÓN DE CONOCIMIENTO Y LA ADMINISTRACIÓN DE LA INNOVACIÓN SOCIAL EN UN CENTRO PÚBLICO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICO - CONACYT», convocatoria de Ciencia Básica y/o Ciencia de Frontera. Modalidad Paradigmas y Controversias de la Ciencia 2022.

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología
y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ)

Responsable legal:
Dra. Eugenia Lugo Cervantes

Responsable administrativo:
C.P. Citlalli Haidé Alzaga Sánchez

COORDINADORES DE LA OBRA

Dr. Carlos Omar Aguilar Navarro. Investigador del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ)

Dr. Juan Mejía Trejo. Profesor Investigador del Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas (CUCEA). Universidad de Guadalajara (UdeG)

Copyright © 2023

Todos los derechos reservados. Ni la totalidad ni parte de este libro puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética, o cualquier almacenamiento de información y sistema de recuperación sin permiso escrito de los autores y del editor.

En caso de erratas y actualizaciones, la Editorial Tirant lo Blanch México publicará la pertinente corrección en la página web www.tirant.com/mex/

Esta obra fue sometida a un proceso de dictamen por pares de acuerdo con las normas establecidas tanto por el comité editorial de Tirant lo Blanch México así como del comité editorial de la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Innovación SC (AMIDI)

Publicado en Guadalajara, Jalisco, México por el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ).

© CIATEJ 2022

Atribución-NoComercial-SinDerivadas

CC BY-NC-ND

La obra solamente se permite solo descargar y compartirla con otros siempre y cuando se den los créditos a la misma, pero no se permite cambiarla de forma alguna ni usarla comercialmente.

CIATEJ

Av. Normalistas 800, Colinas de la Normal.

Guadalajara, Jal. CP. 4270. México Tel: (33) 33455200 ext. 1118

<http://www.ciatej.mx>

© Carlos Omar Aguilar Navarro
Juan Mejía Trejo

© EDITA: TIRANT LO BLANCH
DISTRIBUYE: TIRANT LO BLANCH MÉXICO
Av. Tamaulipas 150, Oficina 502
Hipódromo, Cuauhtémoc, 06100, Ciudad de México
Telf: +52 1 55 65502317
infomex@tirant.com
www.tirant.com/mex/
www.tirant.es
ISBN: 978-84-19588-33-3 (Tirant lo Blanch)

Si tiene alguna queja o sugerencia, envíenos un mail a: atencioncliente@tirant.com. En caso de no ser atendida su sugerencia, por favor, lea en www.tirant.net/index.php/empresa/politicas-de-empresa nuestro Procedimiento de quejas.

Responsabilidad Social Corporativa: <http://www.tirant.net/Docs/RSC Tirant.pdf>

Listado de autores por orden de aparición

Carlos Omar Aguilar Navarro

Ariel Vázquez Elorza

Daniel Ruiz Juárez

Mónica Gutiérrez Rojas

Ramón Jaime Holguin Peña

Álvaro Rafael Pedroza Zapata

Marlene Lariza Andrade Guel

Christian Javier Cabello Alvarado

Cesaire Chiatchoua

José Carlos García Ramírez

Martha Leticia Silva Flores

Alejandro Garza Santibañez

Omar Guillermo Arriaga Cárdenas

Paola del Carmen Lara Magaña

María de la Concepción Sánchez Domínguez-Guilarte

Carlos Gabriel Borbón-Morales

Marisol Arvizu Armenta

Jesús Francisco Laborín Álvarez

ÍNDICE

<i>Prólogo.....</i>	15
EUGENIA DEL CARMEN LUGO CERVANTES	
<i>Producción tecnológica con incidencia social: el papel de un centro público de investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología ...</i>	19
CARLOS OMAR AGUILAR NAVARRO	
<i>Retos agroalimentarios en CPI con I+D+i para la seguridad alimentaria visibilizando su impacto social</i>	41
ARIEL VÁZQUEZ ELORZA	
<i>Buenas prácticas agrícolas en el agua de riego para la producción de hortalizas frescas en el marco de la seguridad alimentaria</i>	75
DANIEL RUIZ JUÁREZ	
MÓNICA GUTIÉRREZ ROJAS	
RAMÓN JAIME HOLGUIN PEÑA	
<i>Vinculación Universidad-Centro de Investigación y prospectiva tecnológica del riñón artificial</i>	103
ÁLVARO RAFAEL PEDROZA ZAPATA	
MARLENE LARIZA ANDRADE GUEL	
CHRISTIAN JAVIER CABELLO ALVARADO	
<i>Hacia una resignificación de los Centros Públicos de Investigación en México a partir de la ciencia crítica y la apropiación social del conocimiento</i>	129
CESAIRE CHIATCHOUA	
JOSÉ CARLOS GARCÍA RAMÍREZ	
<i>Proyectos de valor circular: convergencia del conocimiento y la innovación social</i>	155
MARTHA LETICIA SILVA FLORES	
ALEJANDRO GARZA SANTIBAÑEZ	

<i>La innovación en la educación superior y los Centros Públicos de Investigación: COVID-19</i>.....	187
---	------------

OMAR GUILLERMO ARRIAGA CÁRDENAS

PAOLA DEL CARMEN LARA MAGAÑA

<i>La construcción colectiva del conocimiento: metodologías de investigación en red para superar el modelo de transferencia de tecnología...</i>	207
---	------------

MARÍA DE LA CONCEPCIÓN SÁNCHEZ DOMÍNGUEZ-GUILARTE

<i>Discordancia entre salario por horas extra, estrés y fatiga en jornaleras de empaques de tomate de exportación: elementos para la Gestión de la Responsabilidad Empresarial de un CPI a la empresa agrícola...</i>	231
--	------------

CARLOS GABRIEL BORBÓN-MORALES

MARISOL ARVIZU ARMENTA

JESÚS FRANCISCO LABORÍN ÁLVAREZ

<i>Modelo de Promoción y Transferencia de Conocimiento de Centros Públicos de Investigación mediante Reddit</i>.....	249
---	------------

ELÍAS ALEJANDRO GARCÍA GUTIÉRREZ

Prólogo

Este libro integra los resultados de un proyecto de ciencia de frontera 2022 intitulado **“Convergencia del conocimiento y la innovación social como factores de desarrollo de los centros públicos de investigación tecnológicos CONACYT en el logro de la incidencia social en México”** bajo la dirección del Dr. Carlos Aguilar quien es investigador del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. El Dr. Aguilar se ha enfocado a estudiar la relación del conocimiento y la innovación social específicamente en los Centros de Investigación Pública.

La innovación y los mercados generan desigualdades y tensiones en la sociedad. Dada esta atmósfera, es necesario reevaluar la dinámica de la innovación y los mercados en la sociedad.

Se estima que la pandemia de COVID-19 a nivel mundial obligará a más de 250 millones de personas a entrar en pobreza, lo que demuestra la necesidad de proponer estrategias para abordar los problemas de la pobreza; una de ellas, es tratar el tema de la incidencia social en un Centro Público de Investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) con orientación aplicada. ¿Qué sucedería si un Centro de Investigación orientado a la aplicación del CONACYT, además de proponer soluciones tecnológicas innovadoras, desarrollara tecnología equitativa a bajo costo para los sectores desfavorecidos de una comunidad?, desde principios y prácticas sociales.

Esta es una de las razones por la que se desarrollo el libro a partir de la convergencia del conocimiento y la innovación social; en donde estos enfoques son fundamentales en tiempos de pos-pandemia COVID-19. El concepto de incidencia social es nuevo por lo que tiene mucho camino por recorrer, especialmente en México y en los Centros Públicos de Investigación con orientación aplicada. Debido a que es un tema que apenas cuenta con pocos años, para alcanzar su

compresión se necesita ciencia de frontera sólida con normas estables que sean aceptadas por una comunidad científica.

En este momento, el libro tiene la pretensión de ser un instrumento de reflexión para un Centro Público de Investigación con orientación aplicada, pero además un punto de referencia para todas aquellas personas que muestren interés por la incidencia social tecnológica. El libro se divide en 10 capítulos, cuyo diseño en forma de triángulo invertido va desde lo normativo y políticas públicas hasta casos específicos, siguiendo el proceso de reflexión de los colaboradores.

El primer capítulo tiene como objetivo plantear criterios comunes y marcos de referencia en cuanto a incidencia social y producción tecnológica; el segundo capítulo reflexiona sobre los retos que enfrenta una población agropecuaria para acceder al conocimiento, innovaciones y tecnología que mejoren sus procesos. El tercer capítulo describe las medidas de prevención de los riesgos sanitarios ocasionados por la pandemia del COVID-19. El cuarto capítulo reflexiona sobre cómo el Centro de Innovación Social de Alto Impacto del Estado de Jalisco (CISAI) ha colaborado con el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) en los aspectos sociales y científicos de la hemodiálisis. El quinto capítulo presenta algunas propuestas para la apropiación social del conocimiento generado en el Sistema de Centros Públicos del CONACYT. El sexto capítulo analiza la convergencia del conocimiento y la innovación social como factores de desarrollo económico en la Zona Metropolitana de Puerto Vallarta (ZMPV), brindando una descripción del proyecto de economía circular bajo modelos de negocio inclusivos y esquemas de sostenibilidad económicos, social y ambiental, utilizando quitosano como bioplaguicida en cultivos de sandía en ZMPV. El séptimo capítulo analiza cómo los paradigmas educativos existentes han sido modificados por la pandemia de COVID-19, por lo que los Centros Públicos de Investigación y las Universidades deben fortalecer su colaboración, para fomentar la competitividad y el crecimiento económico y social.

El capítulo octavo contextualiza la construcción colectiva del conocimiento para que la transferencia de tecnología se realice mediante enfoques horizontales en los modelos de innovación, a partir de la generación de redes horizontales de intercambio de conocimiento y experiencias (RHICE) donde las personas usuarias participen no solo en el proceso de recepción de la tecnología, sino también en el diagnóstico del problema a resolver, la generación la propuesta de solución, y su aplicación y sustentabilidad. El noveno capítulo informa cómo, desde la responsabilidad social empresarial, el CIAD AC ha implementado un esquema de gestión de la responsabilidad social como modelo inclusivo de negocios en las empresas agrícolas. En el décimo capítulo se describe un modelo hipotético en el que un Centro Público de Investigación con orientación aplicada utiliza la red social Reddit para que los usuarios accedan a información sobre los desarrollos tecnológicos y, con ello, se divulgue el conocimiento.

El libro presenta criterios y marcos de referencia académicos, en donde no fue sencillo identificar propuestas. De esta forma, es un primer paso para proponer estructuras e ideas que aporten al debate y permitan alcanzar acuerdos en temas de incidencia social, y así, progresar en el conocimiento de la ciencia de vanguardia. Como resultado no planeado, se logró una red de investigadores interesados en el tema de la incidencia social en un Centro de Investigación con orientación aplicada del CONACYT, en donde la red busca aprender y progresar en el tema, y permitir despertar el interés en los estudiantes de posgrados.

El libro es un primer paso en el camino, el cual busca devolver a la sociedad el trabajo que demandó el diseño y la ejecución del proyecto. El siguiente paso será hablar de los indicadores y las buenas prácticas de los Centros de Investigación con orientación aplicada, con el fin de seguir aprendiendo y conformar un criterio y metodología respecto al tema. Asimismo, se propone a corto plazo establecer criterios para la identificación y selección de tecnologías de bajo costo equitativas, así como herramientas para su transferencia y medición.

Finalmente este libro además de abrir una perspectiva de reflexión y análisis de la innovación social contribuye a la difusión del conocimiento y ciencia en el País.

Dra. EUGENIA DEL CARMEN LUGO CERVANTES

*Directora General del
El Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología
y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ)*

Producción tecnológica con incidencia social: el papel de un centro público de investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CARLOS OMAR AGUILAR NAVARRO

*Investigador del Centro de Investigación y Asistencia en
Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ)*

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9881-0236>

Resumen

En diferentes periodos y lugares, diversos autores han reflexionado sobre el papel de la producción tecnológica. Sabato es un clásico en América Latina en lo referente a la producción tecnológica. El artículo recoge una serie de reflexiones y limitaciones que tiene la incidencia social para ser considerada en la producción tecnológica de un Centro Público de Investigación con orientación aplicada del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. El tema en cuestión busca proponer criterios comunes y marcos de referencia consensuados respecto a la incidencia social y la producción tecnológica.

Palabras clave: producción tecnológica, incidencia social, transferencia de tecnología, impacto social, propiedad intelectual.

Abstract

In different periods and places, various authors have reflected on the role of technological production. Sabato is a classic in Latin America in terms of technological production. The article collects a series of reflections and limitations that social incidence must be considered in the technological production of a Public Research Center with an applied orientation of the National Council of Science and Technology. The topic in question seeks to propose common criteria and agreed reference frameworks regarding social incidence and technological production.

Keywords: technological production, social incidence, technology transfer, social impact, intellectual property.

Introducción

Problemática

Actualmente, la inmersión de un país industrializado en la dinámica de la globalización comporta varios retos que este debe encarar y superar. El primero es su transformación en una sociedad de la información, prerequisite para llegar a ser una economía basada del conocimiento. Se trata de un desafío complejo debido a que en este proceso de cambio están implicados los ámbitos social, económico y político del país. Por ello, es importante conocer las formas a través de las que en el ámbito espacial de referencia —en este caso, México— se produce la tecnología, especialmente la que genera un Centro Público de Investigación (CPI) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) con orientación aplicada, dado el relevante papel que juega en nuestro Sistema de Nacional de Ciencia y Tecnología.

La investigación realizada en un CPI tecnológico del CONACYT pueden ser considerada un punto de partida para la creación de conocimiento en determinadas áreas estratégicas de un sector productivo. A fin de lograr este objetivo, se implementan de forma sistemática procesos para conocer el mercado, su escalamiento, así como para comprender en detalle la ingeniería subyacente a la tecnología. En otras palabras, estas dinámicas cognitivas permiten evaluar si la institución académica puede transferir tecnología o brindar servicios especializado al sector productivo.

Teniendo en cuenta el contexto y la evaluación que requiere la tecnología producida en un CPI del CONACYT con orientación aplicada para ser transferida, es preciso reflexionar también sobre si esa producción tecnológica tiene impactos indirectos, entre ellos la incidencia social. Dicho otro modo, es importante saber si, además de los impactos directos relacionados con el crecimiento económico, la generación de empleo y el avance de la ciencia, tecnología e innovación (CTI), puede generar impactos indirectos.

Si bien no hay duda de los efectos de un CPI del CONACYT con orientación aplicada en el desarrollo económico, sus impactos no tienen la misma magnitud en otras dimensiones de la sociedad o en los diversos grupos que la conforman. La conferencia de las Naciones Unidas sobre el Comercio y Desarrollo (INCTAD, UNCTAD por sus siglas en inglés) señaló en un reporte fechado en 2021 que las diversas dimensiones de la innovación han generado impactos negativos en el ambiente, perjudicando las cadenas productivas primarias y agravando las desigualdades sociales. El documento indica que durante los últimos años la sociedad ha experimentado un crecimiento importante que ha repercutido en la mejora de su nivel de vida y salud. Sin embargo, ese mismo informe señala que en el mundo hay casi 800 millones de personas en una situación de pobreza extrema¹ y que las desigualdades se han incrementado.

Existen pocos estudios dedicados a determinar con precisión si la PT de un CPI ha incidido de forma positiva en la reducción las brechas de desigualdad en diferentes regiones del país. En 2018, en México había 9.3 millones de personas en situación de pobreza extrema;² los estados de la región sur sureste eran los más afectados por este fenómeno.

La realidad mexicana muestra un sesgo en los ingresos y bienestar social de ciertos sectores de la sociedad que genera la vulnerabilidad de esos colectivos. Un ejemplo de ello puede verse en la encuesta nacional sobre la disponibilidad y uso de tecnologías de la información en hogares (INEGI, 2019), cuyos resultados reflejaron que solo el 44.3% de los hogares del país cuenta con una computadora.

En 2018, el PIB de México en materia de ciencia y tecnología representó apenas un 0.31% (Banco Mundial, 2020) Este porcentaje es inferior al observado en otros países de la OCDE, que en 2018 fue del 2.4%. Este modesto presupuesto en ciencia y tecnología afecta

¹ De acuerdo con la ONU, el umbral de pobreza internacional es de 1.90 dólares diarios.

² Equivale al 7.4% de la población, según los datos del CONEVAL.

a todo el país, algunos estados —tal es el caso de los de la región sureste— han tenido un desempeño claramente inferior a otras y se han rezagado. En otros términos, el crecimiento no es un objetivo en sí mismo, sino un medio para elevar las condiciones de vida de la población. Crecer más rápidamente es una condición necesaria, mas no suficiente, para eliminar las disparidades socioeconómicas existentes en un país.

El Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PE-CITI) 2021-2024 reconoce que la incidencia social es uno aspectos más importantes para promover la independencia y desarrollo económico de una nación. Desde que se publicó el informe del Comité intergubernamental de ciencia y tecnología para el desarrollo, celebrado en la sede de las Naciones Unidas el día 4 de junio de 1982, México reconoció que la cooperación y la tecnología constituyen objetivos clave para su desarrollo (Naciones Unidas, Cuarto periodo de sesiones, 1982) Sin embargo, es necesario reflexionar sobre los mecanismos a través de los que se produce la tecnología en el siglo XXI desde la perspectiva de las Naciones Unidas.

El propósito del documento citado es aportar elementos para articular una conceptualización de la PT que considere la incidencia social a fin de lograr la superación de la creencia generalizada de acuerdo con la cual la PT no es otra cosa que ciencia aplicada y que, por lo tanto, para obtenerla es suficiente producirla prescindiendo de la necesidad de analizar sus valores debido a que se asume como neutra y se concibe como dotada de un alto nivel de abstracción.

Además, se pretende reflexionar sobre la forma a través de la que se produce la tecnología porque esta solamente se conoce de forma periférica y marginal en el sector productivo, las Universidades o los CPI. Esa es la razón de que diversos sectores ignoren la relación entre la PT y la incidencia social, y confundan o asocien la cuestión con la responsabilidad ambiental. La realización de una reflexión profunda respecto al sistema de CTI excede los propósitos de este artículo, que solamente trata de contextualizar el sistema de CTI para reflexionar sobre el vínculo entre la PT y la incidencia social.

Metodología

La cuestión abordada en este capítulo parte de un enfoque fáctico, empírico y teórico, y remite a la observación, la descripción, la historia y la interpretación. Este es, por supuesto, el propósito de una investigación científica que tiene como referencia un aspecto de cualquier realidad con respecto al cual la investigación procura describir y explicar la forma a través de la cual esta puede ser comunicada de manera racional y con base en hechos comprobables. En este sentido, la metodología utilizada adopta un enfoque *descriptivo, explicativo y prospectivo*. El tema en cuestión puede ser descrito ajustada y limitadamente, si bien la aportación tendrá dos carencias: la primera de ellas ayudará escasamente a la explicación causal del tema y, por tanto, poco aportará al conocimiento práctico. Una manera de calibrar la dimensión causal es analizar sus posibles impactos en el futuro; por ello, este estudio integra el concepto prospectivo en la narrativa para elaborar una proposición prospectiva. El futuro se presenta duro y difícil, por no decir despiadado, para quienes lo descuidan o evitan sesgar para continuar con el pasado (Rodrigo, 2013)

Producción tecnológica

En el siglo XXI, el modo de producir tecnología ha cambiado drásticamente y se ha transformado en una actividad específica para legitimar la identidad económica de un país. Sin embargo, las economías en desarrollo tratan de integrarse en esta dinámica atendiendo a su legislación retórica y vaga e ignoran la incidencia social de la producción de tecnología.

Tras la publicación del informe del Comité Intergubernamental de Ciencia y Tecnología, diversos autores han explicado tanto la relación entre ciencia y tecnología como el vínculo entre ciencia y economía, así como la función de la investigación y desarrollo (I+D) como actividad productiva en la empresa y su relación con el desarrollo económico de un país. Sin embargo, el estado del arte refleja la existencia de escasa literatura orientada a formular un marco con-

ceptual de referencia para analizar el modo de producción tecnología y su incidencia social, carencia asociada a las dificultades para establecer una relación entre PT y la incidencia social no solo en términos macroeconómicos (Economía del Conocimiento y Crecimiento Económico), sino también en términos microeconómicos (I+D y su retorno de inversión), dado que los obstáculos y las dificultades teóricas para acometer esta tarea no tienen una sola causa, cuestión que será tratada más abajo.

Para el de la voz, el fondo de la dificultad radica en la utilización de la PT en un solo modelo,³ (Solleiro, 2016) porque en principio parece lógico y razonable. Se trata de un modelo en el que la innovación se obtiene a partir de un proceso de innovación determinado por la empresa o el CPI que es exitoso si es utilizado en los países industrializados; sin embargo, en las economías emergentes es un chaleco de fuerza porque el modo de producción tecnológico se blinda mediante una apropiación tecnología —la patente— conforme a criterios internacionales en los que la patente se convierte en un serio obstáculo para la comprensión de su incidencia social.

Para comprender lo expuesto, es importante conceptualizar el modo de producir tecnología porque suele emplearse con significados diferentes. Al respecto, se tomará la referencia de Sabato (1982), que distingue en primer lugar la naturaleza homogénea de producir en una época determinada, es decir, el modo de producción capitalista o el modo de producción feudal, entre otras; la segunda acepción del modo de producir tecnología tiene relación con las distintas formas de organizar la producción en una misma época; por ejemplo, la producción en la empresa a diferencia de la producción realizada a nivel artesanal, (Solleiro, 2016), sentido, este último, que será utilizado en

³ Por modelo se entiende la gestión tecnología utilizada en la empresa. Solleiro (2016) lo define como «el conjunto de técnicas que permiten identificar el potencial y los problemas tecnológicos en una empresa, para diseñar e implementar los planes de innovación y las mejoras continuas, con la finalidad de reforzar la competitividad».

del mismo modo que los clásicos Adam Smith y Karl Marx (Marx, 1976). De acuerdo con Sabato (1982: 44), a lo largo de la historia de la humanidad el modo de producción de la tecnología se ha desarrollado diacrónicamente a través de tres modelos diferentes:

1. El artesanado: en este modelo, las habilidades del artesano le permitían producir mercancías por sí mismo.
2. La manufactura: consiste en dividir la actividad productiva a fin de que los trabajadores realicen una serie de tareas articuladas (manufactura) que antes era realizada por una sola persona para producir la mercancía.
3. La industria moderna: se caracteriza por la interacción de la maquina en el proceso, lo que comporta la racionalización del proceso productivo, la asignación de nuevas tareas a los operarios y las destrezas para la mecanización.

En cuanto a la palabra «tecnología», hacia 1820 Jacob Bigelow utilizaba el concepto en sus clases de Harvard para referirse a las «aplicaciones prácticas de la ciencia» (Sabato, *Ibidem*) Por lo que respecta a la palabra «científico» como condición diferente a la del «filósofo natural», empezó a utilizarse a finales de XIX (Sabato, *Ibidem*). El uso de estos conceptos se consolidó cuando la carrera de ingeniería ocupaba el segundo lugar como profesión en los Estados Unidos (Nobel, 1977); previamente, estos conceptos no se utilizaban en el idioma inglés. Desagulier, un suizo, señaló la ausencia del concepto de ingeniero en el léxico utilizado en Inglaterra y para identificar a estos profesionales recurrió a la palabra francesa ingénieurs (Sabato, *Ibidem*)

A fin de ejemplificar los conceptos/modelos mencionados arriba, se utilizará la referencia histórica de Sabato, en la que autor parte de la máquina de vapor para marcar la diferencia entre la producción tecnológica artesanal y la producción tecnológica en la revolución industrial. La creación de la máquina de vapor se remonta a 1606, cuando Giambattista della Ponta acreditó artesanalmente que el la potencia del vapor para elevar el agua. Los resultados prácticos se obtuvieron en 1663, cuando Thomas Newcomen, en colaboración

con T. Savery, presentaron una patente de diseño para construir la primera máquina de vapor utilizando el principio de Giambattista della Porta con el propósito de bombear agua desde las minas; además de acreditar una razón práctica, esta patente fue impulsada por razones comerciales, dado que el costo de bombear el agua con caballos era de 24 chelines por unos 67 000 galones de agua. En contraste, si se utilizaba, la máquina patentada podían bombearse 250,000 galones por solo 20 chelines (Pacey, 1945)

Este fue el primer ejemplo de hibridación de ciencia, tecnología y negocio que constituyó el rasgo característico de la Revolución Industrial: la explotación directa de la tecnología. A finales del siglo XIX, la tercera etapa del desarrollo de los modos de producción se manifestó de una forma muy marcada en las grandes corporaciones. Tal es el caso, por ejemplo, de la empresa Bayer. Cuando los directivos de esta compañía repararon en que el desarrollo de colorantes sintéticos exigía mayores conocimientos básicos, la empresa contrató a tres químicos universitarios calificados para que trabajaran a tiempo completo en el desarrollo de nuevos colorantes y aplicaciones. La estrategia de la empresa se materializó en 1876, cuando en Alemania se aprobó una ley de patentes que establecía que era una infracción utilizar colorantes desarrollados por otras empresas —práctica generalizada en ese momento—, razón por la cual Bayer decidió realizar una división de trabajo entre los químicos en virtud de la cual un grupo se dedicaría a procesos y otro a investigación. Tiempo después se convertiría en un laboratorio localizado en una Universidad.

A partir de ese momento, la I+D se convirtió en una actividad propia de Bayer, es decir, una profesión independiente aunque enmarcada en el seno de la empresa. Esta situación permitió a la compañía investigar y fabricar productos farmacéuticos antes de la Primera Guerra Mundial, un modelo que se replicó en otras partes del mundo a partir de 1914 con la finalidad de innovar y aumentar la competitividad de las empresas. Por ello, la I+D comenzó a definir una actividad diferenciada en los procesos industriales. En esa misma época, en los Estados Unidos, Thomas A. Edison, figura legenda-

ría contemporánea, se propuso crear «un invento menor cada diez días y un invento importante cada seis meses aproximadamente», de ahí que desarrollara numerosas patentes (1,093) a lo largo de su vida, incluyendo la de la lámpara.

En resumen, «se había iniciado un nuevo modo de producción tecnológica que requiere un equipo de personas calificadas, un método, recursos materiales y financieros, un propósito bien definido y acceso al mercado para vender los bienes producidos por ese equipo» (Sabato, 1982). La tecnología tiene una función asociada al modelo productivo y está determinada por un precio para que pueda ser considerada una mercancía. Por esa razón, la tecnología, como cualquier otra mercancía, debe tener un valor de uso y un valor de cambio, conceptos lamentablemente confundidos cuando se realiza transferencia de tecnología por parte de una corporación, universidad o centro de investigación con orientación aplicada. Al contar con un elemento que sirve para algo y que es producido para ser intercambiado en el mercado, la mercancía adquiere dos propiedades. En primer lugar, es un objeto útil, y cuando llega al mercado adquiere un estatus social definido, un valor (Hunt, 1972) asociado a la función social de la estructura económica de un país o una sociedad determinados.

En este marco conceptual, la generación del conocimiento y su apropiación —entendiendo este último concepto como el marco regulatorio de los mercados de innovación en los sistemas económicos (las patentes) (Agustin, 2016)— permite analizar las relaciones de las investigaciones con las economías en diferentes países. Sin embargo, estos estudios enfrentan determinadas limitaciones, dado que el análisis funcional del conocimiento en la economía no es utilizado para evaluar el cambio incremental respecto a la generación y apropiación del conocimiento, sino para analizar su discontinuidad, y las discontinuidades no permiten explorar fácilmente las tendencias pasadas; debemos, pues, aceptar que los datos ofrecidos por la PT no permiten extraer conclusiones, pero sí posibilitan que comience

a construirse una visión que, si bien puede ser imprecisa, también puede ser temprana u oportuna.

Por consiguiente, la propuesta de una visión de la incidencia social es una oportunidad para construir un estudio sobre la relación entre la incidencia social y la PT. Existen abundantes estudios sobre la integración de la ciencia en la economía (sistemas nacionales de innovación, parques tecnológicos, centros de investigación etc.), pero todas estas investigaciones se han realizado en el contexto de las economías de mercado que son diferentes en su estructura y gestión, pero similares en su forma de apropiación o función.

Como se ha señalado, la uniformidad del modelo productivo respecto a la generación del conocimiento ha sesgado su incidencia social, pues la gran mayoría de los estudios sobre el tema se concentran en el debate sobre la generación y divulgación del conocimiento e ignoran el problema más importante, que es la apropiación, en la que régimen de propiedad intelectual juega un papel esencial. Si un régimen de propiedad intelectual contemplara la dimensión social de cualquiera de sus figuras, esto permitiría distinguir un sistema socioeconómico de un país respecto a su modelo de PT.

Tras la reforma constitucional en materia de derechos humanos aprobada en México en el año 2011 y la consagración del derecho humano a la ciencia integrado en el sistema de CTI de nuestro país, los mercados de innovación —y, más específicamente, el régimen de la propiedad intelectual— debe ser conceptualizado como un dispositivo de generación continua de beneficios en una sociedad.

Por lo dicho, es necesario reflexionar y replantear el modo en que, a partir de las capacidades de un CPI con orientación aplicada, el CONACYT puede atender las necesidades y las prioridades sociales, culturales y económicas, que están en constante evolución; con respecto a ellas, la dimensión económica tiene como referencia las demandas del mercado, mientras que la incidencia social es una tendencia o provocación al mercado. Ello genera contradicciones en el sistemas de valores vigentes y el modo de realización, dado que en algunos casos favorece al mercado. Sin embargo, esto no debe ser

considerado una transformación en beneficio de los primeros, dado que el valor de la incidencia social no reside en su contenido, si no en su finalidad propositiva, crítica o emancipatoria respecto a un modelo económico representado por un sector, así como en la jerarquía de valores propuestos por la modernidad.

Incidencia social

Uno de los retos más importantes que enfrenta un sistema de CTI en América latina es el impulso de la demanda de conocimiento y el robustecimiento el sistema para poder entender a un sector vulnerable; por consiguiente, deben definirse de manera prioritaria las demandas de conocimiento en el sistema de CTI para integrar la incidencia social en la PT, pues este binomio es un factor importante que opera como requisito para que un sistema de CTI pueda tener un impacto en la sociedad.

Cualquier reflexión relativa a la incidencia social de un CPI del CONAYT con orientación aplicada debe considera un constructo para integrar la incidencia social en su PT. El de la voz coincide con Arocena (Rodrigo, 2013) y debe tomar en cuenta 4 elementos, a saber:

- Explicar los valores relacionados con el tema en cuestión (fin).
- Conocer y entender de forma objetiva y racional el tema (propósito).
- Anticipar las evoluciones más probables (prevención).
- Proponer alternativas de acción viables y deseables (prospectiva).

Estos elementos deben utilizarse de forma conjunta y no aislada para que se adapten a cualquier enfoque normativo enderezado a integrar la incidencia social en un CPI con orientación aplicada. En ocasiones, los sistemas de valores de un CPI en pueden diferir en los fines más que en los medios. Por lo general, el debate sobre el propósito de la incidencia social de un CPI se puede paralizarse en torno a

los aspectos negativos o positivos de la cuestión porque se centra en los medios para lograrlos. Para evitar esta barrera, un CPI puede empezar a buscar acuerdos respecto a los *fin*es de la cuestión, la visión del CPI o su programa institucional.

La integración de la incidencia social en un CPI puede tener su origen en un aspecto normativo como el derecho humano a la ciencia, un derecho humano cuyo reconocimiento persigue que el desarrollo tecnológico sea accesible a la sociedad para reducir la pobreza y desigualdad.

Esta concepción tiene como eje central el acceso a la ciencia en sus diferentes manifestaciones sin tomar en cuenta las formas para lograr este objetivo. En este contexto normativo, el papel del CPI tendría que fomentar, por una parte, sus capacidades tecnológicas y, generar, por otra, ciertas herramientas de transferencia de tecnología de bajo costo para que la población vulnerable acceda al servicio o desarrollo tecnológico.

Este enfoque atribuye investigador un rol muy importante para lograr la incidencia social del derecho humano porque apunta a su capacidad individual para construir el derecho a valorar. A su vez, esta perspectiva genera una tensión entre la preferencia del mercado y el ejercicio de un derecho, y plantea, por ello, retos importantes a un CPI de cara a la construcción de acciones y el establecimiento de interrelaciones que permitan integrar la incidencia social en el Centro.

Empezar por el *fin* en lugar de por el *propósito* permite generar una suerte de brújula para mantener o recuperar la dirección y el equilibrio entre el mercado y la incidencia social y evitar, así, un sesgo largo y complejo para los objetivos del Centro.

El *fin* es la referencia, pero la realidad limita la finalidad; por ello, al contemplar el fin debe conocerse lo qué sucede en la realidad, cómo sucede y por qué sucede para tratar de hallar un punto de un equilibrio entre la realidad y la normatividad porque esta última condiciona de manera significativa la finalidad de un CPI con orientación aplicada.

Por su parte, el *propósito* hace referencia a la relación entre lo deseable y lo viable respecto a las actividades de un CPI. Esto quiere decir que las aspiraciones deben estar ponderadas con las limitaciones y prácticas del Centro; el sentido común sugiere que en un proyecto la incidencia social sea contemplada en términos conceptuales o experimentales en lugar de integrarse de forma explícita o imperativa, dado que esta acción puede servir para matizar los debates respecto a la incidencia social en un CPI.

Para diseñar el propósito, debe conocerse el enfoque descriptivo-explicativo del Centro. Mokyr y Lundavall observan que, para ello, es pertinente conocer la forma a través de la cual se accede al conocimiento y al uso de este, así como el *problema del conocimiento en el (sub)desarrollo*, elementos que impactan en la PT (Mokyr, 1992).

El acceso y el uso del conocimiento tienen en común el hecho de que son procesos de aprendizaje. En términos amplios, el proceso de aprendizaje presenta dos modalidades: (i) *aprender-estudiando* para adquirir conocimiento en el transcurso del tiempo, y (ii) *aprender-resolviendo* participando en problemas que implican conocimiento y solución de problemas no rutinarios (Lundvall, 1988).

La segunda modalidad (aprender resolviendo) no es menos importante que la primera (aprender estudiando), pero es más difícil de medir. Si el indicador del primero es el acceso a la enseñanza superior, el indicador del segundo es la cantidad de investigadores en relación con la población o el gasto del PIB en investigación y desarrollo etc. Por consiguiente, esta es una aproximación primaria que constituirá un reto para un CPI con orientación aplicada a fin de que mida su incidencia social teniendo como referencia la línea divisoria del aprendizaje. En esta, una modalidad presentará dificultades para integrar la incidencia social, dado que, a diferencia de los centros universitarios, el propósito de un CPI se construye mediante el proceso aprender resolviendo.

Lo expuesto no implica necesariamente a la realización de un análisis prospectivo, pero es un factor determinante para desarrollar o proponer indicadores en un CPI con incidencia social. Desde este

punto de vista la cuestión del subdesarrollo, la realidad de México se vincula con los esquemas de aprendizaje existentes y, como se indicó al inicio de la sección, con la escasa demanda de conocimiento será un factor para que un CPI con orientación aplicada pueda desdoblarse en su fin la incidencia social. La falta de demanda proveniente del sector productivo y de innovación será un factor relevante, dado que el sector productivo tendrá la perspectiva que los nuevos desarrollos son escasamente rentables.

Ahora bien, lo *preventivo* y lo *prospectivo* mantienen una relación interactiva y sistemática en un ecosistema de innovación. Varios autores consideran que, a partir de la teoría de sistemas, la innovación no fomenta por sí misma la disminución de la pobreza y desigualdad; por ello, las orientaciones preventiva y prospectiva pueden contribuir a integrar la incidencia social en un CPI. Desde esta perspectiva, un modelo de innovación podría contemplar tres dimensiones: enseñanza, investigación y cooperación. La tercera dimensión puede haber sido específicamente abordada en los trabajos de Sutz (2007) y Arocena, Gregersen y Sutz (2010).

La cooperación implicaría, entre otras cuestiones, la utilización del principio de tecnología equitativa y/o inclusiva, que, en su caracterización de un CPI, colocar entre sus capacidades de I+D la incidencia social de su PT. La integración de la cooperación en un ecosistema de innovación es un paso cuyo diseño resulta complicado porque debe contemplarse, además, la cuestión del impacto social. La asunción del riesgo de integrar la incidencia social de la PT de un CPI con orientación aplicada puede ser aleccionadora y, en sí misma, valiosa. Uno de los primeros pasos sería conocer las metodologías para percibir la demanda social y las necesidades de la economía social solidaria.

Se trata de un tema cuya integración en la estructura de un CP es complejo, sobre todo en el rubro de financiamiento, pues la inclusión de esta división dependería, en primer lugar, de la colaboración inter y transdisciplinaria entre los investigadores del centro, de la im-

plementación de políticas públicas, de la sociedad civil y del sector productivo.

Como se señaló al principio, para comprender la incidencia social de la PT de un CPI se sugiere adoptar una perspectiva y una referencia normativa, dado que en ocasiones los valores de un CPI pueden generar tensiones con la norma; una de ellas es la regulación de la propiedad intelectual, que es considerada una herramienta importante para un CPI con orientación aplicada.

La Organización Mundial de la Propiedad Intelectual define la propiedad intelectual (PI) como las creaciones de la mente: invenciones, obras literarias y artísticas, así como símbolos, nombre e imágenes utilizadas en el comercio. La PI se divide en dos categorías, i) la propiedad industrial (invenciones, modelos de utilidad, marcas, diseños industriales etc.); y ii) el derecho de autor, que incluye obras literarias, los derechos conexos de los artistas etc. En otras palabras, la PI es la aplicación comercial de una idea que trata de resolver un problema técnico o la expresión artística de una idea. Para la PT, la PI no son propiamente los productos, sino la investigación que ha dado lugar a su producción.

Como se ha dicho, la PI se divide en dos categorías. La que guarda mayor relación con este capítulo es la propiedad industrial, dado que aborda temas de tecnología, comercio y crecimiento económico. La propiedad industrial alienta la innovación para que el creador o inventor considere la recompensa por el esfuerzo creativo que ha realizado. Por ello, su relación con el proceso creación-innovación es estrecha, y constituye uno de los motores del desarrollo económico.

Desde el punto de vista económico, la propiedad industrial es un factor importante para el desarrollo económico. Sin embargo, el contexto histórico en materia de propiedad industrial se ha caracterizado por un proceso de monopolización directa del conocimiento llevado a cabo por las corporaciones transnacionales para evitar el acceso al mercado tecnológico, no como una dinámica incentivadora para estimular las mejoras tecnológicas, y mucho menos para calibrar su incidencia social. Diversos organismos internacionales

relacionados con el comercio, singularmente la Organización Mundial del Comercio (OMC), han tratado de articular propuestas para superar estas tensiones.

En otras palabras, actualmente se discute a nivel internacional sobre la necesidad de hallar un equilibrio entre los incentivos del sistema de propiedad industrial y el interés público en el acceso a la tecnología, un debate que debe ser abordado desde dos perspectivas: cuando la propiedad industrial es generada por el sector productivo y cuando la propiedad industrial es generada por un CPI con orientación aplicada del CONACYT. Desde esta segunda perspectiva, la propiedad industrial es considerada un bien público en los términos del artículo 134 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y del artículo 1 fracción I, II y VII de la Ley General de Bienes Nacionales.

Al incorporar el derecho humano a la ciencia en la Constitución en diciembre de 2019, México generó una visión orientada a equilibrar el sistema de propiedad intelectual del país y para que la PT de un CPI con orientación aplicada contemplara la incidencia social en su ecosistema de innovación. Cuando incorporó este derecho a su sistema jurídico-constitucional, México exigió una evaluación de todas las leyes que pudieran afectar la disponibilidad, accesibilidad y adecuación del derecho a la ciencia. La evaluación a la norma debía ser, por tanto, lo suficientemente amplia como para abarcar todas las áreas pertinentes, pero al mismo tiempo tenía que ser lo suficientemente acotada para ser factible.

En este contexto, la Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial debe adecuarse a la realidad social. De lo contrario tendrá que ser modificada o enmendada, según corresponda, para ser compatible con la situación social y para garantizar las condiciones favorables en el ejercicio pleno de un derecho. La pertinencia reviste particular importancia, ya que, en términos prácticos, la plena efectividad del derecho a la ciencia depende de muchos factores e implica a muchos actores. Uno de ellos es la forma a través de la cual un CPI con orientación aplicada produce tecnología como bien público.

Las implicaciones internacionales de la incidencia social en el sistema de propiedad industrial se localizan en el Comité de los Derechos Económicos y Culturales de la Naciones Unidas. En el año 2020, el comité emitió la Observación General número 25, relativa a la ciencia y los derechos económicos, sociales y culturales (artículo 15, párrafos 1 b), 2, 3 y 4, del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales). El texto de la Observación General tomó como referencia el artículo 27 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos, cuyo tenor literal es el siguiente: «1. Toda persona tiene derecho a [...] participar en el progreso científico y en los beneficios que de él resulten; 2. Toda persona tiene derecho a la protección de los intereses morales y materiales que le correspondan por razón de las producciones científicas, literarias o artísticas de que sea autor». El artículo 15 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, también reconoce el derecho a la ciencia a toda persona, derecho consistente en la posibilidad de «gozar de los beneficios del progreso científico y de sus aplicaciones».

El análisis de los alcances del derecho a la ciencia excede los objetivos de esta sección, por lo que es importante afirmar que el derecho humano a la ciencia de México y la Observación General número 25 del Comité DESC interpretan el derecho a la ciencia como un derecho asociado a «participar en el progreso científico» y a «participar» o «gozar» de los «beneficios que resulten de ese progreso» y de sus «aplicaciones».⁴

A los efectos del tema tratado en este capítulo, cabe destacar que el Comité sugiere la pertinencia de acometer un análisis sobre la relación específica entre los derechos de propiedad industrial y el de-

⁴ Observación general núm. 25 (2020), relativa a la ciencia y los derechos económicos, sociales y culturales (artículo 15, párrafos 1 b), 2, 3 y 4, del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales) Aprobada por el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales en su 67º período de sesiones (17 de febrero a 6 de marzo de 2020). Disponible en: <<https://undocs.org/es/E/C.12/GC/25>>.

recho a participar en los beneficios del progreso científico y sus aplicaciones y gozar de ellos, dado que «la privatización en gran escala de la investigación científica sin ninguna otra consideración podría tener a veces efectos negativos en el disfrute de ese derecho».

El Comité afirma, asimismo, que la propiedad intelectual puede afectar negativamente al avance de la ciencia y el acceso a sus beneficios al menos de tres maneras. En primer lugar, la PI puede crear distorsiones en la financiación de la investigación científica. En segundo lugar, algunas normas de PI limitan el intercambio de información sobre la investigación científica durante un período determinado. Por último, la PI plantea obstáculos importantes para las personas que deseen acceder a determinados beneficios del progreso científico que pueden ser cruciales para el disfrute de otros derechos económicos, sociales y culturales, entre ellos el derecho a la salud.

Por lo tanto, los Estados deben adoptar medidas adecuadas para reforzar los efectos positivos de la PI en el derecho a participar en el progreso científico y sus aplicaciones y gozar de sus beneficios, evitando al mismo tiempo sus posibles efectos negativos. A fin de garantizar la *dimensión social* de la PI, ya que la PI es un *producto social* y tiene una *función socia*, deben ser contrarrestadas las distorsiones de la financiación relacionadas con la propiedad intelectual.

En este contexto, es pertinente señalar que ahora no es suficiente producir tecnología de acuerdo con las necesidades del sector productivo. En la actualidad, el CPI con orientación aplicada debe ser una institución que produzca tecnología con valores, por lo que debe construir los cimientos para que en su producción tecnológica sea contemplada la incidencia social y no predomine el lucro. Se trata de una tarea compleja, dado que, históricamente, la PT de un CPI va a la zaga los acontecimientos sociales. Por ello, es importante encontrar las estrategias metodológicas *fin-propósito-prospectiva* para estudiar los posibles desarrollos futuros y lograr que la tecnología además de apoyar al sector productivo contemple la incidencia social. La elusión de la tarea de mirar hacia lo que viene comporta la omisión del cumplimiento de uno de las principales funciones que corresponde

a un CPI: ser planificador y hacedor del futuro con apoyatura en la historia y en el presente.

Discusión

Ejemplificar el enfoque propositivo de la incidencia social en un CPI está fuera de los alcances del tema en cuestión. Lo importante es indicar el surgimiento de una inflexión: por un parte, concebir a un CPI con orientación aplicada con determinada política de innovación del mercado integrando la incidencia social; por otra parte, articular una política de asistencia focalizada mediante programas de innovación social en los que la convocatoria tenga como objetivo el desarrollo de las capacidades de los CPI para atender los problemas nacionales sin tomar en consideración la demanda de conocimiento.

Una posible solución a esta tensión sería lo la propuesta que en su momento Arocena y Sutz formularon sirviéndose de la metáfora *de jardín*, según la cual deben cuidarse los brotes más prometedores de un jardín a partir del tamaño, el ritmo y los objetivos de un CPI y el grado de madurez de una innovación. Se trata de cultivar las relaciones entre el sector productivo y el CPI, para después iniciar un diálogo con un sector vulnerable en el que los actores aporten conocimiento para resolver el problema planteado. La combinación de saberes entre los diferentes actores se incardina en el marco una innovación caracterizada por la puesta en marcha de nuevas iniciativas para detectar, resolver y comunicar experiencias sociales. La incidencia social requiere estrategias *de jardinería* que observen desde abajo la aplicación de la PT (Arocena, 2010)

Aportación teórica y práctica

Las reflexiones aportan argumentos para vincular la demanda del conocimiento y la PT de un CPI con orientación aplicada. Además, la reflexión consta de una segunda línea argumentativa orientada a identificar la convergencia de la norma con el fin y propósito de un

CPI mediante la evaluación de la integración de la incidencia social en su PT, investigación que debe caracterizarse por la convergencia entre sus elementos y no por el aislamiento de los mismos.

La lógica de la PT parece clara cuando se utiliza los procesos tradicionales desarrollado desde hace medio siglo. Sin embargo, la potencialidad de la PT queda limitada busca impactos indirectos como la incidencia social. En este sentido, debe tomarse en cuenta el sistema de innovación, ciencia y tecnología de cada región: si un CPI con orientación aplicada tiene poca demanda de conocimiento, difícilmente podrá integrar la incidencia social. En este caso, sesgar la demanda de conocimiento para integrar la incidencia social en un CPI con orientación aplicada sería más una política de asistencia que de investigación y desarrollo.

La incidencia social se conceptualiza para atender una demanda clara, urgente y necesaria. La PT de un CPI se materializa en tiempos complejos porque ahora su finalidad y propósito no es suficiente si se omite el impacto social: en la actualidad, no es suficiente demostrar el uso correcto y sustentable de los recursos en la PT sino su incidencia e impacto social.

Conclusiones y recomendaciones

Este documento ha propuesto una reflexión sobre los conceptos y la terminología básica para contribuir a elaborar un discurso común sobre la incidencia social de la producción tecnología de un CPI del CONACYT con orientación aplicada.

Una de las funciones de los CPI con orientación aplicada es crear y avanzar en el conocimiento. En ocasiones, la integración de la incidencia social cuando el sector productivo solicita nuevas soluciones no se valora suficientemente. Sin embargo, cuando se observan los resultados se hace evidente que la toma en consideración de la incidencia social es imprescindible.

Un CPI con orientación aplicada cuenta con una estructura jurídica capaz de identificar y dar respuesta a los retos del sector produc-

tivo. En ocasiones, el tamaño, el ritmo y los objetivos de un CPI no le permiten para integrar la incidencia social en sus PT con calma —e incluso con neutralidad—. Por ello, es necesario buscar en un futuro no lejano criterios para identificar y seleccionar la incidencia social en la PT.

Si la PT genera tecnología equitativa, apunta a la construcción de soluciones a problemas de inclusión social. En este supuesto, la I+D y el cambio tecnológico se tornan solidarios.

La Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial fue elaborada con unos fines determinados y unos objetivos específicos, por lo que su aplicación debe tomar en cuenta las implicaciones del derecho humano a la ciencia. Solo así será una herramienta forma realista; de lo contrario, sus disposiciones podrían ser un obstáculo —de hecho, frecuentemente lo son— para el ejercicio pleno de un derecho.

El reto que tiene por delante en el Sistema de Ciencia y Tecnología es entender cómo resolver los problemas del sector productivo de manera incluyente, de forma tal que la PT alcance a toda la sociedad, especialmente a los menos favorecidos.

Bibliografía

- Agustin, D. (2016): *La economía del conocimiento y el socialismo*, La Habana: CITMATEL.
- Arocena, R. G. (2010): «Universities in Transition-Challenges and Opportunities in Small Latin America and Scandinavian Countries», en B. y. Johnson, *Systems of Innovation and Development. Central American Perspectives*, Lagunilla: Heredia, 163-196.
- Arocena, R. G. y Sutz, J. (2010): «Emerging Neoperipheral Structures and Gardenin Polices», en B. y. Johnson, *Interactive learning spaces and development problems in Latin America*, Lagunilla: Heredia, 142-162.
- (2013). «Políticas de Investigación e innovación orientadas a la inclusión social: Nuevas convergencias entre pensamiento y acción en América Latina», en M. C. del Valle et al., *Desafíos de la ciencia, la tecnología y la innovación. Desarrollo, educación y trabajo*, México: UNAM, 107-132.
- Banco Mundial (2020): *Indicadores de Desarrollo, Gasto en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB*, México: Banco Mundial.

- Hunt, E. S. y Schwartz, J. S. (eds.) (1972): *A critique of economic theory*, Brighton: Penguin books.
- INEGI (2019): *Encuesta Nacional sobre disponibilidad y uso de tecnologías de la informacion en los hogares (ENDUTIH)*, México.
- Lundvall, B. (1988): «Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation», en G. Dosi, *Technical Change and Economic theory*, Londres: Pinter, 349-369.
- Marx, K. (1976): *Capital. A Critique of Political Economy*, trad. B. Fowkes, Location: Penguin Books.
- Mokyr, J. (1992): *The lever of Riches, Technological creativity and Economic Progress*, Oxford: Oxford University Press.
- Naciones Unidas, Cuarto periodo de sesiones (1982): *Informe del Comité Inter-gubernamental de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*, Viena: Naciones Unidad.
- Nobel, P. (1977): *American by Design*, Nueva York: Knopf.
- Pacey, A. (1945): *The Maze of ingenuity*, Teaneck: Holmes & Meier.
- Sabato, J. A. (1982): *La producción tecnológica*, Buenos Aires: Nueva imagen.
- Solleiro, J. L. (2016): *Gestión tecnológica: conceptos y practicas*, Mexico: Cambio Tec.
- Sutz, J. (2007): «El papel de las universidades en la producción de conocimiento» *Revista de Ciencias del Himalaya*, 53-56 [en línea] <doi: <https://doi.org/10.3126/hjs.v3i5.462>>.
- UNCTAD (2021): *Technology and Innovation Report 2021, Catching technological waves. Innovation with equity*, Nueva York: United Nations.

Retos agroalimentarios en CPI con I+D+i para la seguridad alimentaria visibilizando su impacto social

ARIEL VÁZQUEZ ELORZA

Investigador del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6710-8935>

Resumen

El objetivo de esta investigación fue identificar los retos de los Centros Públicos de Investigación (CPI) orientados a la Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) de alimentos y seguridad alimentaria para visibilizar su impacto social, considerando otras funciones relevantes del Estado mexicano en el sector. Se obtuvo información oficial de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, así como de las encuestas nacionales de ingresos de los hogares con la finalidad de generar indicadores en alimentación y seguridad alimentaria. Aun cuando existe una población agropecuaria que logra altos niveles de producción de alimentos de calidad para la exportación (frutas y vegetales principalmente) debido a los incentivos que tienen para intercambiarlos por dólares e incrementar sus ingresos, existen millones de integrantes de familias que se encuentran en situación de vulnerabilidad alimentaria. Aunado a ello, no pueden acceder al conocimiento, a las innovaciones y a las prácticas que ayuden a sus procesos. Se realizan correlaciones de los niveles de inseguridad alimentaria y el presupuesto en ciencia, tecnología y agropecuario, sector estratégico del país. El estudio evidencia un crecimiento paulatino de la inseguridad alimentaria –leve, moderada y severa– durante los últimos 10 años, así como un crecimiento generalizado y sostenido de los índices de los precios, lo cual repercute sobremanera en los ingresos en el sector agropecuario con condiciones de autoconsumo. El Estado mexicano enfrenta graves retos para abordar la inseguridad alimentaria a través de las instituciones de ciencia e investigación. Es necesario diseñar políticas públicas que incorporen proyectos tecnológicos mediante un monitoreo del impacto social para legitimar los recursos públicos en los resultados en beneficio de la sociedad.

Palabras clave: inseguridad alimentaria, ciencia e investigación, sector agropecuario.

Abstract

The aim of this research was to identify the challenges of public research centers (CPI) oriented to research, development and innovation (R&D D+i) Food and Food Security to make visible their social impact, considering other relevant functions of the Mexican State

in the sector. We got official information from the Ministry of Finance and Public Credit, as well as of national household income surveys, to generate indicators in food and food safety. Even when there is an agricultural population characterized by reaching high levels of production of quality food for export (mainly fruits and vegetables) because of the incentives, they must exchange them for dollars and increase their income; There are millions of family members that find food vulnerability; besides this, it lacks knowledge, innovations and practices that help their processes. Correlations of the levels of food insecurity and budget in science, technology and agricultural and strategic sector that allocate the country are carried out. A gradual growth of mild, moderate and severe food insecurity is clear during the last 10 years, as well as a generalized and sustained growth of prices indices which affects income in the agricultural sector with conditions of self-consumption. The challenges are large for the Mexican State to face food insecurity with science and research institutions. It is required to design public policies that incorporate technological projects through social impact assessment monitoring to legitimize public resources in the results for the benefit of society.

Keywords: food insecurity, science and research, agricultural sector.

Introducción

Problemática

Este trabajo de investigación se enmarca en la línea temática de la seguridad alimentaria establecida en el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 2 Hambre Cero. La finalidad del estudio es identificar los retos de los CPI en I+D+i agroalimentarios y la seguridad alimentaria para visibilizar su impacto social; sin embargo, también se evaluará la actuación de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, a la que el artículo 35 de la LAPF, fracción XXIII, de la LAPF atribuye la siguiente función: «Contribuir a la seguridad alimentaria, garantizando el abasto de productos básicos» (LAPF, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2022: 36).

Actualmente, México presenta altos niveles de inseguridad alimentaria, pobreza y marginación (Juárez, 2022; y Shamah-Levy *et al.*, 2021), fenómenos que no son nuevos y que han perjudicado a la sociedad durante muchos años, especialmente a aquellos hogares rurales dotados de recursos y capacidades limitados para alcanzar una vida digna. El artículo 4 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos dispone: «Toda persona tiene derecho a la

alimentación nutritiva, suficiente y de calidad. El Estado lo garantizará» (*Diario Oficial de la Federación*, 2021: 10). El Estado, por tanto, debería satisfacer las necesidades alimentarias de todos los mexicanos en la medida de lo posible, tanto en las zonas urbanas como en las rurales.

Es importante destacar que una parte de los productores agropecuarios alcanzan altos niveles de producción y exportación de frutas y vegetales debido a los incentivos que tiene para intercambiarlos por dólares e incrementar sus ingresos. Sin embargo, un amplio segmento de la población se encuentra en situación de vulnerabilidad alimentaria. De acuerdo con los datos generados a partir de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (ENIGH-INEGI, 2020), en México existían en el año en que se realizó el estudio 4.8 millones de jefes de hogares en condiciones de autoconsumo (un 26.08% dirigidos por una mujer y un 73.92% por un hombre). Si se incluyen los integrantes de los hogares de autoconsumo, estos alcanzarían aproximadamente 19.5 millones de personas, de los que el 61.91% está afectado por algún nivel de inseguridad alimentaria (datos propios generados a partir de la ENIGH-INEGI (2020)).

El Estado mexicano cuenta con una estructura federal constituida por diversas instituciones estatales descentralizadas y centralizadas cuyas funciones son, entre otras, coadyuvar a fomentar la productividad y la rentabilidad de las actividades agropecuarias. Asimismo, el país ha avanzado en la construcción de instituciones de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) que juegan un rol preponderante en el logro de altos niveles de producción de alimentos y de satisfacción de las necesidades de alimentación mediante la transferencia del conocimiento e investigación para quienes más lo necesitan. Aunado a lo anterior, también existen secretarías federales y estatales que impulsan el desarrollo agrícola y rural, entre ellas la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

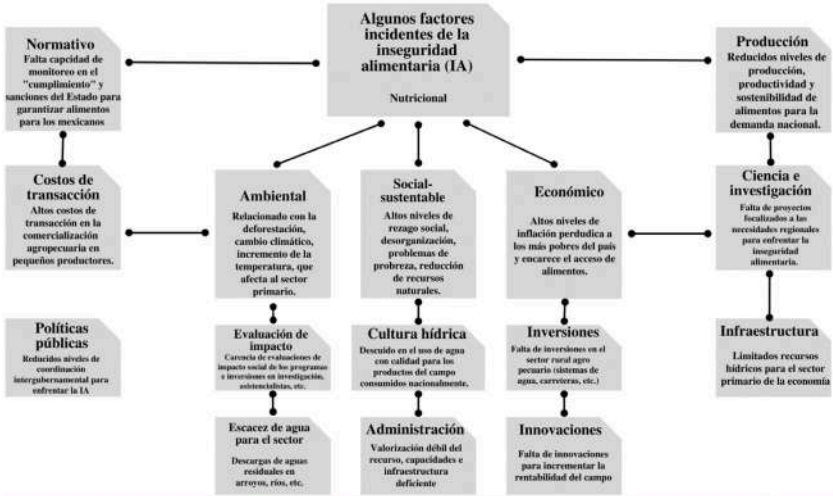
A pesar de la existencia de una estructura institucional destinada a garantizar el suministro de excedentes alimentarios suficientes, nu-

tritivos y de calidad en los mercados campesinos agroalimentarios y en los hogares mexicanos, actualmente las estadísticas evidencian que México se caracteriza por su alta dependencia alimentaria y por su inseguridad en el acceso a los alimentos, circunstancias que ponen en riesgo la soberanía nacional. Los datos de mayo de 2022 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (United State Department of Agriculture USDA, 2022) indican que México importa 17,700,000 toneladas de maíz —es, por tanto, el segundo importador del mundo—, 5,200,000 toneladas de trigo y 820 mil toneladas de arroz, entre otros granos y productos estratégicos de la dieta alimentaria mexicana.

En ocasiones se detectan divergencias entre la realidad empírica y los diseños teóricos de las metas en I+D+i del país. La evaluación del impacto y la incidencia de estas últimas puede ser medida a través de indicadores de desempeño, resultados, procesos, impacto social, económico, ambiental, entre otros. Uno de los pilares fundamentales de las instituciones es el reconocimiento de que los resultados de los investigadores presentan altos niveles de impacto, sobre todo en la generación de recursos humanos, la transferencia de conocimientos y la generación de valor en la búsqueda de la soberanía alimentaria. Se sabe que la puesta en marcha de proyectos tecnológicos puede generar tanto externalidades positivas como negativas en diferentes ámbitos. Desafortunadamente, las evidencias del verdadero impacto de la evaluación socioeconómica sobre la base de metodologías replicables son limitadas.

Cuando se analiza la inseguridad alimentaria de un país, es necesario tener presente que en él interactúan diferentes factores tanto internos como externos que complejizan el análisis, tal como se observa en la Tabla 1. No obstante, esta complejidad también es un reto para relacionar esta problemática con diversos componentes y aportar análisis orientados a asesorar a los tomadores de decisiones suministrándoles herramientas que contribuyan a mejorar el diseño y la implementación de las políticas públicas en la materia.

Tabla 1. Factores incidentes de la inseguridad alimentaria



Fuente: Elaboración propia

Con el fin de enfrentar los desafíos científicos y la transferencia del conocimiento e incrementar la productividad en ciencia y tecnología, a partir de los años setenta del siglo pasado México inició una cruzada para construir centros públicos científicos nacionales de investigación, desarrollo e innovación. De acuerdo con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, 2022), estos centros son concebidos como «una red multidisciplinaria de investigación científica, tecnológica, de educación superior y de innovación, con calidad internacional, cobertura nacional y pertinencia regional. Impulsa el bienestar de la sociedad a través del conocimiento». Hasta la fecha, se han creado 26 Centros Públicos de Investigación que generen conocimientos para el beneficio y desarrollo nacional y 1 Fideicomiso. La Tabla 2 lista estos centros.

Tabla 2. CPI de CONACYT y Fideicomiso

Centro de Investigaciones en Óptica, A.C.	CIO
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.	CIAD
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.	CIBNOR
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C.	CICESE
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.	CICY
Centro de Investigación en Matemáticas, A.C.	CIMAT
Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.	CIMAV
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica	INAOE
Instituto de Ecología, A.C.	INECOL
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.	IPICYT
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.	CIATEJ
Centro de Tecnología Avanzada	CIATEQ
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C.	CIDETEQ
Centro de Investigación en Química Aplicada	CIQA
Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V.	COMIMSA
Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicación	INFOTEC
Centro de Investigación y Docencia Económicas, A.C.	CIDE
Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social	CIESAS
El Colegio de Michoacán, A.C.	COLMICH
El Colegio de San Luis. A.C.	COLSAN
El Colegio de la Frontera Sur	ECOSUR
El Colegio de la Frontera Norte, A.C.	EL COLEF
Instituto de Investigaciones «Dr. José María Luis Mora»	MORA
Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas	CIATEC
Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial	CIDESI
Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial	CentroGEO
Fondo para el Desarrollo de Recursos Humanos	FIDERH

Fuente: CONACYT (2022)

Para contextualizar los retos que enfrenta el Estado mexicano en el abordaje de la inseguridad alimentaria —y, con ella, la marginación—, la Figura 1 presenta la distribución de las sedes nacionales de los CPI sobre la base del Índice de Marginación (IMG) municipal

Soto Baquero *et al.* (2007) destacan la importancia de la agricultura familiar (AF) en las explotaciones agrícolas nacionales. Los autores enfatizan que la investigación, el desarrollo y la innovación deben estar al alcance de este sector prioritario. Lo importante, sostienen, es que la sociedad cuente con la suficiente oferta de alimentos nacionales de calidad, precio asumible y accesibilidad sin condicionamientos. A su vez, señalan que:

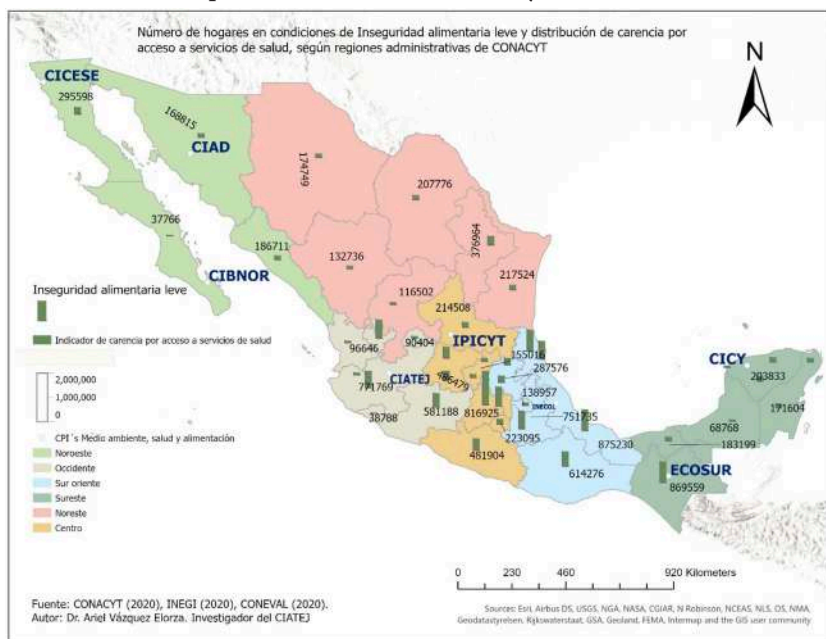
«[...] antes de proponer una receta para enfrentar de manera exitosa los procesos de apertura comercial, el análisis de los programas [...] y las características propias de los distintos segmentos de la AF, sugieren la necesidad de contar con un abanico de opciones que sean compatibles con la estructura de incentivos que necesita este grupo para aprovechar las oportunidades y salir adelante, y en el cual la integralidad, la articulación de los programas y la intervención desde un enfoque territorial, deben ser los pilares fundamentales de cualquier esfuerzo del Estado orientado a mejorar el bienestar de la Agricultura Familiar de la región» (Soto Baquero *et al.*, 2007: 5).

Como se sabe, el CONACYT es un organismo descentralizado del Estado con personalidad jurídica y patrimonio propio y no sectorizado. Anualmente, realiza la planeación presupuestaria y en el Ramo 38 del Presupuesto de Egresos de la Federación establece los recursos públicos para los Centros de Investigación CPI. Por esta razón, los investigadores que integran los centros de investigación, cuyos salarios provienen del presupuesto público sectorizado a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), son parte de la administración pública y deben observar las prescripciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LAPF, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2022), cuerpo normativo que fija las bases de organización de la Administración Pública Federal centralizada y paraestatal. Asimismo, establece 19 Secretarías de estado y una Consejería Jurídica del Ejecutivo Federal.

De los 26 CPI que forman parte del CONACYT, ocho de ellos se orientan a la construcción de conocimiento en las temáticas del medio ambiente, salud y alimentación (sobre su distribución, véase la Figura 2). Los estados que experimentan mayores problemas de inseguridad alimentaria leve y salud son, por este orden: Veracruz con

875,230 hogares, Chiapas (869,559), Ciudad de México (816,925), Jalisco (771,769), Puebla (751,735), Oaxaca (614,276), Michoacán (581,188) entre otros.

Figura 2. Distribución de las sedes nacionales de los CPI del componente medio ambiente, salud y alimentación



Fuente: Elaboración propia con datos de (CONEVAL, 2021; CONACYT (2022)

Nota: Los CPI del componente en alimentos poseen diversas *subsedes*, que son las siguientes:

CIAD: Mazatlán, Culiacán, Sinaloa

Guaymas, Sonora; Ciudad Cuauhtémoc y Delicias, Chihuahua

CIBNOR: Guaymas, Hermosillo, Sonora; Guerrero Negro (within El Vizcaino Biosphere Reserve) Nayarit

CICESE: La Paz, Baja California; Monterrey, Nuevo León; Technology Transfer Unit in Nayarit

CICY: Cancún, Quintana Roo

INECOL: Pátzcuaro, Michoacán, Chihuahua, Chihuahua

CIATEJ: Zapopan, Jalisco; Mérida, Yucatán; Apodaca, Nuevo León

ECOSUR: Ciudad Industrial Lerma, Campeche, Chetumal, Quintana Roo; Tapachula, Chiapas; Villahermosa, Tabasco

No hay que dejar de lado que anualmente los CPI se financian anualmente con recursos provenientes del Presupuesto de Egresos

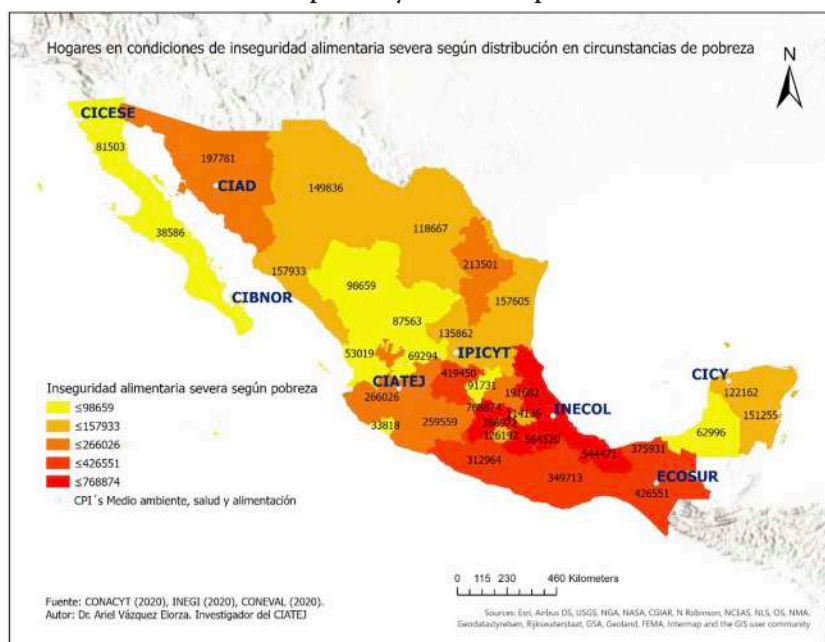
de la Federación, lo cual implica generar y operacionalizar la planeación estratégica y la administración de los recursos, así como acreditar que los resultados de los proyectos de I+D+i benefician a la sociedad en su conjunto. Por esta razón, se considera que a las siglas de las instituciones de investigación debería agregarse el término «social», especialmente para legitimar las contribuciones de los recursos públicos ejercidos (I+D+i). En la actualidad, es preceptivo legitimar los recursos públicos a través de su utilización en beneficio de la sociedad, de tal manera que los presupuestos ejercidos por las instituciones de investigación realmente se destinen a solucionar los problemas que enfrenta la sociedad mexicana —en este caso, en el sector agroalimentario, cuyo principal déficit es la inseguridad alimentaria—.

Con la finalidad de relacionar las problemáticas de salud y alimentación con aquellos CPI vinculados con el medio ambiente, la salud y la alimentación y sus posibles contribuciones para enfrentar los retos en estos ámbitos, a continuación se relacionan las principales líneas de conocimiento que desarrollan:

- CIAD. Ecología y Medio Ambiente, Economía, Sociedad y Cultura, Nutrición y Salud, Producción de Alimentos, Tecnología de los Alimentos.
- CIBNOR. Acuicultura, Agricultura en Zonas Áridas, Ecología Pesquera, Planeación Ambiental y Conservación.
- CICESE. Ciencias del Mar y de la Tierra, Ciencias Naturales, Ciencias Físicas, Ciencias de la Información.
- CICY. Bioquímica y Biología Molecular de Plantas, Biotecnología, Ciencias del Agua, Energía Renovable, Materiales, Recursos Naturales.
- INECOL. Ambiente y Sustentabilidad, Biodiversidad y Sistemática, Biología Evolutiva, Biología y Conservación de Vertebrados, Ecoetología, Ecología Funcional, Estudios Moleculares Avanzados, Interacciones Multitroficas, Manejo Biorracional de Plagas y Vectores, Manejo Biotecnológico de Recursos.

- IPICYT. Biología Molecular, Ciencias Ambientales, Geociencias Aplicadas, Matemáticas Aplicadas, Materiales Avanzados.
- CIATEJ. Biotecnología Médica y Farmacéutica, Tecnología Ambiental, Tecnología de los Alimentos, Biotecnología Industrial, Biotecnología Vegetal.
- ECOSUR. Sociedad, Cultura y Salud, Antropología Ecológica, Movimientos de Población, Salud, Culturas y Educación, Género y Políticas Públicas, Sistemas de Producción Alternativos, etc.

Figura 3. Distribución de la Inseguridad alimentaria severa según distribución en circunstancias de pobreza y CPI del componente alimentario



Fuente: Elaboración propia con datos de CONEVAL (2021) y CONACYT (2022)

Los estados con mayor número de hogares en condiciones de inseguridad alimentaria severa y su distribución según pobreza son los

siguientes: Estado de México con 768,874 hogares en esta situación; Puebla (564,520); Veracruz (544,471); Chiapas (426,551); Guanajuato (419,450); Ciudad de México (386,972); Tabasco (375,931); Oaxaca (349,713); Guerrero (312,964); Jalisco (266,026) y Michoacán (259,559). Al observar la distribución de los CPI con líneas de generación del conocimiento en I+D+i alimentarias, es fácil identificar la complejidad del desafío que encaran, un reto que, no obstante, no impide enfrentar los problemas en la sociedad, a pesar de que los recursos son escasos en investigación social aplicada y que deben ser focalizados de tal manera que beneficien a las masas de productores con problemas heterogéneos.

Metodología

A fin de evaluar el nivel de impacto y los retos agroalimentarios en los CPI con I+D+i destinado a contribuir a la garantía de la seguridad alimentaria, se analizan las correlaciones entre el nivel de inversión y presupuesto público destinado a la ciencia, tecnología e innovación y, particularmente, al sector agropecuario, la silvicultura, la pesca y la caza. Las fuentes primarias de información de la investigación provienen de los presupuestos de egresos de la federación (Secretaría de Hacienda y Crédito Público SHCP, 2022).

Se analizaron las Encuestas nacionales de Ingresos y Gastos de los Hogares de los años 2010, 2012, 2016, 2020 para generar los índices de inseguridad alimentaria sobre la base de la metodología propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2012). A tal fin, se utilizaron las siguientes variables:

1. «Alguna vez, por falta de dinero o recursos, se vio en la preocupación de que la comida se acabara»
2. «Alguna vez, por falta de dinero o recursos, se quedaron sin comida»
3. «Alguna vez, por falta de dinero o recursos, no obtuvieron una alimentación sana y variada»

4. «Alguna vez, por falta de dinero o recursos, algún adulto no obtuvo una alimentación sana y variada»
5. «Alguna vez, por falta de dinero o recursos, algún adulto no tuvo desayuno, comida o cena»
6. «Alguna vez, por falta de dinero o recursos, algún adulto comió menos de lo pensado»
7. «Alguna vez, por falta de dinero o recursos, algún adulto sintió hambre, pero no comió»
8. «Alguna vez, por falta de dinero o recursos, algún adulto comió solo una vez o dejó de comer un día»
9. «Algún menor de 18 años, en su hogar, dejó de tener una alimentación sana y variedad»
10. «Algún menor de 18 años, en su hogar, tuvo una alimentación basada en muy poca variedad»
11. «Algún menor de 18 años, en su hogar, comió menos de lo que debía»
12. «Tuvieron que disminuir la cantidad servida en las comidas a algún menor de 18 años del hogar»
13. «Algún menor de 18 años, en su hogar, sintió hambre, pero no comió»
14. «Algún menor de 18 años, en su hogar, se acostó con hambre»
15. «Algún menor de 18 años, en su hogar, comió una vez al día o dejó de comer todo un día»

Posteriormente, se especificó el aumento o la disminución de los hogares en condiciones de inseguridad alimentaria mediante una interpolación entre los años de 2011, 2013, 2014, 2015, 2017 y 2019 utilizando la Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) sobre la base de la información proveniente de las Encuestas de los Hogares 2010, 2012, 2016, 2020. Se clasificaron los segmentos en hogares integrados solamente por personas adultas y hogares integrados por personas adultas y menores de 18 años para generar el indicador a nivel nacional.

Utilizando el *software* de Stata® V17, se analiza la encuesta ENIGH-INEGI (2020), que incorpora 315,619 entrevistas a jefes y jefas de hogares del país, y cuyo factor de expansión alcanza una representatividad nacional de 35.7 millones de hogares de la república mexicana. Para delimitar la población estudiada, se seleccionaron aquellos hogares e integrantes que presentan niveles de inseguridad alimentaria y con autoconsumo, que suman 9,486,052, a fin de generar los indicadores de distribución (ENIGH-INEGI, 2020). Véase Tabla 3.

Coeficiente de Gini, Curva de Lorenz e Índice de Atkinson

El Coeficiente de Gini es utilizado como un indicador para conocer el nivel de la desigualdad y la distribución del ingreso entre la población (Medina, 2001; Jann, 2014; y Gini, 1921). Por otra parte, es útil para dimensionar las vulnerabilidades, las amenazas y oportunidades, la distribución del consumo y otros indicadores de bienestar (Stark, Taylor y Yitzhaki, 1986). La fórmula general es la siguiente:

$$G = \sum_{k=1}^K S_K G_K R_K$$

Donde:

S_K = Participación de importancia de la fuente de ingresos k en el ingreso total.

G_K = Distribución del ingreso - Gini.

R_K = Correlación de Gini del ingreso de la fuente k con la distribución del ingreso total.

Al respecto, López-Feldman (2006: 108) afirma:

«[...] el cambio porcentual en la desigualdad resultante de un pequeño cambio porcentual en el ingreso de la fuente k es igual a la contribución original de la fuente k a la desigualdad del ingreso menos la participación de la fuente k en el ingreso total:

$$\frac{\partial G/\partial e}{2a} = x = \frac{S_K G_K R_K}{G} - S_K \gg$$

El rango del valor en el índice de Gini se sitúa entre 0 y 1, la máxima desigualdad corresponde a 1 (mayor concentración de los ingresos en una o pocas personas) y la máxima igualdad es 0 (todos los ingresos se encuentran distribuidos en todos los ciudadanos) (Torres García, Ochoa Adame y Pedroza Villegas, 2022). Hay que recordar que el objeto de análisis es la población agropecuaria con algún nivel de inseguridad alimentaria y en condiciones de autoconsumo según las regiones administrativas del CONACYT. Los resultados están determinados con base en la información obtenida de la ENIGH-INEGI (2020) para el sector agropecuario en condiciones de inseguridad alimentaria y autoconsumo referida a un trimestre en Ingresos corrientes totales (ict), Ingresos corrientes monetarios laborales (ing_lab), Ingresos corrientes monetarios por rentas (ing_ren), Ingresos corrientes monetarios por transferencias (ing_tra) e Ingreso promedio mensual por programas de adultos mayores (ing_pam), fundamentalmente.

Como sostiene Medina (2001: 14): «En términos simples, la Curva de Lorenz representa el porcentaje acumulado de ingreso (% Yi) recibido por un determinado grupo de población (% Pi) ordenado en forma ascendente de acuerdo con la cuantía de su ingreso ($y_1 \leq y_2 \leq \dots, \leq y_n$). Existe concentración del ingreso cuando se evidencia una inclinación muy pronunciada en la curva. Por el contrario, cuando la curva coincide con la diagonal, la distribución del ingreso promedio es igualitaria (Laos, 2003).

Se analizan tres fuentes de ingresos de los individuos partiendo de la línea base de ENIGH-INEGI (2020). Los ingresos analizados son los siguientes:

- a) Ingreso por transferencias: son las entradas en efectivo o en especie recibidas por los integrantes del hogar y por las que el proveedor o donante no demanda retribución de ninguna naturaleza.

- b) Ingreso laboral: comprende los sueldos, los salarios o el jornal, el aguinaldo, y los trabajos realizados por negocios en actividades como la pesca, la caza y la captura de animales,
- c) Ingreso por renta: agrupa todos los ingresos que reciben los integrantes del hogar derivados de la posesión de activos financieros o tangibles que han puesto a disposición de otras unidades institucionales (INEGI-ENIGH, 2018a: 115-169).

Finalmente, se contextualiza la relevancia de los ingresos de la población agropecuaria en condiciones de autoconsumo clasificándolos por ingreso total (Sk), la situación equitativa o desigual distribuida de la fuente de ingresos (Gk); y en modo en que correlacionan la fuente de ingresos y la distribución de los ingresos totales de la población (Rk).

Resultados

Los retos que afrontan los CPI del ámbito de alimentación son muy importantes para el crecimiento y desarrollo de la sociedad en México, y particularmente para aquella parte de la población dedicada al sector agropecuario en condiciones de autoconsumo. La Tabla 3 refleja el grado de inseguridad alimentaria de los hogares a nivel nacional y la que se localiza específicamente en las actividades agropecuarias y de autoconsumo. De los 35.7 millones de hogares que se identificaron en el año 2020, 9.4 millones se ubican en el sector rural. Entre estos últimos, 3,780,642 hogares presentan inseguridad alimentaria leve —656,891 son dirigidos por una mujer y 3,123,751 por un hombre—, 1,878,507 padecen inseguridad alimentaria moderada —329,964 son dirigidos por una mujer y 1,548,543 por un hombre— y 864,742 sufren inseguridad alimentaria severa —189,643 son dirigidos por una mujer y 675,099 por un hombre—.

Tabla 3. Grado de inseguridad alimentaria nacional, 2020

Grado de inseguridad alimentaria nacional total hogares	Genero		Total
	Mujer	Hombre	
Seguridad alimentaria	4,995,087	12,196,268	17,191,355
Inseguridad alimentaria leve	3,124,835	7,637,343	10,762,178
Inseguridad alimentaria moderada	1,651,249	3,452,275	5,103,524
Inseguridad alimentaria severa	905,836	1,786,766	2,692,602
Total	10,677,007	25,072,652	35,749,659

Grado de inseguridad alimentaria nacional en el sector agropecuario y de autoconsumo	Genero		Total
	Mujer	Hombre	
Seguridad alimentaria	416,086	2,546,075	2,962,161
Inseguridad alimentaria leve	656,891	3,123,751	3,780,642
Inseguridad alimentaria moderada	329,964	1,548,543	1,878,507
Inseguridad alimentaria severa	189,643	675,099	864,742
Total	1,592,584	7,893,468	9,486,052

Fuente: Elaboración propia generada a partir de ENIGH-INEGI (2020)

Sin embargo, en los últimos años, concretamente a partir de 2015 —año en el que alcanzaron su nivel más alto—, los fondos del Presupuesto de Egresos de la Federación destinados a la investigación, desarrollo e innovación han seguido una acusada tendencia decreciente, tal como se muestra en la Tabla 4. Por otra parte, el índice nacional de precios al consumidor, que mide el nivel de crecimiento de los precios generalizados de productos de la canasta básica —es decir, la inflación—, ha experimentado un crecimiento muy relevante, circunstancia que, considerando el incremento de los precios y el porcentaje del ingreso que se destina a los colectivos sociales más carenciados, perjudica especialmente a aquellos segmentos la población para los que el acceso a los alimentos es difícil y que se ven afectados por carencias alimentarias,. Otro de los componentes relevantes para enfrentar la inseguridad alimentaria en la Administración Pública Federal es el que se destina al sector agropecuario, la

silvicultura, la pesca y la caza, que en los últimos años ha sufrido una severa reducción del presupuesto a nivel nacional (Tabla 4).

Tabla 4. Presupuesto público (a precios reales) dirigido a la Ciencia, tecnología, investigación, sector alimentario y sectores estratégicos en México, 2010-2020 (en miles)

Año	INPC*	Conacyt	Agropecuaria, Silvicultura, Pesca y Caza	Ciencia, Tecnología, Innovación**	Desarrollo económico **	Desarrollo Social **	Educación **
2010	73.41	21,736	115,866	37,734	1,219,702	2,024,603	646,612
2011	75.91	23,074	121,707	41,367	1,228,612	2,162,310	677,132
2012	79.03	24,010	110,103	45,812	1,286,857	2,227,650	703,331
2013	82.04	29,721	109,357	51,100	1,367,735	2,298,076	705,848
2014	85.33	35,738	114,665	58,605	1,358,258	2,443,059	731,369
2015	87.65	36,377	108,850	62,597	1,345,167	2,567,956	766,057
2016	90.13	35,318	100,790	59,300	1,562,308	2,562,710	754,503
2017	95.57	28,369	74,386	52,920	1,122,235	2,379,373	718,342
2018	100.26	27,736	78,348	51,370	1,199,357	2,424,613	710,267
2019	103.90	24,579	57,471	45,400	1,139,712	2,565,938	712,423
2020	107.43	24,132	43,020	44,715	1,086,610	2,659,170	714,465

Fuente: Presupuestos de egresos de la federación (Secretaría de Hacienda y Crédito Público SHCP, 2022); INPC Banco de México BANXICO (2020).

*INPC. Índice base segunda quincena de julio 2018 = 100.

** Clasificación funcional

Por otra parte, la Figura 4 muestra que en los años 2017 y 2019 se produjo la mayor reducción del presupuesto destinado al CONACYT. Este recorte representa una regresión en el desarrollo los proyectos tecnológicos e investigaciones en general, pero sobre todo comporta un retroceso en las oportunidades y soluciones que pueden ofrecerse a la parte de la sociedad más necesitada, a comenzar por el sector primario y alimentario de México.

Figura 4. Distribución del presupuesto público en CONACYT y su tasa de crecimiento anual 2010-2020



Fuente: Elaboración propia con datos de la SHCP (2022)

Por el contrario, la medición sustentada en la base metodológica de la FAO (2012) evidencia la inseguridad alimentaria ha mantenido un incremento paulatino y constante durante los últimos 10 años, tal como muestra la Tabla 5. De los tipos de inseguridad alimentaria que afectan a la población sobresale la inseguridad severa, que mantuvo un crecimiento con una TCMA de 2.8% (2010-2020); le sigue la inseguridad alimentaria leve (2.5%; la seguridad alimentaria (1.7%) y, finalmente, la inseguridad alimentaria moderada (0.9%). Como se ha señalado, en la metodología se utilizaron las encuestas del ENIGH-INEGI de los años 2010, 2012, 2016 y 2020 para la construcción de la serie temporal, considerando las tendencias de crecimiento o de decrecimiento.

La mejora de las condiciones sociales y económicas propiciada por las innovaciones, la ciencia y la tecnología representa una alternativa para la población agropecuaria en condiciones de autoconsumo. En su mayoría, esta población vive en territorios con altos niveles de recursos naturales que, por falta de conocimiento, innovaciones, capacitación o financiamiento, no generan valor agregado a los productos agroalimentarios.

Tabla 5. Hogares con inseguridad alimentaria leve, moderada y severa en México, 2010-2020 (en miles)

Año	Seguridad alimentaria	Inseguridad alimentaria leve	Inseguridad alimentaria moderada	Inseguridad alimentaria severa	Inseguridades alimentarias
2010	14,527,303.00	8,406,772.00	4,670,449.00	2,034,416.00	15,111,637.00
2011	14,899,456.18	8,539,674.97	4,734,418.42	2,388,534.81	15,662,628.20
2012	15,281,143.00	8,674,679.00	4,799,264.00	2,804,293.00	16,278,236.00
2013	15,765,376.82	8,812,798.84	4,705,414.37	2,718,146.89	16,236,360.10
2014	16,264,955.19	8,953,117.85	4,613,399.96	2,634,647.13	16,201,164.95
2015	16,780,364.37	9,095,671.05	4,523,184.90	2,553,712.43	16,172,568.39
2016	17,312,106.00	9,240,494.00	4,434,734.00	2,475,264.00	16,150,492.00
2017	17,881,122.74	9,093,080.66	4,557,783.88	2,558,100.41	16,208,964.95
2018	18,468,842.00	8,948,019.00	4,684,248.00	2,643,709.00	16,275,976.00
2019	17,818,653.69	9,813,265.17	4,889,393.84	2,668,043.50	17,370,702.51
2020	17,191,355.00	10,762,178.00	5,103,524.00	2,692,602.00	18,558,304.00

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENIGH-INEGI (2012); ENIGH-INEGI (2018); ENIGH-INEGI (2020)

Indicadores relevantes del sector

La Tabla 6 muestra las correlaciones de los presupuestos de sectores estratégicos para los alimentos, el desarrollo y los millones de hogares según sus condiciones de inseguridad alimentaria. La inseguridad alimentaria leve y severa se relaciona negativamente con el presupuesto de CONACYT y las erogaciones destinadas al sector agropecuario. Es decir, a medida que se incrementan los recursos en estas funciones, se reduce la población con inseguridad alimentaria, tendencia que pone de manifiesto la necesidad de desarrollar estrategias transversales y transdisciplinarias para atender las diferentes problemáticas del conjunto de la población mediante la ciencia y la producción agropecuaria.

Tabla 6. Correlaciones de niveles de inseguridad alimentaria y presupuesto en ciencia, tecnología y agropecuario y sector estratégico

	IAL	IAM	IAS	IAs	INPC	C	ASP	DE	DS	E
IAL	1									
IAM	0.607*	1								
IAS	0.412	0.322	1							
IAs	0.959*	0.729*	0.604*	1						
INPC	0.851*	0.397	0.480	0.822*	1					
C	-0.020	-0.674*	0.214	-0.103	0.057	1				
ASP	-0.869*	-0.587	-0.378	-0.851*	-0.940*	0.238	1			
DE	-0.365	-0.678*	-0.032	-0.417	-0.424	0.698*	0.618*	1		
DS	0.810*	0.130	0.538	0.751*	0.823*	0.506	-0.649*	0.042	1	
E	0.357	-0.371	0.508	0.306	0.421	0.851*	-0.158	0.462	0.809*	1

Fuente: Elaboración propia basada a partir de datos del CONAPO (2020).

Notas: **. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral); *. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral). IAL Inseguridad alimentaria leve

– IAM Inseguridad alimentaria moderada

– IAS Inseguridad alimentaria severa

– IAs Inseguridades alimentarias (IAL+IAM+IAS)

– INPC Índice de precios al consumidor

– C Recursos reales al CONACYT

– ASP Recursos reales a la función Agropecuaria Silvicultura Pesca y caza

– DE Recursos reales a la función Desarrollo económico

– DS Recursos reales a la función Desarrollo Social

– E Recursos reales a la función Educación

En este sector, el diseño y la construcción de indicadores relativos la distribución del ingreso y marginación son elementos muy importantes para que los decisores, diseñadores y aplicadores de las políticas públicas focalicen los recursos y soluciones mediante los programas sociales, científicos y tecnológicos y coadyuven a la generación de empleos rurales, la inversión, el incremento del valor agregado de los productos, etc.); en este caso, son útiles para aquellos cuya influencia recae en la región pacífico sur de México fundamentalmente. Igualmente, los resultados que se describen a continuación amplían considerablemente la información para la adopción de ini-

ciativas y estrategias por parte de las dependencias e instituciones de Gobierno y de investigación.

En la fase posterior de los análisis de los resultados se utilizó la ENIGH-INEGI (2020) con la información de los hogares agropecuarios localizados en la región en estudio. La Tabla 7 refleja las tres fuentes de ingresos de los individuos agropecuarios en la región que fueron analizadas. Para contextualizar aún más la relevancia de los ingresos, se muestra la importancia que tiene la fuente de ingresos con respecto al ingreso total (S_k), la situación equitativa o desigual distribuida de la fuente de ingresos (G_k), y el modo en que correlacionan la fuente de ingresos y la distribución de los ingresos totales en estudio (R_k).

Tabla 7. Descomposición de Gini en la población agropecuaria con autoconsumo

Ingreso total	Variable:	ict			
Ingreso	S_k	G_k	R_k	Participación	% Cambio
Ingreso laboral	0.7490	0.5737	0.9211	0.8231	0.0741
Ingreso por rentas	0.0084	0.9858	0.6729	0.0117	0.0032
Ingreso por transferencias	0.2426	0.6354	0.5154	0.1652	-0.0773
Ingreso en adultos mayores	0.0291	0.8506	0.0975	0.0050	-0.0241
Total, ingreso		0.4808			

Fuente: Elaboración propia basada a partir de la ENIGH-INEGI (2020)

Los ingresos laborales tienen un efecto importante en la distribución del ingreso total. Los resultados muestran que un aumento del 1% en esa fuente, en igualdad de condiciones, aumenta el coeficiente de Gini del ingreso total y genera un importante cambio (0.0741); además, esta fuente de ingresos tiene un efecto igualador que contrarresta la desigualdad del ingreso total. Asimismo, están distribuidos de manera desigual (0.5737) y la correlación de Gini entre los ingresos laborales y los ingresos totales es de 0.9211, lo que indica que los ingresos laborales favorecen a diversos sectores, y en mayor medida a los pobres, más que cualquier otra fuente de recursos, estratos so-

ciales que destinan un porcentaje importante de tales ingresos a la compra de alimentos.

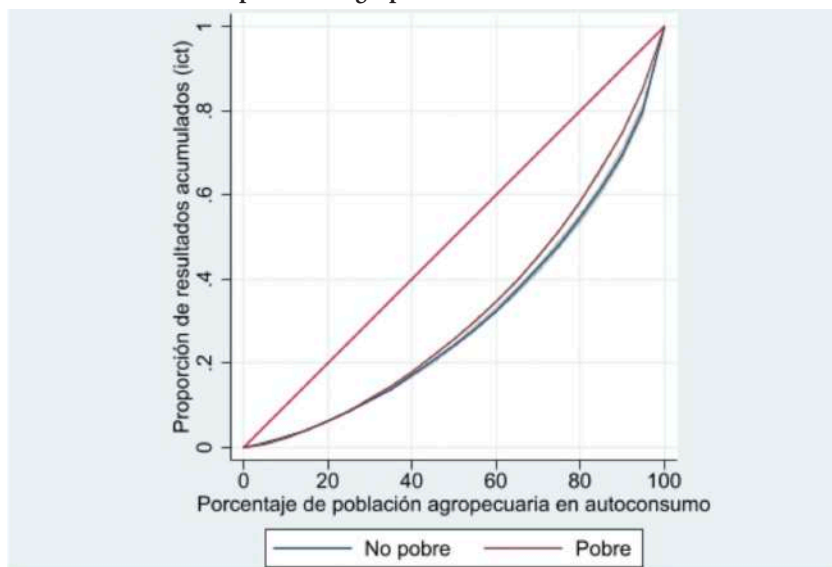
Los ingresos por rentas tienen un efecto ligeramente desigualitario en la distribución del ingreso total. Un aumento del 1% en esa fuente de ingresos, en igualdad de condiciones, aumenta ligeramente el coeficiente de Gini del ingreso total en un 0.0032%. Asimismo, están distribuidos de manera desigual, aunque levemente (0.0084) y la correlación de Gini entre los ingresos obtenidos por rentas y la suma de todos los tipos de ingresos es de 0.0117. Es importante destacar que hay fuentes de ingresos que son distribuidos desigualmente —por ejemplo, las transferencias—, aunque, también se ha sugerido la hipótesis de que pueden o no favorecer a quienes más necesidades presentan —en este caso, en lo que respecta a la carencia de alimentos—. Por otra parte, las remesas internacionales representan una importante fuente de ingresos totales del hogar.

Por su parte, los ingresos por transferencias muestran que un aumento del 1% en esa fuente de ingresos, en igualdad de condiciones, disminuye el coeficiente de Gini del ingreso total en un -0.0773%, con un efecto ligeramente igualador en la distribución del ingreso. Los ingresos de transferencias están distribuidos relativamente de manera desigual (0.6354) y la correlación de Gini entre los ingresos de transferencias y los ingresos totales es de 0.5154, dato que evidencia que los ingresos por transferencias favorecen a los ricos más que cualquier otra fuente de ingresos.

Los ingresos en adultos mayores tienen un efecto ligeramente igualador en la distribución del ingreso total. Un aumento del 1% en esa fuente de ingresos, en igualdad de condiciones, disminuye el coeficiente de Gini del ingreso total en un -0.0241%; Asimismo, están distribuidos de manera muy desigual (0.8506) y la correlación de Gini entre los ingresos obtenidos por rentas y la suma de todos los tipos de ingresos es baja (0.0975). Este hallazgo muestra que un Gini de fuente relativamente alto (0.8506) no implica que una fuente de ingresos tenga un efecto desigualador en la desigualdad del ingreso total. Una fuente de ingresos puede distribuirse de manera desigual

y, sin embargo, favorecer a los pobres. La Figura 5 muestra que existe una mayor desigualdad entre la población agropecuaria y en condiciones de autoconsumo no pobre. Aproximadamente, el 75% de la población no pobre concentra el 48.16% de los ingresos per cápita de los hogares a nivel nacional.

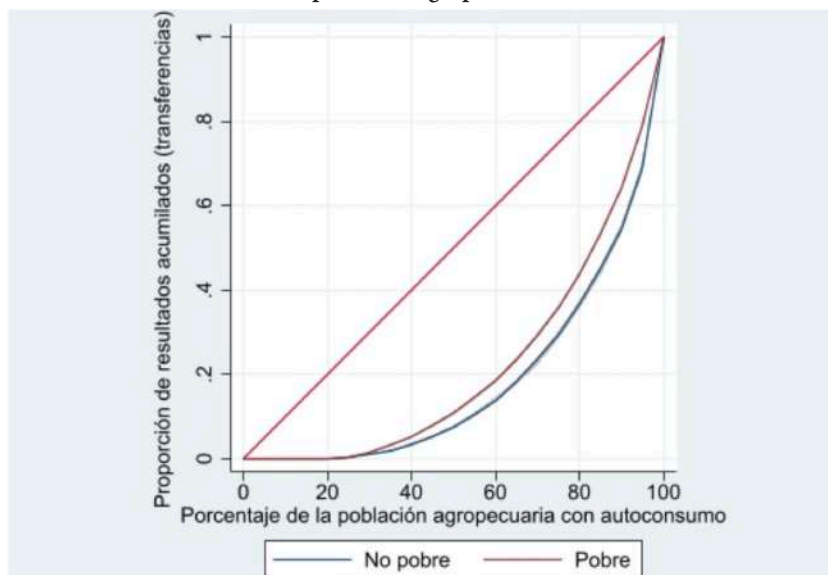
Figura 5. Curva de Lorenz de los ingresos corrientes (trimestral) de la población agropecuaria con autoconsumo



Fuente: Elaboración propia con datos a partir de la ENIGH-INEGI (2020)

La Figura 6 evidencia la existencia de una mayor desigualdad entre la población agropecuaria y en condiciones de autoconsumo no pobre. Aproximadamente, el 75% de la población no pobre concentra el 36.00% de los ingresos por transferencia entre los hogares a nivel nacional.

Figura 6. Curva de Lorenz de los ingresos corrientes por transferencias de la población agropecuaria con autoconsumo

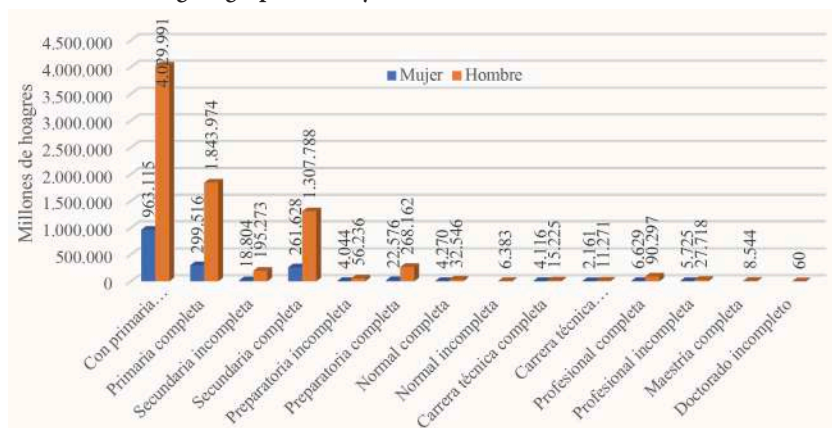


Fuente: Elaboración propia a partir de la ENIGH-INEGI (2020).

Características de la distribución del nivel de educación

La figura 7 muestra la disparidad en el nivel educativo de los jefes y jefas de hogar según género en los hogares agropecuarios y en condiciones de autoconsumo.

Figura 7. Distribución de la educación de los jefes y jefas de hogar agropecuarios y en condiciones de autoconsumo



Fuente: Elaboración propia a partir de la ENIGH-INEGI (2020)

Los datos evidencian que los habitantes agropecuarios y en condiciones de autoconsumo suman un total de 9.4 millones de hogares. El 16.79% corresponde a hogares en el que las jefas son mujeres, y el 83.21% a hogares en los que los jefes son hombres. Por lo que respecta al nivel de estudios, el 52.64% no ha completado la primaria o menos, el 22.60% cuenta con primaria completa; el 2.26% no ha completado la secundaria, y el 16.54% cuenta con la secundaria completa acumulando hasta este nivel el 94.67% de los hogares. Aproximadamente el 31.23% de la población se encuentra en condiciones de inseguridad alimentaria, situación que se concentra entre la población con primaria incompleta o menos y primaria completa. Le sigue la población agropecuaria más vulnerable con inseguridad alimentaria moderada, que concentrando alrededor del 39.85% y cuenta con las condiciones del nivel educativo antes señaladas; la inseguridad alimentaria moderada afecta a un 19.80% y la inseguridad alimentaria severa al 9.12% (datos propios generados a partir de la ENIGH-INEGI, 2020) (Tabla 8).

Tabla 8. Nivel de educación según inseguridad alimentaria en los hogares agropecuarios y en condiciones de autoconsumo

Nivel educativo	Seguridad alimentaria	Inseguridad alimentaria leve	Inseguridad alimentaria moderada	Inseguridad alimentaria severa	Total
Con primaria incompleta o menos	1,482,968	1,981,307	1,018,386	510,445	4,993,106
Primaria completa	665,940	813,189	457,529	206,832	2,143,490
Secundaria incompleta	58,068	76,433	56,460	23,116	214,077
Secundaria completa	512,918	675,511	277,963	103,024	1,569,416
Preparatoria incompleta	17,872	28,921	6,373	7,114	60,280
Preparatoria completa	102,497	144,883	36,316	7,042	290,738
Normal completa	17,349	12,621	6,846		36,816
Normal incompleta	5,499	884			6,383
Carrera técnica completa	10,119	6,072	3,150		19,341
Carrera técnica incompleta	9,893	1,734	1,805		13,432
Profesional completa	58,092	31,302	3,975	3,557	96,926
Profesional incompleta	12,402	7,725	9,704	3,612	33,443
Maestría completa	8,544				8,544
Doctorado incompleto		60			60
Total	2,962,161	3,780,642	1,878,507	864,742	9,486,052

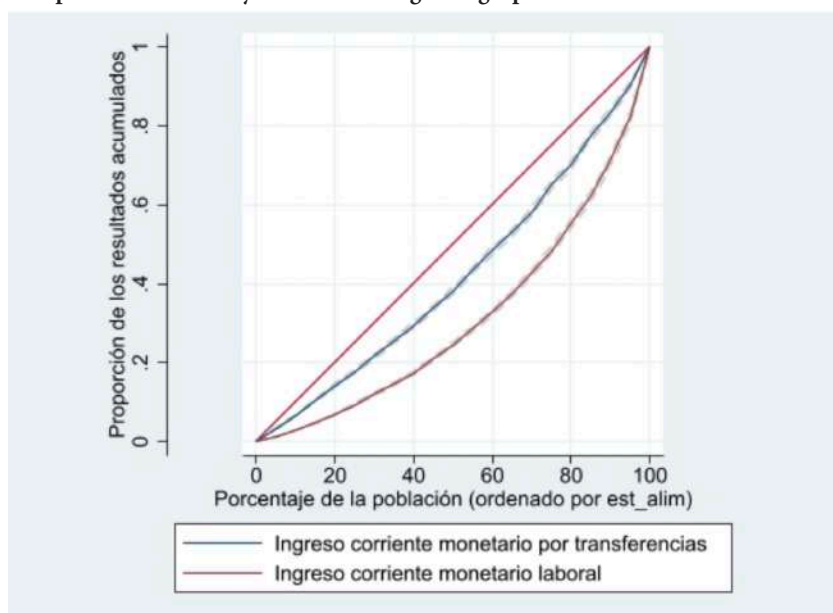
Fuente: Elaboración propia a partir de la ENIGH-INEGI (2020)

Curvas de concentración y renormalización de transferencias e ingresos laborales

En el sector rural, generalmente, se registra una carencia de innovaciones y transferencia de conocimiento para agregar valor a sus productos alimentarios, pero, sobre todo, para incrementar la productividad de estos o para acceder a productos de calidad. Aunque, como se ha mostrado anteriormente, existe una cantidad importante de hogares en circunstancias de autoconsumo, presentan carencias de inseguridad alimentaria. Por otra parte, los trabajos que se desarrollan en el campo carecen de contratos formales o salarios remu-

nerados para llevar una vida digna (comunicación personal con productores del campo en la región pacífico sur). Por ejemplo, la Figura 5 evidencia que, el 50% de la población con ingresos por transferencias concentra aproximadamente el 38.33%, mientras que el 75% acumula aproximadamente el 65.14%. Por otra parte, las transferencias que reciben las familias agropecuarias en la región no necesariamente son garantía de focalización hacia aquellos estratos sociales con mayores carencias y vulnerabilidades. Respecto a los ingresos laborales totales, el 50% de la población concentra aproximadamente el 24.72%, mientras que el 85% de la población concentra el 62.35%.

Figura 8. Curva de concentración de ingresos monetarios re normalizados por transferencias y laborales en hogares agropecuarios con autoconsumo



Fuente: Elaboración propia con datos generados a partir de la ENIGH-INEGI (2020)

Discusión

Las relaciones entre la desigualdad y carencia de alimentos pueden también vincularse directamente con la distribución y nivel de educación de la población agropecuaria. En su informe *Panorama Social*, La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), de la Organización de las Naciones Unidas (2022), señala que, los efectos de la pandemia de COVID-19 tendrá efectos negativos en forma de pérdida importante de empleos en la región, contracción de la demanda y reducción de actividades, fenómenos que repercutirán negativamente en la población —principalmente, en el sector primario del país— en el corto y mediano plazo. En este contexto, se percibe que existe una mala distribución tanto de las transferencias como de los ingresos laborales en la población agropecuaria y en condiciones de autoconsumo en el país. Sin duda, este contexto constituye un gran reto para que la garantía del acceso a la alimentación sana y de calidad por parte de las instituciones federales responsables de asegurarlo de sea una realidad. Asimismo, los campesinos necesitan el acompañamiento, la transferencia del conocimiento, las innovaciones, el desarrollo y la investigación para coadyuvar al fomento y la productividad agropecuaria, además de los incentivos a la inversión para generar empleos formales.

Aportación teórica y práctica

Es importante destacar que este trabajo de investigación incorpora un análisis novedoso, dado que correlaciona transversalmente la inseguridad alimentaria con el presupuesto público federal destinado a enfrentar las problemáticas re alimentarias. Para ello, se realizan algoritmos complejos que generan nuevo conocimiento a partir de grandes bases de datos nacionales. De la misma manera, el trabajo contiene un aporte práctico de análisis sobre la distribución del índice de marginación municipal y las sedes de los centros públicos de investigación para visibilizar el reto que enfrentan aquellos que están

fundamentalmente orientados a mejorar las condiciones alimentarias del país.

Conclusiones y recomendaciones

El acceso a los alimentos y la alimentación para el sector agropecuario en condiciones de autoconsumo involucra elementos multifactoriales y transversales de las distintas funciones del Estado y de la Administración Pública Federal que mandata la Constitución. Desde el punto de vista social y económico, las instituciones encargadas de la investigación, el desarrollo y la innovación, así como del aprovechamiento, la producción, la productividad, la sostenibilidad y la sustentabilidad de los alimentos en México encaran un gran reto no solo para legitimar los recursos públicos y presupuestos de egresos de la Federación dirigidos hacia esta problemática nacional, sino también para mejorar las condiciones de vida de millones de mexicanos que se encuentran en situaciones de inseguridad alimentaria moderada, leve y severa.

Por esta razón, resulta imprescindible que tanto las funciones de investigación, desarrollo e innovación orientadas a la alimentación como aquellas relacionadas con el sector agropecuario, silvícola, pecuario y cinegético desarrollen redes multidisciplinarias, transdisciplinarias e interinstitucionales a lo largo y ancho del país con diversas instituciones académicas, universidades, tecnológicos, empresas privadas y públicas para lograr alcanzar las metas y postulados consagrados en la Constitución en materia alimentaria. Asimismo, es necesario articular mejores diseños y hacer más eficaz la implementación de políticas públicas sociales alimentarias sobre la base de una discriminación positiva —es decir, tratar desigual a los desiguales— porque los problemas son heterogéneos y varían notablemente en cada una de las localidades y territorios de los municipios del país.

Sin duda, la implementación del modelo para el desarrollo y bienestar en el acceso de alimentos y alimentación en el sector campesino representa un gran desafío, dado que se trata de una problemática

compleja y multifactorial. No obstante, las acciones que se emprendan tendrán éxito en la medida en que mejoren la organización política y administrativa, la gestión pública, el monitoreo y la evaluación de impacto de los proyectos y programas tecnológicos en beneficio del incremento de la producción en los alimentos en las regiones.

Es importante señalar que las correlaciones que se generaron a partir de la información entre las inseguridades alimentarias de los hogares en México y los presupuestos de egresos de la Federación destinados a ciencia investigación desarrollo e innovación, así como al desarrollo agropecuario, silvícola y pesquero presentaron una correlación fuertemente negativa para la inseguridad alimentaria moderada en el caso de los presupuestos en ciencia investigación. Esto quiere decir que, a medida que se incrementan los ingresos destinados a este componente, se reduce la inseguridad alimentaria. Asimismo, en el caso del presupuesto destinado al sector agropecuario, se evidencia que, a medida que aumentan el presupuesto en este rubro, existe una tendencia negativa en lo que respecta a la inseguridad alimentaria leve y la inseguridad alimentaria en general. Otro de los componentes importantes de estas relaciones son los recursos públicos destinados al desarrollo económico; en general, se observa que, en la medida en que se incrementa el presupuesto en esta función, se reduce la inseguridad alimentaria en todas las clasificaciones.

En definitiva, se recomienda incorporar programas de monitoreo y evaluación de impacto social, económico, ambiental y cultural en los proyectos tecnológicos científicos de tal manera que incluyan indicadores sobre los resultados e incidencia social para legitimar la sintonía entre los esfuerzos y la solución de problemas, particularmente la reducción de la inseguridad alimentaria en el país.

Bibliografía

INEGI (2018): *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2018: Nueva Serie: Descripción de base de datos* [en línea] <<https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/>>.

- BANXICO (2020): *Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC). Base = 100 INPC 2 quincena de julio 2018* [en línea] <<https://www.inegi.org.mx/app/indicesdeprecios/Estructura.aspx?idEstructura=112001300030&T=%7B%5C%7BI%7D%7Dndices de Precios al Consumidor&ST=Inflaci%7B%5C%7Bo%7D%7Dn Mensual>>-
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2022): Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Ciudad de México: DOF, 1-158 [en línea] <<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LOAPF.pdf>>.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de la Organización de las Naciones Unidas (2022): *Panorama Social de América Latina 2021*, México: CEPAL. https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/46687/S2000966_es.pdf
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) (2022): *Sistema de Centros Públicos de Investigación CONACYT*, «¿Quiénes Somo?» [en línea] <<https://centrosconacyt.mx/quienes-somos/>>.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) (2021): *Informe de evaluación de la política de desarrollo social 2020* [en línea] <https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/2021/COMUNICADO_01_IEPDS_2020.pdf?fbclid=IwAR0RB6ySbPtIQrPeU0nSnRw-dFBaid78ajxY8Bo8xAsW-A7GD7xVDYSGRnU>.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO) (2020): *Consejo Nacional de Población. Índice de Marginación por Entidad Federativa y Municipio, 2020* [en línea] <<https://www.gob.mx/conapo>>.
- Dagnino, J. (2014): «Coeficiente de correlacion lineal de pearson», *Chil Anest*, 43, 150-153.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2021): *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. H. Cámara de Diputados Del H. Congreso de La Unión [en línea] <<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>>.
- Gini, C. (1921): «Measurement of inequality of incomes», *The Economic Journal*, 31(121), 124-126.
- INEGI (2012): *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2012. Esquema de categorías y variables*.
- (2020). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH). 2020 Nueva serie*. INEGI-ENIGH [en línea] <<https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2020/>>.
- (2018): *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares. Diseño conceptual y definición de categorías y variables. Descripción de la base de datos* [en línea] <https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enigh/nc/2018/doc/enigh18_descriptor_archivos_fd_ns.pdf>.

- Jann, B. (2014): «Plotting regression coefficients and other estimates», *The Stata Journal*, 14(4), 708-737.
- Juárez, J. R. (2022): «Seguridad alimentaria y la agricultura familiar en México», *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(3), 553-565.
- Laos, E. H. (2003): «Distribución del ingreso y pobreza», en E. De La Garza y C. Salas, *La Situación Del Trabajo En México*, México: IET-UAM-Solidarity Center-Plaza y Valdez, 97-128.
- Lopez-Feldman, A. (2006): «Decomposing inequality and obtaining marginal effects», *The Stata Journal*, 6(1), 106-111.
- Medina, F. (2001): *Consideraciones sobre el índice de Gini para medir la concentración del ingreso* (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) División de Estadística y Proyecciones Económicas (ed.), México: CEPAL.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2012): *Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA): Manual de uso y aplicaciones* [en línea] <<http://www.fao.org/3/a-i3065s.pdf>>.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) (2022): *Presupuesto de Egresos de la Federación* [en línea] <<http://presto.hacienda.gob.mx/EstoporLayout/estadisticas.jsp>>.
- Shamah-Levy, T., Humarán, I. M.-G., Mundo-Rosas, V., Rodríguez-Ramírez, S. y Gaona-Pineda, E. B. (2021): «Factores asociados con el cambio en la inseguridad alimentaria en México: Ensanut 2012 y 2018-19», *Salud Pública de México*, 63(3), 350-358.
- Soto Baquero, F., Rodríguez Fazzone, M. y Falconi, C. (2007): *Políticas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*, Bogotá: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Stark, O., Taylor, J. E. y Yitzhaki, S. (1986): «Remittances and inequality», *The Economic Journal*, 96(383), 722-740.
- Torres García, A. J., Ochoa Adame, G. L. y Pedroza Villegas, D. O. (2022): «Determinantes de la participación económica de la mujer en México: un enfoque de calificación laboral», *Revista de Economía*, 39(98), 69-93.
- United State Department of Agriculture USDA (2022): *Production, supply and distribution. Commodities from Mexico* [en línea] <<https://www.usda.gov/>>.

Buenas prácticas agrícolas en el agua de riego para la producción de hortalizas frescas en el marco de la seguridad alimentaria

La seguridad alimentaria y BPA en el agua de riego para producción de hortalizas

DANIEL RUIZ JUÁREZ

*Departamento de Producción Agrícola y Animal,
Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8867-4565>*

MÓNICA GUTIÉRREZ ROJAS

*Departamento de Producción Agrícola y Animal,
Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5067-0617>*

RAMÓN JAIME HOLGUIN PEÑA

*Programa de Agricultura en Zonas Áridas
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1207-4683>*

Temática: Seguridad Alimentaria

Resumen

El presente estudio tiene como objeto la prevención de los riesgos sanitarios ocasionados por la pandemia del COVID-19 y proponer estrategias para reducir riesgos causados por enfermedades gastrointestinales. El objetivo fue fomentar y establecer métodos para disminuir los riesgos de contaminación en la cadena de producción primaria de vegetales frescos y valorar el peligro de contaminación microbiológica del agua para uso agrícola en Hidalgo, México. Se tomaron muestras de agua de pozos, manantiales, escurrimientos naturales y aguas residuales durante los ciclos agrícolas primavera-verano y otoño-invierno de 2020 y 2021. Los análisis microbiológicos de identificación, cuantificación y determinación de la carga microbiana se realizaron en CIBNOR-CONACYT. La convergencia del conocimiento y la incidencia en la innovación social con horticultores, CIBNOR-CONACYT y UAM facilitó la

generación de conocimiento, y optimizó la estandarización de BPA para reducir riesgos de contaminación microbiológica en agua de riego para cultivo de hortalizas y coadyuvar en la implementación de políticas nacionales en materia de seguridad alimentaria. La contaminación fue positiva a coliformes fecales en diferentes fuentes de agua para riego, sin embargo, los niveles se encontraron dentro de los límites permisibles.

Palabras clave: inocuidad alimentaria, contaminación microbiológica, riesgos de contaminación, enteropatógenos.

Abstract

This study was established to prevent health risks caused by the COVID-19 pandemic and contribute to strategies to reduce risks caused by gastrointestinal diseases. The objective was to promote and establish strategies to reduce contamination risks during the primary production chain of fresh vegetables and assess the risk of microbiological contamination of water for agricultural use with influence in Hidalgo, Mexico. Water samples were taken from wells, springs, natural runoff, and wastewater during the spring/summer and fall/winter agricultural cycles of 2020 and 2021. The microbiological analyzes for identification, quantification, and determination of the microbial load were carried out at CIBNOR-CONACYT. The convergence of knowledge and incidence in social innovation with horticulturists, CIBNOR-CONACYT and UAM facilitated the generation of knowledge, and optimized the standardization of BPA, to reduce risks of microbiological contamination in irrigation water for vegetable cultivation and contribute to the implementation of national strategies on food security. The contamination was positive for fecal coliforms in different irrigation water sources; however, the levels were within the permissible limits.

Keywords: food safety, microbiological contamination, contamination risks, enteropathogens.

Introducción

En la Cumbre Mundial de Alimentación celebrada bajo el marco de Seguridad Alimentaria, la FAO (2002) declaró como prioridad salvaguardar la soberanía alimentaria de los individuos, los hogares y las naciones, misma, que se consigue cuando los humanos tienen acceso en todo momento al abasto de alimento seguro y nutritivo que les permita cubrir las necesidades básicas de alimentación para realizar las actividades cotidianas. Sin embargo, en determinadas regiones del mundo la subalimentación se incrementa a medida que aumenta exponencialmente la población y, por tanto, crecen las necesidades de acceso a alimentos sanos y seguros (FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF, 2020). En este contexto, es necesario implementar sistemas de seguridad alimentaria para atender eficientemente la ca-

dena de producción de alimentos que aseguren la canasta básica de suministros nutritivos e inocuos. Una alternativa para la producción de alimentos frescos e inocuos de origen vegetal en la cadena alimenticia del humano es el abasto de alimento sano y seguro capaz de satisfacer las necesidades básicas y nutritivas de la población (OPS/OMS, UNICEF, FAO, 2022). Es decir, en las zonas agrícolas del mundo, la diversidad de climas y microclimas favorecen la producción rápida, dinámica y constante de hortalizas frescas. En definitiva, si se dispone de las condiciones idóneas para el cultivo y los factores abióticos adecuados —temperatura, suelo, nutrientes y agua de buena calidad— se incrementa la probabilidad de producir alimentos sanos y seguros. Sin embargo, siempre existirán riesgos de contaminación física, química y microbiológica que limiten la accesibilidad a los alimentos inocuos (Hernández *et al.*, 2011; y Jung *et al.*, 2014). La contaminación microbiológica recurrente se presenta cuando no se conocen los riesgos de contaminación cruzada que pueden presentarse durante la producción primaria, ya sea en la cosecha, empaque, embalaje o transporte. En consecuencia, los riesgos de contaminación se manifiestan en el incremento del número de casos de enfermedades gastrointestinales causadas por el consumo de alimentos contaminados. Por ejemplo, en el mundo se registraron entre 1.3 y 4 millones de casos de cólera y 21,000 a 143,000 muertes causadas por *Vibrio* spp. (OPS, 2021). Se documentaron 230 mil muertes al año por *escherichia coli* y 153 millones de infecciones causadas por el género *salmonella* (Soto *et al.*, 2016; SENASICA, 2016; y Andrews *et al.*, 2021). Además, las levaduras, huevos de helmintos y otros parásitos intestinales suelen aparecer en aguas contaminadas, ya sea durante la aplicación del riego o en el lavado del producto. Las fuentes de la contaminación son diversas: la exposición a los focos de contaminación, los escurrimientos de agua con arrastre de heces de animales estabulados o silvestres, los pozos superficiales o profundos expuestos a contaminantes externos, los manantiales sin medidas de prevención de contacto físico con fauna silvestre o nativa y del propio hombre, la falta de sanitización de aguas grises o negras, la mezcla de aguas para riego con los sistemas de drenaje y las aguas contamina-

das con desechos orgánicos e inorgánicos procedentes de desechos industriales, hospitalarios o de origen pecuario (Hernández *et al.*, 2011). La demanda de consumo de hortalizas frescas a nivel nacional e internacional [1 128 millones de toneladas (t) en 2020] (FAO, 2021; y Orús, 2022) es el motivo principal para vigilar y atender de manera oportuna la sanidad y la inocuidad de los cultivos en la cadena de producción primaria, la cosecha, empaque, embalaje y transporte. La creciente movilización de vegetales frescos debe ser monitoreada y estar basada en el análisis presuntivo de la no presencia de microorganismos patógenos causantes de enfermedades gastrointestinales. En la cadena de producción, es fundamental reducir los riesgos de contaminación microbiológica para garantizar la inocuidad del alimento fresco. En este sentido, y con base en el estudio de caso por caso, es preciso tomar medidas de manejo que mitiguen el riesgo de contaminación cruzada. Durante la pandemia de COVID-19, el incremento de brotes epidemiológicos por *salmonella* spp. en USA y en México disminuyó un 0.15% y un 1.04%, respectivamente (CDC-FDA, 2021; y SINAVE-DGE-SSM, 2021). El aplanado y descenso de la curva epidemiológica por brotes de enfermedades gastrointestinales de origen bacteriano en la población norteamericana puede deberse al bajo consumo de alimentos frescos o procesados que no presentaron garantía de alimento seguro e inocuo. El objetivo de esta investigación fue fomentar la reducción de riesgos de contaminación microbiológica durante la cadena de producción primaria de vegetales frescos de los productores agrícolas de Hidalgo (México) y valorar el riesgo de contaminación microbiológica del agua para riego y cultivo de hortalizas frescas.

Problemática

La oferta de alimentos de origen vegetal para consumo humano que asegure el abasto, la sanidad, la calidad y la inocuidad debe ser prioritaria para todos los productores y jornaleros en la cadena de producción primaria, la cosecha, empaque, almacén o transporte. Pa-

ra ello, es preciso que, quienes se encargan del suministro alimenticio realicen un buen desarrollo agronómico a través de la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) (Villasanti *et al.*, 2012). Esta exigencia se asocia a la constante demanda y la presión para incrementar y abastecer de alimentos a la población mundial, nacional o local sin considerar que, durante la cadena de producción, los riesgos de contaminación física, química o biológica pueden afectar a la salud del consumidor, que está expuesto a los constantes focos de contaminación cruzada o inducida. De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud, las infecciones gastrointestinales en el mundo causadas por enterobacterias provocan un gran número de cuadros de diarrea, fiebre, dolor de cabeza, vomito, dolor de las articulaciones e incluso la muerte de infantes y adultos mayores. Este fenómeno se ha incrementado en los últimos años hasta alcanzar los cuatro millones de afectaciones anuales, a las que hay que sumar las 140 mil muertes acumuladas (OPS-OMS, UNICEF, FAO, 2022).

En determinados países del continente africano, el incremento de casos de enfermedades gastrointestinales por contaminación en el consumo de alimentos frescos —que se expresa en la curva epidemiológica— es desolador. El avance exponencial y la acelerada tasa de crecimiento de la contaminación vinculada al consumo de alimentos frescos irrigados o cultivados en condiciones insalubres en los Estados Unidos de Norteamérica y México desborda los riesgos de transmisión de enfermedades. Al igual que en otros países, en algunas regiones de México la producción de alimentos sigue realizándose con métodos agrícolas tradicionales o de traspatio, donde se aplican prácticas por abolengo que, hasta cierto punto pueden repercutir negativamente en la salud del consumidor, dado que se utilizan aguas residuales, escurrimientos naturales o represas que no cumplen con medidas de bioseguridad. Además, los hábitos, usos o costumbres de la producción agrícola contrarios a la salubridad y la inocuidad alimentaria que se adoptan durante la producción primaria no favorecen a la salud debido a la deficiente producción, obtención y manejo de los alimentos, y no respetan los principios básicos de BPA que repercuten en la inocuidad alimentaria. Ante es-

ta problemática, es necesario fomentar la convergencia del conocimiento y la incidencia en la innovación social con los horticultores, el CIBNOR-CONACYT y la UAM para reducir los riesgos de contaminación microbiológica durante la cadena de producción primaria de vegetales frescos cultivados por horticultores de Hidalgo, México; asimismo, es preciso valorar el riesgo de contaminación microbiológica del agua para riego y cultivo de hortalizas frescas.

Desarrollo de la propuesta

Para prevenir los riesgos sanitarios en la población causados por la pandemia de COVID-19 y diseñar estrategias de manejo sostenibles para aminorar el número de brotes por enfermedades gastrointestinales y para que el consumo alimentos de origen vegetal cultivados bajo intensos sistemas de irrigación no se vea afectado por la contaminación (enterobacterias) en algún punto de la cadena de producción primaria, la cosecha o la movilización. En esta investigación, el desarrollo del proyecto se ha realizado bajo el marco de la seguridad alimentaria y está basado en la aplicación de las BPA en el agua de riego para el cultivo y la producción de hortalizas frescas en Hidalgo (México). Se decidió trabajar en el Valle del Mezquital de Hidalgo porque en la zona, la horticultura se basa en el cultivo intensivo mediante sistemas de riego con aguas residuales, manantiales, escurrimientos naturales y pozos. La convergencia del conocimiento y la incidencia en la innovación social con horticultores se realizó mediante talleres, jornadas de trabajo e investigación científica. Se establecieron medidas de precaución y disminución de riesgos de contaminación en el eje central de la certificación en Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación por el Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) bajo la implementación de las BPA, y se tomaron como referencia la NOM-EM-034-FITO-2000, que prevé los requisitos y especificaciones para la aplicación y certificación de BPA en los procesos de producción de frutas y hortalizas frescas y la NOM-093-SSA1-1994, que especi-

fica las prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos ofrecidos en establecimientos fijos en manuales de seguridad e higiene del trabajador. Además, se estudió y analizó el agua utilizada en el cultivo de las hortalizas con base en el *Manual técnico de muestreo de productos agrícolas y fuentes de agua para la determinación de contaminantes microbiológicos* del SENASICA, a fin de asegurar la calidad e inocuidad del agua de riego con el sustento de la NOM-001-SE-MARNAT-2021, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, la NOM-112-SSA1-1994 y la NOM-210-SSA1-2014, que especifica los métodos de prueba microbiológicos para la determinación de bacterias coliformes, la NOM-069-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria y la NOM-CCA-033-ECOL-1993, que establece las condiciones bacteriológicas para el uso de aguas residuales de origen urbano o municipal o de la mezcla de estas con la de los cuerpos de agua en el riego de hortalizas y productos hortofrutícolas. Finalmente, se celebraron foros en los que participaron miembros de la academia y especialistas en ciencia aplicada para compartir aprendizajes con los productores. En estos encuentros, los cuerpos académicos de fitosanidad e inocuidad alimentaria del CIBNOR y del Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco divulgaron, impulsaron, promovieron, transfirieron y consolidaron conocimientos tecnológicos junto a los productores, estudiantes, el sector gubernamental, los profesionales y los académicos, enfatizando la necesidad de reconocer, monitorear y detectar posibles riesgos de contaminación microbiológica que pudieran presentarse en el agua para riego y en los cultivos destinados a la alimentación.

Metodología

Zona de estudio

La investigación se llevó a cabo durante los ciclos primavera verano (P-V) y otoño invierno (O-I) de 2020 y 2021 en la zona hortícola de mayor impacto productivo y económico del estado de Hidalgo, México, entidad que se encuentra entre los 20° 27' 10" N 99° 14' 57" O / 20.45275, -99.24911389, a 1,700 msnm. De acuerdo con INAFED (2012), el clima es semiseco templado, la temperatura media anual es de 18.5 °C y los suelos son del tipo Leptosol (INEGI, 2009). La superficie hortícola está conformada a base de chile verde (*Capsicum annuum* Linn), calabacita (*Cucurbita pepo* L.), ejote (*Phaseolus vulgaris* L.), tomate de cáscara verde (*Physalis ixocarpa* Brot.), jitomate (*Solanum tuberosum* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), cilantro (*Coriandrum sativum* L.), col (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*), rábano (*Raphanus sativus* L.), betabel (*Beta vulgaris* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.). El promedio de la superficie total de los cultivos hortícolas es de 8310 ha, que se encuentran bajo el sistema de riego. El estado dispone de 189 almacenamientos de agua, entre presas, bordos y lagunas (54 presas y 5 lagunas) con una capacidad total de almacenamiento de 1816 millones de metros cúbicos de agua (mm³) (INEGI, 2009). De acuerdo con el Programa Estatal de Desarrollo Agropecuario Sustentable de Hidalgo, la zona agrícola se nutre del agua de la cuenca del río Tula, predominan las presas Endhó (183 mm³), Requena (52 mm³), Rojo Gómez (50 mm³), Taxhimay (43 mm³) y Vicente Aguirre (21 mm³), que abastecen a los Distritos de Riego 003 —Tula y 100— Alfajayucan, además de la presa Zimapán (1390 mm³). El abasto de agua corresponde al escurrimiento natural de lluvia (3916 mm³) y al suministro de desagüe que llega de la Ciudad de México (1676 mm³) y está compuesto principalmente por una mezcla de desechos industriales, de hospitales, de drenaje y de alcantarillado de la ciudad (SADER, 2011), además de pozos profundos y manantiales naturales. En las zonas irrigadas para el cultivo hortícola, el abasto de agua se realiza por arrastre

vía canal y la disposición del agua en la unidad de producción es por inundación.

Capacitación en buenas prácticas agrícolas para la producción de hortalizas frescas

Los requisitos y especificaciones para la aplicación y certificación de BPA en los procesos de producción primaria de hortalizas frescas se realizaron siguiendo la NOM-EM-034-FITO-2000.

Con la finalidad de intercambiar experiencias entre productores, profesionales y científicos se organizaron diversos encuentros académicos y talleres en los que participaron los cuerpos académicos de fitosanidad e inocuidad alimentaria del CIBNOR y el Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (UAM Unidad Xochimilco) de la Ciudad de México. La temática central de las jornadas de trabajo fue la estandarización de riesgos de contaminación microbiológica en hortalizas de interés agrícola.

Los talleres se celebraron en el marco de la colaboración del CIBNOR-UAM con el proyecto bilateral de México y Japón referido a las BPA orientadas a la disminución de riesgos de aguas contaminadas para la producción sustentable en sistemas agrícolas y acuapónicos en las zonas áridas. Otro contenido fue la asistencia técnica especializada a los países del Caribe que se realizó mediante la participación en los talleres virtuales «Entrenamiento para la producción sostenible en sistemas agrícolas y acuapónicos en el contexto de la seguridad alimentaria y el cambio climático», foro organizado conjuntamente la FAO (ONU), la Universidad de Tottori de Japón y la Secretaría de Relaciones Exteriores de México.

Asimismo, se realizaron talleres locales y asesorías técnicas destinadas a la generación de conocimiento básico y aplicado en diversas zonas agrícolas de Hidalgo. Los principios básicos de gestión en la generación de protocolos de BPA para la disminución de riesgos de contaminación microbiológica se delinearon bajo el marco de traza-

bilidad de puntos de riesgos en toda la cadena productiva. Se hizo énfasis en la divulgación, impulso, promoción, transferencia y consolidación de conocimiento tecnológico entre los productores, los estudiantes, el sector gubernamental, profesionales y académicos. La divulgación de conocimientos a los productores se centró en el intercambio de experiencias relativas a temas como el reconocimiento, monitorización y detección de posibles riesgos de contaminación microbiológica que pudieran presentarse en el agua para riego y en los cultivos.

Muestreo de agua para riego

Con base en la NOM-CCA-033-ECOL-1993, que establece «las condiciones bacteriológicas para el uso de aguas residuales de origen urbano o municipal o de la mezcla de estas con la de los cuerpos de agua, en el riego de hortalizas y productos hortofrutícolas» y el PROY-NMX-AA-003-SCFI-2019 para el muestreo en aguas residuales, se tomaron muestras de agua para riego procedentes de descargas de usos municipales, agrícolas, pecuarios, industriales, domésticos, escurrimientos naturales, agua de manantial y de pozo.

El muestreo se realizó en intervalos de 30 días en coparticipación de productores hortícolas, investigadores de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco y del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste realizaron salidas de reconocimiento para ubicar y georreferenciar (GPS GARMIN® Etrex 20x) de forma aleatoria 100 lugares de cultivo con hortalizas en irrigación; en promedio, la extensión de los mismos fue de 10 ha. Los muestreos iniciaron a partir de la derivación del distrito de riego del río Tula y del río Alfajayucan en dirección a los sitios del cultivo de hortalizas. La ruta de muestreo se inició en el cauce de los canales principales y secundarios que irrigan las unidades de producción; asimismo, las muestras de agua de manantiales, escurrimientos y pozos se tomaron de forma directa en su origen. Con base en los manuales de BPA y seguridad e higiene se utilizó equipo de seguridad y protección per-

sonal (Siller-Cepeda *et al.*, 2002). Asimismo, y como referencia, se consideró dar seguimiento al Manual Técnico de Muestreo de Productos Agrícolas y Fuentes de Agua para la Determinación de Contaminantes Microbiológicos del SENASICA (SENASICA, 2015). En la toma de las muestras de agua se utilizaron tubos falcon estériles de 16 x 150 mm. En cada lugar se tomó una muestra más tres repeticiones, las muestras fueron etiquetadas y preservadas a 4 °C hasta que se realizaron los análisis microbiológicos de laboratorio.

Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos se realizaron en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) Centro público del CONACYT en La Paz, B.C.S. siguiendo las normas NOM-069-ECOL-1994, NOM-112-SSA1-1994, NOM-001-SEMARNAT-2021 y NOM-210-SSA1-2014. Por cada muestra se tomaron 100 mL de agua para riego y cultivo de hortalizas, la submuestra se colocó en tubo de ensayo y se agitó vigorosamente. Seguidamente se inoculó en agua peptonada y se incubaron a 37 °C por 24 h. A partir de las muestras incubadas se realizaron diluciones 10^0 , 10^1 , 10^2 y 10^3 . 100 μ L de alícuota de cada dilución se estriaron con asa Drigalsky en placas con medio de cultivo y los cultivos se realizaron por triplicado. Los medios de cultivo utilizados fueron Agar Verde Brillante (VB), Eosina Azul de Metileno (EAM), Bilis Rojo Violeta (RBV), Agar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD), Agar Salmonella-Shigella (SS), Agar Triple Azucar Hierro (TSI), Agar Lisina Hierro (LSI), Agar Citrato de Simmons, Medio Sulfuro Indol Motilidad (SIM), Agar Tiosulfato Citrato sales Biliares Sacarosa (TCBS), Agar Tripticasa de Soja (TSA), Agar Lisina Hierro (LIA). El control a base de agua peptonada sin inóculo también se estableció en cada medio de cultivo. Los aislamientos se incubaron a 37 °C por 24 h. De cada placa con medio VB, RBV, SS, TCBS, LIA y TSA se realizó conteo de colonias, y a partir del medio EAM se seleccionaron colonias con brillo metálico, TCBS colonias típicas amarillas planas o ligeramente convexas y de XLD colonias

amarillo o blancas con o sin centro negro, de las cuales se sembraron y purificaron en medio EAM, TCBS, XLD. En la diferenciación se utilizaron pruebas bioquímicas con medios selectivos y API 20 E® (BioMerieux, México).

Análisis estadístico

Se tomaron aleatoriamente 100 muestras de agua para riego y cultivo de hortalizas, y el muestreo se realizó con base en el cauce de los canales principales y secundarios que irrigan las unidades de producción hortícola. También se tomaron muestras de agua de manantiales, escurrimientos naturales, canal para riego y pozos. El diseño experimental fue un estudio descriptivo longitudinal. Los resultados de cada unidad experimental se analizaron mediante un diseño experimental aleatorio con el programa estadístico JMP V8. A fin de probar las diferencias entre las medias se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y para comparar las medias entre las muestras de agua para riego se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

Resultados y discusión

Incidencia social entre el productor hortícola y la academia científica

A través del CIBNOR y de la Universidad Autónoma Metropolitana, los Centros Públicos de Investigación (CPI) del CONACYT permitieron consolidar este proyecto de incidencia social en la zona de producción hortícola del Valle del Mezquital de Hidalgo, México, con el único fin de generar conocimiento e innovación social a través de la difusión y divulgación de resultados de investigación cualitativa y cuantitativa sobre propuestas de diseño e implementación de planes y ejecución de acciones para el manejo del agua para riego y aplicación de las BPA en la reducción de riesgos de contaminación

microbiológica, durante la producción primaria de hortalizas frescas y asegurar la oferta de alimentos sanos e inocuos. El interés participativo de los productores de Hidalgo estriba particularmente en la necesidad de producir alimentos de origen agrícola (hortalizas) con los requerimientos necesarios de inocuidad para vender sus productos vegetales en mercados nacionales e internacionales. En relación con esta iniciativa, es pertinente destacar que, entre los índices de producción de alimentos a nivel mundial, Hidalgo es considerado uno de los principales estados productores de hortalizas que contribuyen al suministro diario de la dieta del poblador mexicano y extranjero (SIAP, 2021). Sin embargo, los índices de producción pueden verse afectados por la interacción de organismos, causantes de enfermedades gastrointestinales que ponen en riesgo la producción, la salubridad, la calidad y la inocuidad de los alimentos de origen hortícola (Villasanti *et al.*, 2012). Existe, además, el riesgo sanitario derivado de los microorganismos causantes de enfermedades que permanecen y prevalecen en los tejidos vivos de las estructuras botánicas de las hortalizas frescas durante su traslado por territorio nacional e internacional. Manifiestamente, la contaminación cruzada pone en alerta la sanidad y el estatus sanitario de cada región de la República Mexicana (SINAVE-DGE-SSM. 2021). En este marco, es necesario salvaguardar el estatus sanitario de cada unidad de producción y mitigar el riesgo de contaminación sanitaria, mismo que puede ser de origen nativo e incluso introducido por malas prácticas de manejo durante la cadena de producción primaria, la cosecha, el empaque o empaque y/o el transporte (Siller-Cepeda *et al.*, 2002). La contaminación limita el flujo comercial entre los estados productores, las regiones y el mercado nacional e internacional.

Las decisiones equivocadas pueden desencadenar riesgos epidemiológicos que tienen como consecuencia el cierre de fronteras, la eliminación de la cosecha o el retiro de productos de los sitios de distribución con base en el número de lote. Es decir, la presencia de microorganismos patológicos representa un peligro de salud pública y afecta indirectamente a una gama de alimentos de origen hortofrutícolas porque causa enfermedades que provocan alteraciones

fisiológicas en el consumidor final y repercuten en su salud, hasta el punto de que la enfermedad puede llegar a causar la muerte de los consumidores (SINAVE-DGE-SSM, 2022). Asimismo, los riesgos de contaminación microbiológica no se aprecian a simple vista y esto hace que se incrementen, dado que no son percibidos durante la producción primaria y el flujo comercial. Por ello, la movilización de hortalizas frescas es un vehículo fácil de transmisión de estos problemas sanitarios. Además, en el campo, los productores, técnicos o profesionales no cuentan con las bases suficientes para reconocer los puntos críticos de contaminación microbiana que generan brotes epidemiológicos. La prevención, basada en la implementación de las BPA en el manejo del agua para riego y cultivo de hortalizas frescas es la herramienta alternativa pertinente para conservar las zonas hortícolas que cuentan con agua de riego de diferentes fuentes de abastecimiento. Asimismo, hay que tener en cuenta que, a pesar de que en algunos casos las zonas de producción hortofrutícolas no son tan vulnerables frente a la contaminación en los alimentos frescos, ya sea por efecto de una contaminación cruzada o por contaminación del agua de riego, finalmente estos factores pueden desencadenar algún problema de salud en la población.

En este sentido, la incidencia social de 897 productores agrícolas de Hidalgo encargados de atender la oferta y demanda de la población local, regional e internacional y, por tanto, el consumo de alimentos sanos e inocuos, tiene como base principal el uso correcto y seguro de agua para riego que garantice la inocuidad del alimento fresco. En este contexto, el resultado final de la convergencia del conocimiento y la innovación social como factores de desarrollo de los CPI del CONACYT en el logro de la incidencia social en México durante la pandemia de COVID-19 fue el fomento de la reducción de riesgos de contaminación microbiológica durante la cadena de producción primaria de vegetales frescos de los productores hortícolas de Hidalgo. La participación de los productores agrícolas junto al sector académico y de investigación básica y aplicada permitió atender las unidades de producción agrícola que conforman los ejidos hortícolas de Hidalgo. Es decir, la inclusión participativa de pro-

ductores en las líneas de investigación de Sanidad Vegetal, Calidad e Inocuidad Agroalimentaria por parte de los investigadores del CIB-NOR del CONACYT y de la Universidad Autónoma Metropolitana propició la generación de conocimiento y optimizó la aplicación de prácticas agronómicas que pueden reducir los peligros y riesgos de contaminación durante la producción primaria de hortalizas frescas. Finalmente, la actividad agronómica para el cuidado y manejo del agua para riego puede mejorar la movilización de productos vegetales libres de contaminantes, causantes de enfermedades gastrointestinales, ofertando alimentos sanos e inocuos destinados a mercado local, nacional e internacional.

Determinación de la carga microbiana en agua

De acuerdo con el PROY-NMX-AA-003-SCFI-2019 para muestreo en aguas residuales se valoró el riesgo de contaminación microbiológica del agua para riego. Se tomaron muestras de agua de pozos, manantiales, escurrimientos naturales y agua residual en canales de riego. Los análisis demostraron que el agua para riego está contaminada por bacterias causantes de enfermedades gastrointestinales. No obstante, los niveles se situaban dentro de los límites permisibles. Sin embargo, los niveles de microbiota asociada al agua para riego y cultivo de hortalizas rebasaron los límites establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-2021 (de 2000 UFC/100 mL).

En los medios de cultivo general y específicos se confirmó el crecimiento de *Salmonella* spp., *E. coli* y *V. cholerae*. Se observaron diferencias estadísticas ($p \leq 0.0001$) entre los cuerpos de agua respecto a las UFC/100 mL (Tablas 1-4). En el ciclo O-I de los dos años evaluados, la carga bacteriana presente en las aguas de riego superó los niveles hasta 41.4% respecto de los ciclos primavera-verano (P-V). Además, los valores en las aguas residuales permanecieron por encima de la media general (Tabla 4), en contraste con las aguas de manantial, escurrimiento natural, canal para riego y pozo. El crecimiento de microbiota patógena de humanos asociada a las muestras de

agua para riego y cultivo de hortalizas pone en alerta la contaminación del agua, y de la posible relación de contaminación cruzada en las hortalizas debido a la descarga y mezcla de aguas residuales con aguas de escurrimientos naturales (Tabla 1), manantial o pozos (Tablas 2-3). Datos similares fueron reportados por Arcos *et al.* (2005) y Lamendella *et al.* (2008). Asimismo, la presencia de enterobacterias causantes de patologías como el síndrome urémico hemolítico, la gastroenteritis, la salmonellosis o el cólera pueden ser detonantes de los análisis de peligros y puntos críticos de control (Soto, 2016). Es decir, es necesario identificar pronta y oportunamente los peligros potenciales causantes de enfermedades en los humanos o animales, y tomar medidas de control para asegurar la inocuidad del alimento. En este sentido, se considera un peligro al agente biológico presente en el alimento fresco, o bien la condición de contaminación en que este se encuentra, que puede causar un efecto adverso para la salud del consumidor (OPS/OMS, UNICEF, FAO. 2022). De acuerdo con Prieto (2017), la contaminación del agua de manantiales y pozos con bacterias se debe en gran medida al escurrimiento y el arrastre de contaminantes fecales provenientes de la fauna silvestre y nativa. En este contexto, es importante señalar que el uso y las condiciones de manejo del agua para riego pueden ser un potencial agente contaminante de cultivos hortícolas, y que la carga microbiana también puede albergarse en los residuos de cosecha, las partículas de suelo y el agua estancada. Con la llegada de las precipitaciones y escorrentías a las fuentes de agua natural, la contaminación cruzada en las aguas de manantiales y pozos se incrementa. Esto explica el aumento de la carga bacteriana en los ciclos O-I (Tablas 2-3). Las BPA para el manejo del agua de riego en la producción de hortalizas frescas es determinante para evitar el riesgo de contaminación cruzada del agua de riego a las hortalizas frescas, que se encuentra latente en los periodos de lluvia (NOM-EM-034-FITO-2000; Siller-Cepeda, 2002). De acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-2021, en las diferentes fuentes de agua para riego la contaminación fue positiva, ya que se detectó la presencia de coliformes fecales. Sin embargo, los niveles se situaron dentro de los límites máximos permisibles. Con

base en lo anterior, y como referendun a la Guía de BPA, respecto a la adopción de medidas de manejo y cuidado del agua para riego de manantial y pozos se sugiere la conservación con cercas perimetrales que limiten el acceso de personas, animales y posibles escorrentías de heces de ganado estabulado o de fauna silvestre. También es pertinente considerar como medida precautoria remediar las fisuras presentes en las paredes y los bordes de los pozos (SENASICA, 2016). Las alertas sanitarias por contaminación también se presentan por la interacción de letrinas anexas a los pozos de agua para riego y cultivo hortícola (Palamuleni y Akoth, 2015). En tal sentido, es preciso adoptar medidas y procedimientos para reducir los peligros de contaminación biológica a fin de asegurar las condiciones optimas de cultivo, producción y procesamiento de hortalizas frescas que garanticen la oferta de alimentos sanos e inocuos. Es oportuno registrar los posibles puntos críticos de contaminación cruzada durante el cultivo de hortalizas o por alerta sanitaria en las etapas del proceso de producción para tomar decisiones, salvaguardar la salubridad e inocuidad de los alimentos frescos y evitar el bloqueo de mercado local, nacional e internacional (COFEPRIS, 2018).

Tabla 1. Carga microbiana (UFC/100 mL-Log) en agua de escurrimiento destinada al riego y cultivo de hortalizas en Hidalgo, México

Sitio	Fuente	No. de muestra*	P-V (2020)	O-I (2020)	P-V (2021)	O-I (2021)
			UFC/100 mL (Log)			
1	Esgurrimiento	1	0.69	2.77	0.69	2.77
		2	0.69	2.03	0.70	2.99
		3	1.10	2.98	0.68	2.98
		4	0.69	2.96	1.10	2.96
		5	0.69	2.89	1.09	2.86
		6	1.39	2.98	1.39	2.97
		7	1.61	2.98	1.61	2.88
		8	0.69	2.50	1.38	2.50
		9	0.69	2.77	1.40	2.70
		10	0.69	2.03	1.11	2.89
		11	1.10	2.98	1.10	2.99
		12	0.69	2.96	1.36	2.95

Sitio	Fuente	No. de muestra*	P-V (2020)	O-I (2020)	P-V (2021)	O-I (2021)
			UFC/100 mL (Log)			
		13	0.69	2.89	1.35	2.79
		14	1.39	2.98	1.39	2.79
		15	1.61	2.98	1.61	2.91
		16	0.69	2.50	0.75	2.50
		17	0.69	2.77	0.90	2.78
		18	0.69	2.03	1.00	2.99
		19	1.10	2.98	1.05	2.99
		20	0.69	2.96	0.85	2.95
		21	0.69	2.89	0.70	2.98
		22	1.39	2.98	1.34	2.89
		23	1.61	2.98	1.60	2.88
		24	0.69	2.50	0.71	2.45
		25	0.69	2.77	0.96	2.77
	Media±DE		0.93±0.36 ^b	2.76±0.32 ^b	1.11±0.31 ^b	2.84±0.16 ^b
	Error estándar de la Media		0.07	0.06	0.06	0.03

*Tamaño de muestra más tres repeticiones. DE: Desviación Estándar. Literales diferentes entre filas indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$)

Tabla 2. Carga microbiana (UFC/100 mL-Log) en agua de pozo destinada al riego y cultivo de hortalizas en Hidalgo, México

Sitio	Fuente	No. de muestra*	P-V (2020)	O-I (2020)	P-V (2021)	O-I (2021)
			UFC/100 mL (Log)			
2	Pozo	1	0.69	2.77	0.69	2.77
		2	1.61	2.77	1.61	2.70
		3	0.69	2.00	0.67	2.00
		4	0.69	2.98	0.62	2.98
		5	0.69	1.34	0.67	1.34
		6	1.61	2.47	1.61	2.47
		7	2.08	2.98	2.08	2.99
		8	1.79	2.98	1.79	2.90
		9	0.69	1.52	1.80	1.52
		10	1.29	2.00	1.29	2.00
		11	1.10	1.35	1.10	2.80
		12	1.10	2.96	1.15	2.96
		13	0.69	2.03	0.98	2.50
		14	0.69	2.77	0.57	2.68

Sitio	Fuente	No. de muestra*	P-V (2020)	O-I (2020)	P-V (2021)	O-I (2021)
			UFC/100 mL (Log)			
		15	0.69	2.72	0.91	2.72
		16	1.29	2.00	1.30	2.15
		17	0.69	2.77	0.74	2.96
		18	1.61	2.77	1.74	2.66
		19	0.69	2.00	0.59	2.34
		20	0.69	1.34	0.63	2.87
		21	1.61	2.47	1.87	2.74
		22	2.08	2.98	2.08	2.34
		23	1.79	2.98	1.79	2.82
		24	0.69	1.52	0.69	1.99
		25	1.10	1.35	1.10	1.90
	Media±DE		1.13±0.50 ^b	2.31±0.63 ^b	1.20±0.52 ^b	2.48±0.47 ^b
	Error estándar de la Media		0.10	0.13	0.10	0.09

*Tamaño de muestra más tres repeticiones. DE: Desviación Estándar. Literales diferentes entre filas indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$)

Tabla 3. Carga microbiana (UFC/100 mL-Log) en agua de manantial destinada al riego y cultivo de hortalizas en Hidalgo, México

Sitio	Fuente	No. de muestra*	P-V (2020)	O-I (2020)	P-V (2021)	O-I (2021)
			UFC/100 mL (Log)			
3	Manantial	1	0.69	2.12	0.69	2.79
		2	1.10	2.94	1.10	2.94
		3	1.39	2.98	1.39	2.98
		4	1.10	2.77	1.25	2.77
		5	1.10	2.77	1.89	2.50
		6	0.69	2.12	0.97	2.12
		7	1.10	2.94	1.81	2.90
		8	1.39	2.98	1.40	2.98
		9	1.10	2.77	1.15	2.65
		10	1.10	2.77	0.81	2.57
		11	0.69	2.12	0.77	2.14
		12	1.10	2.94	1.33	2.97
		13	1.39	2.98	1.39	2.87
		14	1.10	2.77	0.84	2.64

Sitio	Fuente	No. de muestra*	P-V (2020)	O-I (2020)	P-V (2021)	O-I (2021)
			UFC/100 mL (Log)			
		15	1.10	2.77	0.73	2.66
		16	0.69	2.12	1.25	2.73
		17	1.10	2.94	1.29	2.91
		18	1.39	2.98	0.94	2.95
		19	1.10	2.77	0.91	2.41
		20	1.10	2.77	0.70	2.59
		21	0.69	2.12	0.69	2.00
		22	1.10	2.94	1.29	2.94
		23	1.39	2.98	1.05	2.99
		24	1.10	2.77	1.10	2.96
		25	1.10	2.77	1.24	2.45
	Media±DE		1.08±0.23 ^b	2.72±0.32 ^b	1.12±0.33 ^b	2.70±0.29 ^b
	Error estándar de la Media		0.05	0.06	0.07	0.06

*Tamaño de muestra más tres repeticiones.
DE: Desviación Estándar. Literales diferentes entre filas indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$).

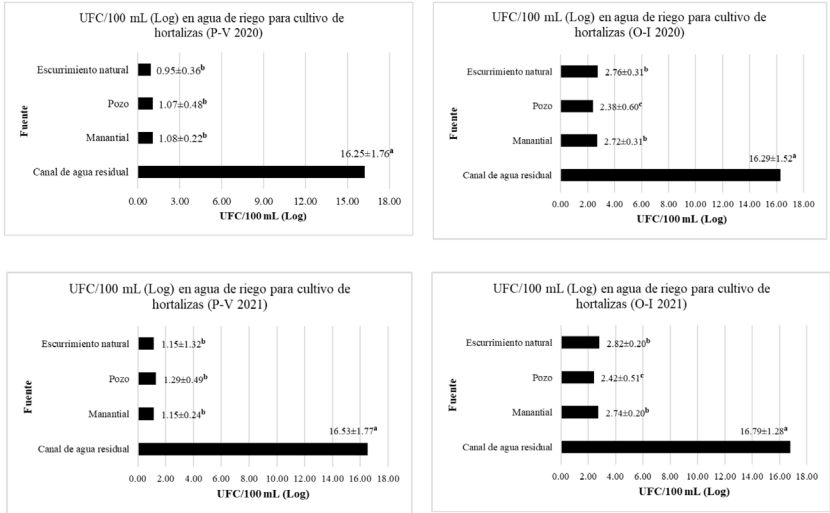
Tabla 4. Carga microbiana (UFC/100 mL-Log) en agua residual destinada al riego y cultivo de hortalizas en Hidalgo, México

Sitio	Fuente	No. de muestra*	P-V (2020)	O-I (2020)	P-V (2021)	O-I (2021)
			UFC/100 mL (Log)			
4	Canal de agua residual	1	19.18	18.55	19.18	18.55
		2	13.99	13.98	13.99	18.30
		3	18.37	18.13	18.37	18.13
		4	17.48	17.22	17.48	17.22
		5	17.23	16.82	17.23	16.82
		6	13.64	13.30	13.64	18.13
		7	14.56	14.56	14.56	14.50
		8	15.67	15.34	15.67	15.34
		9	15.33	16.36	15.33	16.36
		10	16.71	16.38	16.71	16.37
		11	18.20	18.07	18.20	18.54
		12	19.18	18.55	19.18	17.65
		13	18.37	18.13	18.35	18.13
		14	17.48	17.22	17.01	17.22

Sitio	Fuente	No. de muestra*	P-V (2020)	O-I (2020)	P-V (2021)	O-I (2021)
			UFC/100 mL (Log)			
		15	17.23	16.82	17.33	16.82
		16	13.64	13.30	13.69	15.14
		17	14.56	14.56	14.55	14.82
		18	15.67	15.34	15.68	16.23
		19	18.20	18.07	18.25	18.09
		20	13.99	13.98	13.98	15.45
		21	15.33	16.36	15.35	16.37
		22	16.71	16.38	16.75	17.12
		23	13.99	14.98	13.90	15.87
		24	15.33	16.36	13.34	17.25
		25	16.71	16.38	16.72	16.24
Media±DE			16.27±1.79 ^a	16.21±1.63 ^a	16.18±1.87 ^a	16.83±1.20 ^a
Error estándar de la Media			0.36	0.33	0.37	0.24

*Tamaño de muestra más tres repeticiones.
DE: Desviación Estándar. Literales diferentes entre filas indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$)

Figura 1. Carga microbiana en agua destinada al riego y cultivo de hortalizas en Hidalgo, México



En las prácticas agronómicas aplicadas para el manejo de agua de riego en el cultivo de hortalizas es indispensable implementar un sistema de trazabilidad que permita al productor identificar y determinar el historial del agua de riego que estará en contacto con los cultivos, localizar de manera oportuna los peligros o puntos críticos de posible contaminación microbiológica que desencadene riesgos de salud pública. De esta manera, será más fácil detectar de forma rápida el riesgo de contaminación y el núcleo de alimentos que pueden estar en riesgo de contaminación por el uso inadecuado del agua de riego. La trazabilidad también delimita y especifica las responsabilidades que competen a cada eslabón de la cadena de producción, principalmente si se presentan emergencias sanitarias y de inocuidad, lo que permitirá la localización del foco de contaminación desde la cadena de producción primaria, hasta la cosecha. En definitiva, también minimiza el impacto económico de los productores, dado que se retira únicamente el lote de producción que representa un peligro biológico para el consumidor final.

En este sentido, la capacitación y uso seguro del agua de riego para producción de hortalizas frescas basado en BPA en la producción primaria de hortalizas puede disminuir el riesgo de contaminación microbiológica en las hortalizas frescas.

Conclusiones

A través del CIBNOR del CONACYT y de la Universidad Autónoma Metropolitana, los Centros Públicos de Investigación CONACYT han permitido consolidar este proyecto de incidencia social en la zona de producción hortícola del Valle del Mezquital Hidalgo, México.

Mediante la difusión y la divulgación de resultados de la investigación cualitativa y cuantitativa se transmitió a productores hortícolas de Hidalgo el conocimiento y las medidas de innovación social basadas en propuestas de diseño e implementación de planes y eje-

cución de acciones para el manejo del agua para riego y aplicación de las BPA.

La capacitación a los productores hortícolas sobre el uso seguro del agua de riego para producción hortícola basado en BPA durante la producción primaria de hortalizas frescas puede disminuir el riesgo de contaminación microbiológica de los alimentos.

Por otra parte, la inclusión participativa de productores en líneas de investigación facilitó la generación de conocimiento y optimizó la aplicación de prácticas agronómicas que pueden reducir los riesgos de contaminación durante la producción primaria de hortalizas frescas.

Los análisis demostraron que, en las diferentes fuentes de agua para riego, la contaminación fue positiva a la presencia de coliformes fecales, si bien los niveles se situaron dentro de los límites permisibles.

La implementación de las BPA en el manejo del agua para riego y cultivo hortícola basado en el análisis microbiológico y la detección oportuna de riesgos sanitarios y puntos críticos de control — entre ellas, la implementación de barreras perimetrales para evitar contaminación cruzada debida a escurrimientos y arrastre de contaminantes fecales y bacterianos— puede facilitar la movilización y el comercio local, nacional e internacional al propiciar la oferta de alimentos inocuos.

Agradecimientos

Quisiéramos expresar nuestro agradecimiento al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR del CONACYT) La Paz, Baja California Sur, y al Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco (UAM Unidad Xochimilco) Ciudad de México. Manifestamos también nuestra gratitud a la Asociación de Productores Agrícolas Hermanos Flores de SPR de RL y las Asociaciones de Productores Agrícolas del Valle del Mezquital, Hidalgo por facilitar la interacción entre los investigadores del CIBNOR-CONACYT y la

UAM con los productores hortícolas orientada a la mejora continua del manejo del agua para riego y la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas durante la producción primaria de hortalizas frescas.

Bibliografía

- Andrews, W. H., Wang, H., Jacobson, A., Ge, B., Zhang, G. y Hammack, T. (2021): «Chapter 5: Salmonella», en *Bacteriological Analytical Manual. U.S. Food & Drug Administration*, USA [en línea] <<https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-5-salmonella>>.
- Arcos, P. M. del P., Ávila de N. S. L., Estupiñán, T. S. M. y Gómez, P. A. C. (2005): «Microbiological indicators of contamination of the water sources», *NOVA Publicación Científica*, 3(4): 69-79 [en línea] <<https://www.redalyc.org/pdf/411/41130408.pdf>>.
- CDC-FDA Center for Disease Control and Prevention (2021): *Salmonella*, Maryland: Food and Drug Administration.
- COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios) (2018): «Guía de Trazabilidad en Alimentos», México: Secretaría de Salud. [en línea] <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/390166/Gu_a_de__trazabilidad_en_alimentos.pdf>.
- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF (2020): *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2020. Transformación de los sistemas alimentarios para que promuevan dietas asequibles y saludables*, Roma: FAO [en línea] <<https://doi.org/10.4060/ca9692es>>.
- FAO (2021): «Crops and livestock products», Roma: FAO [en línea] <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>.
- (2002): Cumbre Mundial sobre la Alimentación. Movilización de la voluntad política y de los recursos para eliminar el hambre en el mundo, Roma: FAO [en línea] <<https://www.fao.org/3/Y1780S/y1780s00.htm#TopOfPage>>.
- Hernández, C., Aguilera, M. y Castro, G. (2011): «Situación de las enfermedades gastrointestinales en México», *Enf. Inf. Microbiol.*, 31(4), 137-151 [en línea] <<https://www.medigraphic.com/pdfs/micro/ei-2011/ei114f.pdf>>.
- INAFED (2012): *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México*, Estado de Hidalgo [en línea] <<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM13hidalgo/municipios/13030a.html>>.
- INEGI (2009): «Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos», Ixmiquilpan, Hidalgo [en línea] <http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/13/13030.pdf>.

- Jung, Y., Jang, H. and Matthews, K. R. (2014): «Effect of the food production chain from farm practices to vegetable processing on outbreak incidence», *Microb. Biotechnol.*, 7(6), 517-527 [en línea] <<https://doi.org/10.1111/1751-7915.12178>>.
- Lamendella, R. Santo, D. J. W., Kelty, C. and Oerther, D. B. (2008): «Biodo-bacteria in feces and environmental waters», *Applied and Environmental Microbiology*, 74(3), 575-584 [en línea] <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17993557/>>. Doi: 10.1128/AEM.01221-07
- NOM-001-SEMARNAT-2021: Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales [en línea] <<https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3290/1/nom-001-semarnat-1996.pdf>>.
- NOM-112-SSA1-1994: Determinación de bacterias coliformes. Técnica del Número más Probable [en línea] <<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/112ssa14.html>>.
- NOM-210-SSA1-2014: Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores [en línea] <http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5398468&fecha=26/06/2015>.
- NOM-EM-034-FITO-2000: Requisitos y especificaciones para la aplicación y certificación de buenas prácticas agrícolas en los procesos de producción de frutas y hortalizas frescas [en línea] <<http://legismex.mty.itesm.mx/normas/fito/fito034em.pdf>>.
- NOM-069-ECOL-1994: Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de componentes eléctricos y electrónicos [en línea] <http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4866041&fecha=09/01/1995>.
- NOM-093-SSA1-1994: Practicas de higiene y sanidad en la preparacion de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos [en línea] <<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/093ssa14.html>>.
- NOM-CCA-033-ECOL-1993: Condiciones bacteriológicas para el uso de aguas residuales de origen urbano o municipal o de la mezcla de estas con la de los cuerpos de agua, en el riego de hortalizas y productos hortofrutícolas [en línea] <http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4794222&fecha=18/10/1993>.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud) (2021): «Chole», Organización Mundial de la Salud [en línea] <https://www.who.int/health-topics/cholera#tab=tab_1>.

- OPS/OMS, UNICEF, FAO (2022): Ley de Promoción de la Alimentación Saludable [en línea] <<https://www.paho.org/es/noticias/23-3-2022-opsoms-unicef-fao-destacan-reglamentacion-ley-alimentacion-saludable>>.
- Orús, A. (2022): «Principales países productores de verduras en el mundo en 2020», *Statista*, 17 de mayo [en línea] <<https://es.statista.com/estadisticas/613401/principales-paises-productores-de-tomates-en-el-mundo/#:~:text=Principales%20pa%C3%ADses%20productores%20de%20verduras%20en%20el%20mundo%20en%202020&text=China%20lider%C3%B3%20la%20clasificaci%C3%B3n%20de,segunda%20y%20tercera%20posici%C3%B3n%2C%20respectivamente.>>.
- Palamuleni, L. y Akoth, M. (2015): «Physico-chemical and microbial analysis of selected borehole water in Mahikeng, South Africa», *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(8): 8619-8630 [en línea] <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26213950/> <https://doi.org/10.3390/ijerph120808619>>.
- Prieto, C., Alfaro, R., Valencia, E. y Santoyo, G. (2017): «Efecto de la estacionalidad y parámetros fisicoquímicos sobre las comunidades bacterianas de tapetes microbianos de manantiales termales de Araró», *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(3), 616-624 [en línea] <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1870-34532017000300616&lng=es&nrm=iso>.
- PROY-NMX-AA-003-SCFI-2019. Análisis de agua-muestreo de aguas residuales y residuales tratadas (cancelará a la NMX-AA-003-1980) [en línea] <https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5576620&fecha=25/10/2019>.
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural) (2011): *Programa Estatal de Desarrollo Agropecuario Sustentable*, Gobierno del estado de Hidalgo [en línea] <http://intranet.e-hidalgo.gob.mx/NormatecaE/Archivos/Programa_DesarrolloAgropecuario.pdf>.
- SENASICA (2015): *Manual Técnico de Muestreo de Productos Agrícolas y Fuentes de Agua para la Determinación de Contaminantes Microbiológicos*, México: SENASICA [en línea] <<https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Manual+Técnico+de+Muestreo+de+Productos+Agrícolas+y+Fuentes+de+Agua+para+la+Determinación+de+Contaminantes+Microbiológicos+del+SENASICA>>.
- (2016): «Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación», 14 de octubre [en línea] <<https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/sistemas-de-reduccion-de-riesgos-de-contaminacion>>.

- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2021): *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*, México: SADER [en línea] <<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>>.
- Siller-Cepeda, J. H., Báez, S. M. A., Sañudo, B. A. y Báez, S. R. (2002): *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas*, México: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. y SENASICA, SADER [en línea] <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/681706/Manual_de_Buenas_PracticasAgricolas_-_comprimido.pdf>.
- SINAVE-DGE-SSM (2022): «Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica de la Dirección General de Epidemiología», Secretaría de Salud de México, *Boletín Epidemiológico. Semana Epidemiológica*, 15, 2022. [en línea] <<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/719384/sem15.pdf>>.
- (2021): «Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica de la Dirección General de Epidemiología», Secretaría de Salud de México, *Boletín Epidemiológico. Semana Epidemiológica*, 1-20 [en línea] <<https://www.gob.mx/salud/documentos/boletinepidemiologico-sistema-nacional-de-vigilancia-epidemiologica-sistema-unico-de-informacion-261547>>.
- Soto, V. Z., Pérez, L. L. y Estrada, A. D. (2016): «Bacterias causantes de enfermedades transmitidas por alimentos: una mirada en Colombia», *Salud Uninorte*, 32(1): 105-122. Doi: <https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/salud/article/view/7333>
- Villasanti, C., Godoy y N. Pantoja, A. (2012): *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para el Productor Hortofrutícola*, Santiago de Chile: FAO [en línea] <<https://www.fao.org/3/as171s/as171s.pdf>>.

Vinculación Universidad-Centro de Investigación y prospectiva tecnológica del riñón artificial

ÁLVARO RAFAEL PEDROZA ZAPATA

*Departamento de Mercadotecnia y Negocios Internacionales.
Centro universitario de Ciencias Económico Administrativas
(CUCEA), Universidad de Guadalajara (UdeG)
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9877-4957>*

MARLENE LARIZA ANDRADE GUEL

*CONACYT-Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1177-9000>*

CHRISTIAN JAVIER CABELLO ALVARADO

*CONACYT-Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)
<https://orcid.org/0000-0002-9559-0976>*

Resumen

Se pronostica que en 2025 habrá cerca de 212,000 pacientes con enfermedad renal crónica terminal. Además, la pandemia de COVID-19 ha provocado el un incremento considerable del número de pacientes con ERC. En este contexto, adquiere especial importancia el uso TRR (Terapias de Reemplazo Renal), es decir, la diálisis peritoneal, la hemodiálisis y el trasplante renal para preservar la vida los pacientes. El mercado mundial de dializadores está acaparado por dializadores de placas paralelas, dializadores de bobina y dializadores de fibra hueca. El Centro de Innovación Social de Alto Impacto del Estado de Jalisco (CISAI) ha trabajado con el Centro de Investigación en química Aplicada (CIQA) en los aspectos sociales y científicos a fin de analizar las opciones de filtros para hemodiálisis que pueden ser utilizados. También se ha recopilado información relacionada con las técnicas de hemofiltración con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los pacientes.

Palabras clave: CIQA, CISAI, Hemodiálisis.

Abstract

It is predicted that by 2025 there will be about 212,000 patients with end-stage chronic kidney disease. In addition, with the COVID-19 pandemic, the number of CKD patients increased considerably. Due to this, the use of RRT (Renal Replacement Therapies) such as: peritoneal dialysis, hemodialysis and kidney transplantation becomes important to preser-

ve the lives of patients. The global dialyzer market is dominated by parallel plate dialyzers, coil dialyzers and hollow fiber dialyzers. The Center for High Impact Social Innovation of the State of Jalisco (CISAI) together with the Center for Research in Applied Chemistry (CIQA) have worked on the scientific and social part to be able to study the filter options for hemodialysis that can be used, as well information related to haemofiltration techniques has been compiled in order to improve the quality of life of patients with CKD.

Keywords: CIQA, CISAI, Hemodialysis.

Introducción y Problemática

Antecedentes de la Vinculación CIQA¹-CISAI²

A partir de noviembre de 2017, en el marco del Proyecto «Centro de Innovación Social de Alto Impacto del Estado de Jalisco» (Clave: FOMIXJal-2017-01-01-29127), se realizaron visitas recíprocas de investigadores del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) y del Centro de Innovación Social de Alto Impacto (CISAI) para visualizar la posibilidad de realizar proyectos de vinculación. En marzo de 2019, ambas instituciones suscribieron el «Convenio general de colaboración académica y científica».

Participaron conjuntamente en el Nodo Binacional (NOBI MAP) de Innovación en Manufactura Avanzada y Procesos, específicamente en el Programa NoBi MAP 2019, que se realizó entre el 5 de mayo y el 21 de junio 2019; su duración fue de 120 horas se trabajó en el proyecto «Desarrollo de filtros de tela no tejida para uso en hemodiálisis». En este programa se realizaron 100 entrevistas a diferentes actores implicados en el tratamiento de la enfermedad renal crónica, entre ellos médicos nefrólogos, pacientes que reciben el tratamiento de hemodiálisis, familiares de los pacientes de enfermedad renal crónica (ERC), administradores de clínicas de hemodiálisis y enfer-

¹ Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Disponible en: <<https://www.ciqa.mx>>.

² Centro de Innovación Social de Alto Impacto (CISAI). Disponible en: <<https://cisai.iteso.mx>>.

meras del área de hemodiálisis con el objetivo de profundizar en el conocimiento de la problemática de la enfermedad, la cadena de valor y el sondeo de mercado para encontrar una posible solución a esta problemática y construir un modelo de negocio basado en el modelo canvas (Osterwalder y Pigneur, 2010). Adicionalmente, durante esta etapa se mantuvo contacto virtual con el Dr. Gura,³ uno de los investigadores-inventores que trabajan desde la UCLA y que tenía especial interés en conocer el avance del proyecto de filtro de hemodiálisis en el que estábamos trabajando en CIQA. En esa ocasión, Gura mencionó los trabajos de la NASA asociados al trabajo de desarrollo de un WAK. Esta experiencia nos llevó a emprender el presente trabajo de prospectiva.

Actualmente, investigadores asociados al CISAI participan en el proyecto del CIQA denominado «Desarrollo de filtros selectivos nacionales a base de polímeros y nanopartículas modificadas, para mejorar el tratamiento de hemodiálisis y sustituir el acaparamiento del mercado de empresas extranjeras», aprobado en el margen de la Convocatoria de Ciencia Básica y/o Ciencia de Frontera. Modalidad: Paradigmas y Controversias de la Ciencia 2022 con el número 320802. Uno de los objetivos del proyecto es demostrar que es posible sustituir los filtros para hemodiálisis fabricados por empresas extranjeras y de fibra hueca por un filtro tricapa de tela no tejida adsorbente y selectivo de toxinas urémicas a base de nanocompuestos poliméricos fabricado mediante diferentes metodologías de proceso amigables con el medio ambiente.

Por otra parte, la enfermedad renal crónica (ERC) es un problema de salud global creciente que genera graves efectos en los individuos y la sociedad. Diversas estimaciones sugieren que en 2040 se con-

³ Gura y sus colegas de la Universidad de California, Los Ángeles (UCLA), han estado desarrollando un dispositivo de hemodiálisis portátil; V. Gura también es inventor en patentes relacionadas con la investigación descrita en este manuscrito. Disponible en: <Select Publications - Wearable Artificial Organs (wearableorgans.com)>.

vertirá en la quinta causa de muerte en todo el mundo. En gran medida, este creciente problema es potencialmente prevenible porque la ERC está asociada a factores de riesgo modificables, entre ellos la diabetes mellitus, la hipertensión arterial y la obesidad (Vanholder, Annemans, Bello, Bikbov, Gallego, Gansevoort,... y Wieringa, 2021). Sin embargo, existe un amplio desconocimiento de la importancia de la ERC entre el público en general, dado que se considera una consecuencia inevitable del envejecimiento o una complicación a largo plazo que afecta a un pequeño número de personas en lugar de una enfermedad crónica común (Deng, Li, Wu, Wang, Yang, Zheng,... y Gao (2021); y Bikbov, Purcell, Levey, Smith, Abdoli, Abebe,... y Owolabi (2020)).

Cada Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) tiene el potencial de impactar en el riesgo de enfermedad renal o mejorar el diagnóstico y tratamiento tempranos y, por lo tanto, de reducir la necesidad de atención de alto costo (Luyckx, Al-Aly, Bello, Bellorin-Font, Carlini, Fabian... y Stanifer (2021). Luyckx, Tonelli y Stanifer (2018) presentan una discusión más detallada de cómo cada ODS podría afectar el riesgo de trastornos renales específicos. La contaminación del agua con pesticidas, productos agrícolas, hidrocarburos, químicos perfluorados y metales pesados se ha vinculado con varias enfermedades renales y existen relaciones clave entre la calidad del agua, el saneamiento y la ERC (Luyckx *et al.* 2021).

De acuerdo con un estudio realizado por Lastiri-Quiros (2016), se ha estimado que, actualmente, alrededor de 6.2 millones de mexicanos con diabetes tienen insuficiencia renal en sus distintas etapas sin que necesariamente todos ellos sepan que la padecen. En México, hasta un 98% de las personas con ERC por diabetes se encuentra en etapas tempranas de la enfermedad, es decir, cuando esta aún es controlable y reversible. Sin embargo, estos datos no incluyen a los enfermos que, por otras causas como la hipertensión arterial sistémica, las enfermedades autoinmunes, las infecciones, los antecedentes congénitos, los problemas obstructivos y el daño provocado por fármacos también desarrollan ERC de forma progresiva hasta llegar a

las etapas tardías y, en la mayoría de los casos, de manera silenciosa. En 2016 más de 73 mil pacientes recibían terapia de diálisis o hemodiálisis para mantener la funcionalidad de los riñones.

De acuerdo con los datos publicados el 28 de enero del 2020 en el registro de mortalidad (INEGI), en convenio con la Secretaría de Salud, durante el 2019 se registraron un total de 21,221 defunciones causadas por enfermedades e insuficiencia renales: el 61% eran mujeres y el 39% hombres.

Según Sánchez Cedillo *et al.* (2020), se prevé que en 2025 habrá cerca de 212,000 casos y se registrarán casi 160,000 muertes relacionadas con la enfermedad renal crónica terminal. Aunado a ello la pandemia de COVID-19 provocó un incremento del número de pacientes con ERC, dado que esta es una secuela de las variantes de COVID-19.

Por otro lado, y en la medida en que el costo del tratamiento de la enfermedad es elevado, cobra relevancia el uso de la TRR (Terapias de Reemplazo Renal) para preservar la vida del paciente. Estas terapias incluyen la diálisis peritoneal, la hemodiálisis y el trasplante renal. Durante 2014 se consultó a 212 hospitales generales y regionales y a 13 unidades médicas de alta especialidad para conocer la distribución en modalidad dialítica donde el porcentaje de aplicación de la hemodiálisis era del 41%.

De acuerdo con decreto publicado en *el Diario Oficial de la Federación* en 2028,⁴ México carece de un directorio con el registro de las unidades de hemodiálisis a nivel nacional. Actualmente, se han identificado más de 300 unidades en nuestro país. Sin embargo, es muy probable que el número sea mayor, ya que las unidades pequeñas dimensiones y de carácter privado que son más difíciles de identificar.

⁴ DECRETO por el que se reforma la fracción V del artículo 198 de la Ley General de Salud. (2018, junio). Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/sedia/biblio/prog_leg/Prog_leg_LXIII/270_DOF_21jun18.pdf>.

Mercado global de dializadores

Se espera que el mercado global de dializadores de sangre crezca a una tasa compuesta anual del 6.50% durante el período de pronóstico (2020-2027).

El dializador es un dispositivo médico que replica la función del riñón eliminando el exceso de agua y los productos de desecho metabólico de la sangre mediante una membrana artificial. En el tratamiento de hemodiálisis se utilizan estos dializadores.

Cuando los riñones enferman, la capacidad de filtrar la sangre comienza a fallar y, a menudo, se excreta una cantidad excesiva de proteína a través de la orina. Ello provoca una deficiencia de esa proteína que puede conducir a la retención de agua en las piernas o los pulmones. En muchos casos, se elimina una cantidad insuficiente de toxinas que pueden generar problemas en otros órganos, entre ellos úlceras en el tracto digestivo, alteraciones del ritmo cardíaco y trastornos del sistema nervioso.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2018 alrededor de 4 millones de personas padecen insuficiencia renal crónica en todo el mundo. Aproximadamente 3 millones de pacientes dependen de un tratamiento de diálisis regular administrado en una clínica de diálisis o en el hogar para mantenerse con vida. El objetivo es prevenir el daño de otros órganos causado por la acumulación de toxinas en la sangre. El número de pacientes aumenta entre un cinco y un seis por ciento cada año.

Dinámica del mercado

El mercado está impulsado por un aumento en la prevalencia de enfermedades renales a nivel mundial, una población geriátrica en aumento, unos tratamientos efectivos y unos estilos de vida cambiantes.

Según la División de Población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, entre 2012 y 2017

la población mundial de 60 años o más aumentó en un 68% en las zonas urbanas y en un 25% en las zonas rurales. La eficiencia de los riñones disminuye con la edad; por tanto, la población geriátrica es más propensa a sufrir insuficiencia renal. Según el Global Kidney Health Atlas, en 2017 una de cada tres personas mayores de 60 años tenía un mayor riesgo de padecer enfermedades renales crónicas, y se estima que el 30% padecía una enfermedad renal crónica. Además, 9 de cada 10 de los que sufrían enfermedades renales crónicas desconocían su condición.

Las complicaciones y riesgos asociados al procedimiento de hemodiálisis —entre ellos la anemia severa y la sobrecarga de líquidos— van a frenar el mercado en el período de pronóstico.

Segmentación de mercado

El mercado mundial de dializadores de sangre está segmentado por el tipo de producto —dializador de placas paralelas, dializador de bobina y dializador de fibra hueca—, por el material —dializador de polisulfona, dializador de polietersulfona, dializador de triacetato de celulosa, dializador de polipropileno y dializador de policarbonato—, por el tipo de membrana —dializador de alto flujo dializador de bajo flujo—, por el material de membrana de diálisis —dializador de membranas de celulosa y dializador de membranas sintéticas—, por la usabilidad —dializador reutilizable y dializador desechable— y por el usuario final —hospitales, centros quirúrgicos ambulatorios, entornos de atención domiciliaria y clínicas especializadas—.

En comparación con el dializador de bajo flujo, el dializador de alto flujo es más eficiente en la eliminación de moléculas más grandes mientras realiza la diálisis. El dializador de alto flujo tiene una membrana que permite el paso de moléculas de tamaño mediano, pero evita la eliminación accidental de proteínas de la sangre. Según la FDA, la mayoría de las autorizaciones otorgadas en las últimas dos décadas han sido para dializadores de alto flujo.

Los dializadores de sangre desechables ofrecen la ventaja de reducir el costo de personal, la capacitación de los técnicos sobre la reutilización del dializador, el mantenimiento de registros de la reutilización, el mantenimiento de salas para la seguridad y la esterilización y los programas de garantía de calidad. Según la National Kidney Foundation (NKF), los dializadores de sangre desechables también benefician a los pacientes, dado que reducen los síndromes de reutilización causados por germicidas residuales.

Competencia en el mercado

Las compañías presentes en el mercado de máquinas de hemodiálisis y filtros —los principales actores, de hecho— son las siguientes: Baxter International, Inc., Nikkiso Co. Ltd., B. Braun Medical Inc., Nipro Corporation, CVS Health., Diaverum Deutschland GmbH, Fresenius Medical Care AG & Co. KGaA, DaVita Healthcare Partners, Inc., Asahi Kasei Corporation, y Browndove Healthcare (P). Actualmente, en México solo tres compañías lideran el mercado: Fresenius Kabi, Baxter y B Braun.

Aspectos sociales

La ERC es considerada un grave problema en nuestro país que va en aumento debido a su progresión de etapas tempranas. Entre 8 y 9 millones de mexicanos sufren una enfermedad renal. En las últimas etapas de la enfermedad, estos pacientes requieren diálisis peritoneal y hemodiálisis. Más de 130 mil personas se encuentran en estas etapas y requieren este tratamiento.

Los costos por el tratamiento de hemodiálisis son altos (\$1,600.00 a \$4,000.00 pesos por semana). México gasta cerca de \$11 mil millones de pesos para su financiación.

La calidad de vida del paciente se deteriora durante el tratamiento debido a que no se dispone de un dializador selectivo, y los que existen remueven las proteínas y sales minerales que necesita el paciente.

La situación actual de nuestro sistema de salud y los retos que enfrenta la salud pública están condicionados por dos aspectos que no pueden dejarse de lado: las necesidades infinitas de la población y la escasez de recursos financieros. Por ello, es importante generar tecnologías de vanguardia para fabricar insumos que permitan, en la medida de lo posible, atender las necesidades de la población con enfermedad crónica renal y reducir los efectos de la falta de equidad, eficiencia y calidad en la prestación de servicios médicos. Asimismo, es necesario que puedan brindarse soluciones con un alto valor costo-beneficios de los recursos destinados a esta y otras prioridades sanitarias.

Costo de la enfermedad

De acuerdo con lo reportado por Sánchez-Cedillo *et al.* (2020), en el caso de los pacientes con hemodiálisis el costo de atención anual promedio per cápita para el año 2018 fue el más alto: \$783,780.44. Las sesiones representaron el insumo de mayor costo, con un promedio de \$397,872.00, porcentaje que representa el 50.8% del costo de atención. Durante este año, el trasplante renal fue la alternativa de tratamiento de mayor costo. Sin embargo, en el seguimiento se observó una disminución en los costos de este tratamiento, que presentó unos decrementos frente a diálisis de 56% y 57%, y de 64% y 61% frente a los pacientes bajo tratamiento de hemodiálisis para los años tres y seis, respectivamente.

Finalmente, en diferentes secciones del presente reporte se exponen algunos retos y oportunidades que la tecnología presenta en el área técnica de manufactura, los aspectos sociales y económicos y una serie de recomendaciones derivadas de la revisión realizada.

Desarrollo de la propuesta

La ERC afecta al 0.10% de la población mundial (Levin, Tonelli, Bonventre, Coresh, Donner, Fogo,... y Yang, 2017). A menudo, la

afección conduce a la ERC que requiere TRR (TRR) en forma de diálisis (hemo o peritoneal) y/o (en el caso de un pequeño subgrupo) de trasplante. Más de 2.6 millones de personas en todo el mundo reciben diálisis TRR, y actualmente al menos 5 millones de personas necesitan TRR, según estimaciones conservadoras. Se prevé que el uso mundial de TRR se duplique hasta llegar a aproximadamente 5.4 millones de pacientes en 2030 (Liyanage, Ninomiya, Jha, Neal, Patrice, Okpechi,... y Perkovic, 2015). El rápido crecimiento económico y las epidemias de diabetes e hipertensión en las grandes economías emergentes —China, India y Brasil— aumentarán sustancialmente las cifras de enfermos tratados con diálisis a nivel mundial.

A pesar de algunos refinamientos en los dispositivos de diálisis, la innovación ha sido modesta, y la diálisis para TRR ha cambiado poco desde que se introdujo hace aproximadamente 70 años. Este estancamiento se ha producido a pesar de las tasas de morbilidad y mortalidad inaceptablemente altas, el riesgo cardiovascular muy elevado, las complicaciones infecciosas y hematológicas, las hospitalizaciones y la mala calidad de vida (Jaar, Chang, & Plantinga, (2013); y Wyld, Morton, Hayen, Howard, Webster, (2012)). No obstante, resultan alentadores los datos que indican que el aumento de la frecuencia de la diálisis puede mejorar la calidad de vida (Suri, Garg, Chertow, Levin, Rocco, Greene... y Klinger, 2007). Esto sugiere que los pacientes con ESKD pueden responder a cambios innovadores en los enfoques dialíticos, entre ellos los productos de uso continuo (riñón artificial portátil o implantable) o el xenotrasplante.

Metodología

Para la realización de este artículo se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva de artículos de revisión en inglés utilizando combinaciones de las siguientes palabras clave (incluidos sinónimos, abreviaturas y diferentes ortografías): portable, *wearable*, implantable, (bio)artificial, *bioengineered*, renal; kidney; ESRD; CKD. De estos términos podría derivar el hallazgo de artículos específicos. Debido

a la situación de la pandemia de COVID-19, la búsqueda se complementó con la revisión de videos de reuniones científicas virtuales destinadas a dar a conocer el *statu quo* de algunos de los desarrollos relevantes cuyo contenido pudiera aportar mayor información con vistas a ofrecer conocimientos prácticos orientados a identificar desafíos y oportunidades para las agendas de investigación y desarrollo tecnológico de las organizaciones implicadas en el tema de la diálisis.

Resultados

Los puntos de vista contemporáneos sostienen que las perspectivas de desarrollo de la terapia de reemplazo están en gran medida vinculadas a la creación, el desarrollo y la producción masiva de riñones artificiales (Ash, Groth y Wieringa, 2020). Con la finalidad de estimular la innovación necesaria para mejorar la vida de los pacientes con enfermedad renal en etapa terminal (ESRD), la Kidney Health Initiative (KHI)⁵ desarrolló una hoja de ruta tecnológica para enfoques innovadores de la TRR (RRT).⁶ En esa hoja de ruta se determinó la necesidad de clarificar las consideraciones reglamentarias de diferentes productos RRT —incluidos los dispositivos, los productos biológicos y los productos combinados de productos biológicos/dispositivos— para acelerar el acceso de los pacientes a soluciones RRT innovadoras y reducir las inconsistencias o ambigüedades actuales. Estas definiciones comunes permitirán que los desarrolladores de tecnología, los pacientes, los proveedores de atención médica y los reguladores establezcan una comunicación más fluida u y sencilla sobre los productos RRT y sus diferentes aspectos regulatorios. El objetivo de todas las soluciones, independientemente de su comple-

⁵ La KHI es una asociación público-privada entre la American Society of Nephrology (ASN) y la US Food and Drug Administration (FDA) cuya misión es catalizar la innovación y el desarrollo de terapias seguras y eficaces centradas en el paciente para personas que viven con enfermedades renales.

⁶ Disponible en: <<https://khi.asn-online.org/rtrroadmap>>.

alidad o enfoque, debe ser ayudar a mejorar la calidad de vida del paciente.

El 9 de junio de 2020, la European Kidney Health Alliance (EKHA) y la Dutch Kidney Foundation (DKF) organizaron un seminario virtual por invitación centrado en la necesidad de innovación en la TRR.⁷ El encuentro se organizó para alentar a los científicos, los desarrolladores de productos y los legisladores europeos a trabajar juntos para desarrollar innovaciones revolucionarias en TRR. En última instancia, concluyeron, es necesario crear un consorcio mundial para catalizar la innovación. En este sentido, EKHA, DKF y ERA-EDTA unieron fuerzas para luchar mediante una estrecha colaboración con KHI y las diversas sociedades internacionales de órganos artificiales unidas en el seno de la IFAO.

La hoja de ruta del KHI traza un proceso continuo dinámico, y está destinada a ser un documento vivo que será sometido a actualizaciones periódicas. A principios de 2020 se publicaron recomendaciones para elaborar una versión actualizada de la hoja de ruta de innovación de KHI. En ellas se aconseja sincronizar los planes de innovación —muy similares— de EKHA y KHI en el marco de una hoja de ruta actualizada periódicamente⁸ que puede utilizarse como una herramienta para aumentar el rendimiento y el ritmo de la innovación a través de la «coopetencia».

En la 66ª reunión de la American Society for Artificial Internal Organs (ASAIO), la International Federation for Artificial Organs (IFAO) planeó una sesión especial sobre el Riñón Artificial Implantable (IAK) y la Red Mundial de Desarrolladores de Implantes de Riñón «KIDNEW».

Uno de los objetivos principales de KHI es fomentar la innovación en el tratamiento de pacientes con enfermedad renal en etapa

⁷ La grabación de video completa de este programa está disponible en: <https://youtu.be/mppriCykios>. Nota: para cada sección del programa, se enumera el tiempo del reloj del video donde comienza cada sección.

⁸ Disponible en: <https://khi.asn-online.org/rrtroadmap>.

terminal, especialmente con enfoques radicalmente nuevos que van mucho más allá de la HD o la DP. KHI ha creado una hoja de ruta de innovación para mejorar las terapias de reemplazo de riñón y fomentar enfoques innovadores (y preferiblemente disruptivos) en el abordaje las necesidades de los pacientes.⁹ Aunque esta hoja de ruta es «tecnológicamente agnóstica»¹⁰ en relación con la forma final de la terapia de reemplazo de riñón, el objetivo es una de las terapias eventuales más atractivas, y un tema recurrente en presentaciones; en ASPIO se creó un programa impresionante.¹¹

Categorías y características de productos TRR innovadores

Una TRR actúa en lugar del riñón enfermo o defectuoso de un paciente para realizar las funciones de filtración de sangre, homeostasis de electrolitos, regulación de líquidos, eliminación/secreción de toxinas y transporte y drenaje de filtrado. Los enfoques de TRR actualmente disponibles incluyen la diálisis y el trasplante de órganos. Dada la escasez de órganos adecuados, los pacientes a menudo tienen pocas opciones y deben optar por tratamientos de diálisis que limitan el estilo de vida cuyos efectos secundarios a menudo los hacen sentirse enfermos y anhelar una existencia mejor.

El espectro de productos TRR potencialmente innovadores comprende las categorías de productos mostrada en la Tabla 1 (al final

⁹ *Ibidem.*

¹⁰ Disponible en: <<https://interacso.com/blog/2021/06/18/el-agnosticismo-tecnologico-que-es>>.

¹¹ La grabación de vídeo completa de este programa está disponible en: <<https://www.imec-int.com/en/connected-health-solutions/watch-the-video-of-the-kidnew-meeting-on-wearable-and-implantable-kidneys#video>>. Nota: para cada sección del programa se enumera el tiempo del reloj del video donde comienza cada sección.

Artificial Implantable Organs-Meeting the Global Demand for Dialysis Alternatives. Disponible en: <<https://youtu.be/lyjhlGFWSh0>>.

del extenso en Resultados (2)); cada una de ellas se define por características únicas de solución centradas en el paciente. Independientemente de la categoría o el tipo de producto desarrollado para reemplazar las funciones renales fallidas, todos los productos de TRR deben mejorar la calidad de vida del paciente y prolongar su vida, y deben poder fabricarse a una escala que haga que los productos estén ampliamente disponibles para los pacientes.

Las oportunidades para reducir el impacto ambiental (ODS) de la hemodiálisis incluyen la captura y la reutilización del agua rechazada por ósmosis inversa, la utilización de energía renovable, la mejora de la gestión de desechos y la reducción potencial las tasas de flujo de dializado. En la diálisis peritoneal, debe plantearse una mejora los materiales de empaque y la generación de dializado en el punto de atención (Barracough y Agar, 2020).

La supervivencia de los pacientes ha aumentado gradualmente durante las últimas dos décadas y continúan los esfuerzos para mejorar la mortalidad y la calidad de vida de los pacientes con ESRD. Los avances en tecnología absorbente, nanotecnología y técnicas de cultivo celular prometen nuevas innovaciones en el manejo de ESRD. Las nuevas modalidades —actualmente en prueba— incluyen portátiles (WAK) y riñones artificiales implantables (IAK). El WAK automatizado (AWAK) y el WAK son dispositivos que se han sometido a pruebas limitadas en humanos. Es necesario realizar estudios adicionales antes de la aprobación regulatoria, la adopción de decisiones de cobertura y la implementación clínica generalizada. El IAK es un dihíbrido que combina filtros artificiales y células vivas y que actualmente se encuentra en fase de pruebas preclínicas. Estos dispositivos portátiles reducen la necesidad de grandes cantidades de agua y de suministro eléctrico continuo. Estas propiedades podría limitar algunas barreras que impiden administrar adecuadamente en el hogar, haciendo más accesible y deseable la terapia de reemplazo renal de autocuidado. Si tienen éxito, estos dispositivos podrían disminuir la necesidad de construir y dotar de personal a las instalaciones de diálisis, circunstancia que reduciría los costos de atención

médica asociados a la diálisis. Las posibles ventajas y desventajas de AWAK, WAK e IAK se resumen en la Tabla 2 (al final del extenso en Resultados (2))

Cada una de estas 3 tecnologías referidas aquí utiliza un conjunto diferente de estrategias para superar las barreras que impiden la evolución de la TRR. Estas barreras clave son el tamaño del paquete (un filtro de HD convencional es grande, junto con el equipo que se usa con él), la energía (la mayoría de los dializadores requieren bombas que consumen mucha energía para hacer circular la sangre y el dializado) y el agua (un paciente con DP usa alrededor de 10 a 15 L/d de dializado, y una sesión de HD podría consumir fácilmente 140 L de dializado). Por lo tanto, el tamaño de la maquinaria, sus requisitos de energía y el peso del dializado son barreras para los dispositivos portátiles e implantables. Dos de los 3 dispositivos incorporan procesos de regeneración de dializado adaptados similares a los comercializados por primera vez en el sistema de diálisis REcirculating DialYsate (REDY) (Lewin, Greenbaum, Gordon y Maxwell, 1972).

Hay tres aspectos principales en los problemas de los riñones artificiales actuales: la calidad de vida del paciente, las complicaciones de los riñones artificiales y la falta de funciones metabólicas (Tang, Tsai, Chen y Li, 2022).

Pereira, Cabral, Bonventre, Wieringa y Mota (2021) presentan los resultados de una encuesta realizada en la web a 1566 investigadores de más de 100 países que cuentan con al menos una publicación científica revisada por pares relacionada con la TRR en el período de 2014 a 2019. Aproximadamente el 93.44% de ellos esperaba una revolución en las terapias de reemplazo renal, el 68.59% manifestó que este cambio se produciría antes de 2040 y el 24.85% después de 2040. En este escenario de relativo optimismo, la mayoría de los encuestados percibieron que los dispositivos portátiles/vestibiles y los riñones biohíbridos/implantados eran las alternativas más pertinentes para la posible fabricación de productos exitosos. Se consideró que el riñón artificial portátil es la tecnología más prometedora entre las enumeradas en el enfoque de dispositivos portátiles/vestibiles,

mientras que se estimó que el riñón artificial implantado es la tecnología más prometedora en el enfoque biohíbrido/riñón implantado. Este estudio podría ser un aporte útil para una versión 2.0 de la hoja de ruta de KHI para la innovación en KRT, posiblemente junto con otras sugerencias para ayudar a centrar los esfuerzos de la comunidad hacia las tecnologías que tienen más probabilidades de ayudar a nuestros pacientes en un periodo razonable de tiempo (Wieringa y Sheldon, 2020). No obstante, las barreras de entrada al mercado son muy grandes para cualquier dispositivo nuevo, ya esté respaldado por una empresa nueva o por un importante fabricante de soluciones y dispositivos médicos (Agar, 2016). Por ello, las predicciones sobre la fecha en que WAK, AWAK o IAK estarán disponibles comercialmente para los pacientes son puramente especulativas (Salani, Roy y Fissell IV, 2018). Además de los desafíos técnicos mencionados brevemente aquí, también existen desafíos regulatorios¹² y económicos.

Resultados de la colaboración CIQA-CISAI

Modelo CANVAS

En relación la construcción del modelo de negocios de la tecnología de filtro de hemodiálisis a base de nanocompuestos poliméricos, se realizó el modelo de negocio —que se actualiza cada año en función del movimiento del mercado— con base en las entrevistas de diferentes actores. En la Figura 1 se presenta el modelo de negocios sobre la tecnología.

¹² En los Estados Unidos, la FDA se encarga de garantizar al público la seguridad y eficacia de los dispositivos médicos a través de un proceso de aprobaciones previas a la comercialización. En otras jurisdicciones, puede ponerse mayor o menor énfasis en la conformidad del dispositivo.

Figura 1. Modelo canvas de la tecnología del filtro de hemodiálisis



La tecnología desarrollada en el CIQA cuenta con el nivel TLR 4 según la guía TLR aportada por el CONACYT (México). Se ha realizado la validación tecnológica en laboratorio —y se ha acreditado que funciona—, se cuenta con los principales componentes de la invención y con el conocimiento de certificaciones y normas, se ha probado el reuso y sanitización del filtro según la norma NOM-171 SSA1-1998. Las patentes relacionadas con la invención son las siguientes:

- MX/a/2020/002240. Patente de modificación ácida de nanoplaquetas de grafeno: MÉTODO DE FUNCIONALIZACIÓN DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO CON ÁCIDOS ORGÁNICOS UTILIZANDO ULTRASONIDO DE PUNTA PARA SU APLICACIÓN EN LA REMOCIÓN DE TOXINAS URÉMICAS.
- MX/a/2020/008626. Patente de modificación de nanoplaquetas de grafeno con aminas: PROCESO DE OBTENCIÓN DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO MODIFICADAS CON AMINAS MEDIANTE ULTRASONIDO DE FRECUENCIA VARIABLE

- MX/a/2021/008613. Patente de tela y nanocompuestos: PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA TELA NO TEJIDA CON PROPIEDADES ADSORBENTES DE COMPUESTOS ORGÁNICOS TIPO NITROGENADOS A BASE DE NANOCOMPUESTOS DE NYLON 6 Y NANOPLAQUETAS.

El equipo del CISAI está trabajando en la generación de un mapa del sistema que describa la dinámica subyacente a la mortalidad por ERC en México. El mapa se construye con la metodología de dinámica de sistemas de base comunitaria y a fin de que permita identificar oportunidades para la inserción de intervenciones con alto potencial de impacto social.

Discusión

Recientemente, tanto en México como en el resto del mundo ha surgido la necesidad de innovar y plantear nuevos retos con tecnologías amigables con el medio ambiente en materia de salud. Las cifras de ERC van en aumento, y la pandemia del COVID-19 ha provocado un aumento del número de pacientes con esta enfermedad. Asimismo, se ha planteado que el acceso a tratamientos como el reemplazo renal debe ser equitativo para todas las personas.

Sin duda nos enfrentamos a una tarea nada fácil debido a la crisis económica que enfrentan la mayoría de los países, pero unos de los temas prioritarios para todos los países —incluido, obviamente, México— es que la población tenga una buena salud. Parte de la tarea de los investigadores, científicos y tecnólogos es encontrar una solución a las problemáticas que se plantean en el ámbito sanitario.

Aportación práctica

Se suministra información práctica a fin de delimitar los desafíos y las oportunidades de las organizaciones involucradas en el tema las TRR en sus agendas de investigación y desarrollo tecnológico, entre ellas las universidades y los centros de investigación (Jasso-Villazul,

2012), así como las empresas del sector de dispositivos médicos,¹³ que ha cobrado auge en México, situándose como primer exportador de Latinoamérica en este sector (Gracia y Bonal, 2016), y conglomerados como el Clúster de Ingeniería Biomédica de Jalisco —uno de los tres que existen en el país, junto con los de Tijuana y Ciudad Juárez—, que es el primero en contar con un Centro de Innovación Industrial para el Desarrollo de Dispositivos Médicos, de acuerdo con la agenda de la Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico, Vinculación e Innovación (DADTVI).¹⁴

Conclusiones y Recomendaciones

- El cambio tecnológico en las TRR, apremiante e inminente, es a la vez un desafío y una oportunidad y exige la actuación conjunta de todos los involucrados en las TRR.
- Los pacientes de ERC tendrán más independencia y movilidad y, por lo tanto, mayor calidad de vida.
- Las innovaciones en el campo de las TRR solo pueden tener éxito en cooperación y/o competencia.
- Los pacientes y la sociedad deben ser informados de forma independiente e imparcial sobre todas las implicaciones éticas y de calidad de vida implicadas en cada una de las modalidades de TRR disponibles.
- En su momento, la educación y capacitación de los futuros nefrólogos deberá incluir las nuevas tecnologías TRR.
- El proveedor y la industria deberán desarrollar un nuevo modelo de negocio; actualmente, este camino debe incorporar innovaciones de manera activa.

¹³ Disponible en: <Desarrollo e innovación de Dispositivos Médicos en México. | Dispositivos Médicos (dispositivosmedicos.org.mx)>.

¹⁴ Disponible en: <<https://conacyt.mx/conacyt/areas-del-conacyt/desarrollo-tecnologico-e-innovacion/>>.

- La vinculación academia-industria es primordial para la investigación y el desarrollo de nuevos productos.
- Es necesaria la disponibilidad de recursos económicos adicionales para implementar estas innovaciones tecnológicas en los países en desarrollo.
- Asimismo, es necesario realizar un análisis de patentes para establecer nuevas oportunidades de desarrollo tecnológico.

Bibliografía

- Agar, J. (2016): An Obituary for Baxter's Viviva Home HD Machine. *Home Dialysis Central*, 8 de septiembre [en línea] <https://homedialysis.org/news-and-research/blog/168-an-obituary-for-baxter-s-viviva-home-hd-machine?utm_medium=email&utm_source=transaction>. [Consulta: 09/05/2022.]
- Ash, S. R., Groth, T. y Wieringa, F. P. (2020): «Summary of the 2020 IFAO-ASAIO Session on implantable artificial kidney», *ASAIO Journal*, 66(10), e126-e127.
- Bertassoni, L. E. (2022): «Bioprinting of Complex Multicellular Organs with Advanced Functionality-Recent Progress and Challenges Ahead», *Advanced Materials*, 34(3), 2101321.
- Barracough, K. A. y Agar, J. W. (2020): «Green nephrology», *Nature Reviews Nephrology*, 16(5), 257-268.
- Bespalov, V. A. y Selishchev, S. V. (2021): «Implantable Artificial Kidney: A Puzzle», *Biomedical Engineering*, 55(1), 1-5.
- Bikbov, B., Purcell, C. A., Levey, A. S., Smith, M., Abdoli, A., Abebe, M.,... y Owolabi, M. O. (2020): «Global, regional, and national burden of chronic kidney disease, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017», *The Lancet*, 395(10225), 709-733.
- Bonventre, J. V., Hurst, F. P., West, M., Wu, I., Roy-Chaudhury, P. y Sheldon, M. (2019): «A technology roadmap for innovative approaches to kidney replacement therapies: a catalyst for change», *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 14(10), 1539-1547.
- Cooper, D. K. y Hara, H. (2021): «“You cannot stay in the laboratory forever”: Taking pig kidney xenotransplantation from the laboratory to the clinic» *EBioMedicine*, 71, 103562.
- Del Angel, F. L., Leehan, J. A., Martínez, F., Rock, E. S., Morón, A., Rosas, G.,... y Méndez, D. (2019): «Improved Outcomes in Hemodialysis/Hemodiafiltration Treatments Applying Exercise and Physiological Monitoring Te-

- chniques: Preliminary Results», en *2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, pp. 5527-5530.
- Deng, Y., Li, N., Wu, Y., Wang, M., Yang, S., Zheng, Y... y Gao, J. (2021): «Global, regional, and national burden of diabetes-related chronic kidney disease from 1990 to 2019», *Frontiers in endocrinology*, 12, 809.
- Garreta, E., Kamm, R. D., Chuva de Sousa Lopes, S. M., Lancaster, M. A., Weiss, R., Trepatt, X.,... y Montserrat, N. (2021): «Rethinking organoid technology through bioengineering», *Nature materials*, 20(2), 145-155.
- Gracia, C. P. F. y Bonal, M. (2016): «La Innovación en la industria de los dispositivos médicos y su contribución para elevar la competitividad en México», *Entretextos*, 24.
- Himmelfarb, J. y Ratner, B. (2020): «Wearable artificial kidney: problems, progress and prospects», *Nature Reviews Nephrology*, 16(10), 558-559.
- Jaar, B. G., Chang, A. y Plantinga, L. (2013): «Can we improve quality of life of patients on dialysis?», *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 8(1), 1-4.
- Jasso-Villazul, S. J. (2012): «Innovación y redes en el sector salud en México», en *Una perspectiva de los centros de investigación*, Buenos Aires: ALAFEC.
- Khan, S. R., Pavuluri, S. K., Cummins, G. y Desmulliez, M. P. (2020): «Wireless power transfer techniques for implantable medical devices: A review», *Sensors*, 20(12), 3487.
- Kidney Health Initiative (2018): Technology roadmap for innovative approaches to renal replacement therapy, Washington, DC [en línea] <https://www.asn-online.org/g/blast/files/KHI_RRT_Roadmap1.0_FINAL_102318_web.pdf>.
- Lastiri-Quiros, H. S. (2016): «Enfermedad renal crónica en México: una política nacional de salud todavía pendiente», en J. A. Tamayo y Orozco y H. S. Lastiri Quirós, *La enfermedad renal crónica en México. Hacia una política Nacional para enfrentarla*, México: Intersistemas, 1-16.
- Levin, A., Tonelli, M., Bonventre, J., Coresh, J., Donner, J. A., Fogo, A. B.,... y Yang, C. W. (2017): «Global kidney health 2017 and beyond: a roadmap for closing gaps in care, research, and policy», *The Lancet*, 390(10105), 1888-1917.
- Lewin, A. J., Greenbaum, M. A., Gordon, A. y Maxwell, M. H. (1972): «Current status of the clinical application of the Redy R dialysate delivery system», *Proceedings of the Clinical Dialysis and Transplant Forum*, 2, 52-56.
- Liyanage, T., Ninomiya, T., Jha, V., Neal, B., Patrice, H. M., Okpechi, I.,... y Perkovic, V. (2015): «Worldwide access to treatment for end-stage kidney disease: a systematic review», *The Lancet*, 385(9981), 1975-1982.

- Luyckx, V. A., Al-Aly, Z., Bello, A. K., Bellorin-Font, E., Carlini, R. G., Fabian, J.,... y Stanifer, J. (2021): «Sustainable development goals relevant to kidney health: an update on progress», *Nature Reviews Nephrology*, 17(1), 15-32.
- Luyckx, V. A., Tonelli, M. y Stanifer, J. W. (2018): «The global burden of kidney disease and the sustainable development goals», *Bulletin of the World Health Organization*, 96(6), 414.
- Nishinakamura, R. (2019): «Human kidney organoids: progress and remaining challenges», *Nature Reviews Nephrology*, 15(10), 613-624.
- Osterwalder, A. y Pigneur, Y. (2010): *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*, vol. 1, Hoboken: John Wiley & Sons.
- Rustogi, P. y Judy, J. W. (2020): «Electrical Isolation Performance of Microgasket Technology for Implant Packaging», en *2020 IEEE 70th Electronic Components and Technology Conference (ECTC)*, pp. 1601-1607.
- Salani, M., Roy, S. y Fissell IV, W. H. (2018): «Innovations in wearable and implantable artificial kidneys», *American Journal of Kidney Diseases*, 72(5), 745-751.
- Sánchez Cedillo, A., Cruz Santiago, J., Mariño Rojas, F. B., Hernández Estrada, S. y García Ramírez, C. (2020): «Carga de la enfermedad: insuficiencia renal, diálisis-hemodiálisis y trasplante renal en México. Costo de la enfermedad», *Rev Mex Traspl*, 9(1), 15-25.
- Suri, R. S., Garg, A. X., Chertow, G. M., Levin, N. W., Rocco, M. V., Greene, T.,... y Klinger, A. S. (2007): «Frequent Hemodialysis Network (FHN) randomized trials: study design», *Kidney international*, 71(4), 349-359.
- Tang, Y. S., Tsai, Y. C., Chen, T. W. y Li, S. Y. (2022): «Artificial Kidney Engineering: The Development of Dialysis Membranes for Blood Purification», *Membranes*, 12(2), 177.
- van Gelder, M. K., Mihaila, S. M., Jansen, J., Wester, M., Verhaar, M. C., Joles, J. A.,... y Gerritsen, K. G. (2018): «From portable dialysis to a bioengineered kidney», *Expert review of medical devices*, 15(5), 323-336.
- Vanholder, R., Annemans, L., Bello, A. K., Bikbov, B., Gallego, D., Gansevoort, R. T.,... y Wieringa, F. (2021): «Fighting the unbearable lightness of neglecting kidney health: the decade of the kidney», *Clinical kidney journal*, 14(7), 1719-1730.
- Wieringa, F. P. y Sheldon, M. (2020): «The Kidney Health Initiative innovation roadmap for renal replacement therapies: building the yellow brick road, while updating the map», *Artificial organs*, 44(2), 111-122.
- Wragg, N. M., Burke, L. y Wilson, S. L. (2019): «A critical review of current progress in 3D kidney biomanufacturing: Advances, challenges, and recommendations», *Renal Replacement Therapy*, 5(1), 1-16.

- Watanabe, A. y Miki, N. (2019): «Connecting mechanism for artificial blood vessels with high biocompatibility», *Micromachines*, 10(7), 429.
- Wyld, M., Morton, R. L., Hayen, A., Howard, K. y Webster, A. C. (2012): «A systematic review and meta-analysis of utility-based quality of life in chronic kidney disease treatments», *PLoS Med.* 9(9): e1001307.

Agradecimientos

Se agradece al proyecto Número 320802 («Desarrollo de filtros selectivos nacionales a base de polímeros y nanopartículas modificadas para mejorar el tratamiento de hemodiálisis y sustituir el acaparamiento del mercado de empresas extranjeras»), CONACYT, de la Convocatoria de Ciencia Básica y/o Ciencia de Frontera. Modalidad: Paradigmas y Controversias de la Ciencia 2022.

Resultados (2)

Tabla 1. Categorías y características de productos TRR innovadores

Definición de categoría	Características de la solución centrada en el paciente	Referencias
 Diálisis mejorada: Innovaciones a las terapias de diálisis existentes (hemodiálisis [HD], diálisis peritoneal [DP], acceso vascular) que mejoran la calidad de vida del paciente, reducen las complicaciones de la enfermedad y aumentan la flexibilidad del tratamiento	• No invasivo • Uso doméstico potencial • Mayor facilidad de uso para más autocuidado del paciente • Menos complicaciones en comparación con la terapia de diálisis actual • Eliminación mejorada de toxinas urémicas	https://nefrored.mx/investigacion Del Angel <i>et al.</i> (2019, July). El CIQA cuenta con 3 solicitudes de patentes: MX/a/2020/008626 MX/a/2020/002240
 Portátil: Productos TRR que se pueden transportar para ampliar las opciones de ubicación del tratamiento más allá del hogar y la clínica (p. ej., trabajo, viajes)	• No invasivo • No más grande que una maleta de mano • Permite tratamientos de menor duración, más frecuentes o continuos, aliviando las restricciones dietéticas y la carga de pastillas • Permite la ausencia temporal de la diálisis en el centro	NxStage System One, Quanta SelfCare+, Physidia S³, and DIMI; NextKidney van Gelder <i>et al.</i> (2018). US9517296 Portable dialysis machine US8777892B2
 Usable: Productos TRR que se usan en el cuerpo durante el uso, lo que permite un tratamiento continuo o casi continuo y permite una mayor capacidad para trabajar y participar en otras actividades.	• No invasivo • No más grande que una mochila • Mayor libertad de movimiento del paciente y actividades diarias más normales • Reemplaza la necesidad de diálisis en el centro US Patent Office has granted approval of patent No. 10,933,183	Himmelfarb, J., & Ratner, B. (2020). .Business Wire (2021) Wearable Artificial Organs, Inc. granted patent for the Wearable Artificial kidney (WAK) 3.0. https://wearableorgans.com/technology/
 Implantable: Un producto TRR implantado quirúrgicamente [dispositivo, combinación de biológico / dispositivo o producto biológico, incluido el xenotrasplante (células vivas o tejidos de otra especie)] que imita la fisiología renal normal y restaura la función renal endógena	• Más invasivo • Mantenimiento e intervenciones reducidos • Capacidad para reanudar por completo las actividades diarias normales • Baja reversibilidad por intervención quirúrgica • La necesidad de inmunosupresión y anticoagulación varía	Bertassoni, L. E. (2022). Garreta <i>et al.</i> (2021). Cooper, D. K. y Hara, H. (2021). Nishinakamura, R. (2019). Wragg <i>et al.</i> (2019).

Modificada con base en: <https://khi.asn-online.org/uploads/KHI_RRT_Product_Terminology_Fact_Sheet_FINAL.pdf>.

Tabla 2. Comparativo de innovaciones en desarrollo de TRR

Dimensión	WAK riñón artificial vestible	AWAK riñón artificial ves- tible automatizado	IAK riñón artificial implantable.
Peso (Kg)	<5 kg	<2 kg	~ 500 grs
Requerimiento de energía	alimentado por pilas AA de 9 V	alimentado por pilas AA de 9 V	Casi no requiere (*), utiliza la presión cardiovascular y la energía propia del meta- bolismo celular
Fluidos requeridos	6 lts dializado/ tratamiento	~ 2 lts dializado/ tratamiento	Sin dializado, los pacientes beben un líquido rico en electrolitos para recuperar las pérdidas
Estado de desarrollo	Ensayos clínicos FDA	Ensayos en humanos	Modelos animales
Fortalezas	Portátil, baja tasa de UF, balance de electrolitos visto en uso clínico	Sin sangre, fácilmente portátil, holguras altas	Baja carga para el pacien- te, mínima generación de residuos
Limitantes	Problemas de coagulación y sangrado	Cambio frecuente de cartuchos (cada 7 h)	Puede requerir procedi- mientos invasivos repetidos

Elaborado con base en: Bepalov y Selishchev (2021); Salani, Roy y Fissell (2018)

(*) Nota: requiere un suministro de energía externo del tipo descrito en Khan, Pavuluri, Cummins & Desmulliez, (2020). El embalaje del tipo descrito en Rustogi & Judy (2020) y la implantación como se describe en Watanabe & Miki (2019) son importantes.

Hacia una resignificación de los Centros Públicos de Investigación en México a partir de la ciencia crítica y la apropiación social del conocimiento

CESAIRE CHIATCHOUA

Escuela Superior de Economía (ESE) Instituto Politécnico Nacional (IPN)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8915-7562>

JOSÉ CARLOS GARCÍA RAMÍREZ

Tecnológico de Estudios Superiores de Chimallhuacán

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7065-0728>

Línea Temática: ODS 3 (Salud y Bienestar) / ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura)

Resumen

El objetivo de esta investigación es proponer algunas alternativas para una apropiación social de los conocimientos generados para la resolución de problemáticas regionales por parte del Sistema de Centros Públicos del CONACYT. Mediante una metodología de carácter hermenéutico-explicativo, por un lado, y de tipo documental y estadístico, por otro, los resultados muestran que los Centros Públicos del CONACYT han dedicado más tiempo a la investigación funcional, es decir, orientada preferentemente a satisfacer al mercado y no al desarrollo regional y humano. Además, los financiamientos asignados por el Gobierno se concentran en entidades que mayor inversión extranjera directa reciben como la Ciudad de México, Nuevo León y el estado de México. A partir de estas premisas, la investigación propone una acción coordinada entre el Gobierno, la academia, la empresa y el mercado para el desarrollar óptimamente la investigación tanto en los Centros Públicos de Investigación como en todo el país.

Palabras clave: ciencias funcionales y críticas, Centros Públicos de Investigación, apropiación social del conocimiento.

Abstract

The objective of this research is to propose certain alternatives for a social appropriation of the knowledge generated for the resolution of regional problems by the CONACYT Public Centers System. Through a hermeneutic-explanatory methodology, on the one hand and on the other, of a documentary and statistical nature, the results show that the CONACYT Public Centers have dedicated more time to functional research, that is, aimed at satisfying the

market more than development, regional and human. In addition, the financing allocated by the government is concentrated in entities that receive the most Foreign Direct Investment, such as Mexico City, Nuevo León and the State of Mexico. From the above, this research proposes a coordinated action between the Government-University-Company-Community for the optimal development of research both in the Public Research Centers and throughout the country.

Keywords: Functional and critical sciences, Public Research Centers, Social appropriation of knowledge

Introducción

Los Centros Públicos de Investigación (CPI) adscritos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) fueron concebidos como instituciones encargadas de desarrollar la ciencia en México a fin de generar conocimientos, promover los avances científicos e impactar en los sectores público, productivo y social. Para lograr estos objetivos, el Gobierno ha financiado proyectos en diferentes áreas. Como señala Fabila Castillo (2014), si bien es cierto que a principios del siglo XXI la ciencia básica en México experimentó un crecimiento exponencial en las instituciones de educación superior, también lo es que se produjo una transferencia significativa de recursos públicos (a través del CONACYT) hacia instituciones privadas comprometidas en la generación de desarrollo científico y tecnológico.

Problemática

Los impactos en materia de desarrollo regional y resolución de problemas nacionales —entre ellos, la migración, la seguridad pública, el medio ambiente y la marginación social— no han sido suficientemente atendidos. Durante las dos últimas décadas, se ponderó el financiamiento otorgado al fortalecimiento del sector privado. A esta tendencia se agregan dos problemas: por un lado, la distribución desequilibrada de los recursos económicos entre las zonas metropolitanas y las entidades federativas —como bien apuntan, Medina Rivera y Villegas Valladares (2016)— y, por otro, la endogamia investigativa generada no solo en el interior de los Centros Públicos,

sino también en instituciones educativas de nivel superior en las que los espacios académicos son monopolizados por investigadores que imponen una perspectiva metodológica funcional.

Volviendo al caso de los CPI, estos todavía tienen asuntos pendientes que atender en materia de resolución de problemas nacionales, transdisciplinariedad científica y paridad en la distribución de los recursos económicos no solo en el Sistema de Centros Públicos de Investigación, sino también —en la medida de lo posible— en las instituciones de educación superior públicas que no gozan de los beneficios y apoyos al desarrollo de la ciencia y la tecnología. Por las razones expuestas, el objetivo de esta investigación es proponer ciertas alternativas para una apropiación social de los conocimientos generados para la resolución de problemáticas regionales por parte del Sistema de Centros Públicos del CONACYT.

Para lograr este propósito, el trabajo se estructura de la siguiente manera: tras la introducción, en el segundo apartado se explicará la metodología de la investigación —por un lado, de carácter hermenéutico-explicativo y, por otro, de tipo documental y estadístico—. El tercer apartado propone una reflexión crítica sobre el «uso» de la ciencia y la investigación funcional realizado por los CPI. En el cuarto apartado se discutirá si las ciencias críticas (como contraparte de las ciencias funcionales) podrían ser una alternativa para reorientar la actividad de los CPI en la resolución de los problemas nacionales (en términos de desarrollo social o humano). El quinto apartado detalla las acciones y la orientación de la investigación tendente a la consolidación de los sectores Gobierno-universidad-empresa-mercado para el desarrollo regional. Finalmente, en las conclusiones se realiza un trazado sintético de los temas que componen este estudio y, a la vez, se exponen los argumentos que conforman una propuesta alternativa de resignificación de los CPI a partir de las categorías de ciencia crítica y apropiación social del conocimiento.

Desarrollo de la Propuesta

Ciencias funcionales como paradigma de acción vigente de los CPI

En este apartado no se pretende realizar un ejercicio teórico-metodológico sobre la complejidad del término «conocimiento científico» ni sobre las variables metodológicas que lo rigen, y menos todavía de las leyes generales que posibilitan la plausibilidad, la verdad y la validez de la ciencia. Por el contrario, se trata de señalar que las ciencias —en términos generales, y especialmente aquellas de carácter experimental, empíricas, cuantitativas e incluso abstractas (como las matemáticas)— no son «neutrales» ni mucho menos ahistóricas. La primera premisa consiste, pues, en la identificación de los supuestos a través de los que dichas ciencias fácticas o empíricas persiguen una finalidad, se desarrollan en un contexto, se validan a través de comunidades científicas y, finalmente, adquieren un carácter institucional (ello ocurre, por ejemplo, cuando las instituciones de educación superior, los centros de investigación y las agencias internacionales acreditadoras o gestoras del conocimiento formalizan los paradigmas¹ científicos en estructuras reticulares o en directrices investigativas ortodoxas).

La segunda premisa es que las ciencias experimentales o fácticas generan conocimientos, desarrollan procesos, ejecutan pruebas-en-sayo, constatan hipótesis y llegan a conclusiones o principios uni-

¹ Thomas Kuhn abrió un nuevo horizonte problemático con la propuesta de la existencia de cambios de paradigmas en la historia por «revoluciones científicas». Al respecto, dice lo siguiente: «Una vez que ha alcanzado el status de paradigma, una teoría científica se declara inválida sólo cuando se dispone de un candidato alternativo para que ocupe su lugar. Ningún proceso descubierta hasta ahora por el estudio histórico del desarrollo científico no se parece en nada al estereotipo metodológico de la demostración por falsedad, por medio de la comparación directa con la naturaleza [...] La decisión de rechazar un paradigma es siempre, simultáneamente, la decisión de aceptar otro» (Kuhn, 1962: 69).

versales. Así ha sido la historia del desarrollo científico en cualquier área del conocimiento y es difícilmente discutible. De acuerdo con la tercera premisa, los modelos científicos pueden ser valorativos —es decir, pueden ser evaluados desde un punto de vista político, económico o ético por sus resultados y, sobre todo, por su uso—. Piénsese, por ejemplo, en las ecuaciones diseñadas para fabricar la bomba atómica y en su utilización para destruir pueblos enteros. El problema no es, pues, únicamente la generación de conocimiento, sino también su uso, su finalidad. En suma, la no neutralidad y la posibilidad de valorar el uso de los resultados científicos constituyen, al menos, dos aspectos centrales para reflexionar seriamente sobre la operatividad de los Centros Públicos de Investigación y para valorar la producción científica material generada a partir del destino práctico atribuido a la misma.

Según Bunge, la epistemología está estrechamente relacionada con las ciencias modernas. La epistemología puede entenderse o bien como la disciplina que estudia teoría del conocimiento, o bien como la que explica de la historia de las ideas. Pero también, como dice Mario Bunge, «la epistemología estudia la investigación científica y su producto, el conocimiento científico». Es decir, existe un consenso en torno a la tesis de que la ciencia es una construcción teórico-discursiva sobre alguna problemática de la realidad (ya sea desde la perspectiva de las ciencias experimentales, sociales, del comportamiento humano o de las ingenierías, entre otras). Por supuesto, esa explicación bungeana es requisito indispensable para el progreso de la ciencia, pues existen intereses epistémicos esenciales inevitables. Sin embargo, el punto crucial es que la ciencia no es una actividad pura alejada de los conflictos sociales e históricos.

La ciencia es explicativa: intenta explicar los hechos en términos de leyes y las leyes en términos de principios. Los científicos no se conforman con descripciones detalladas; además de investigar cómo son las cosas, procuran aportar razones para dar respuesta al porqué de las cosas, es decir, tratan de explicar por qué los hechos ocurren de determinada manera y no de otra. La ciencia deduce proposicio-

nes relativas a hechos singulares a partir de leyes generales, y deduce las leyes a partir de enunciados nomológicos aún más generales, los «principios» (Bunge, 2015: 19-22). Precisamente, ese es un argumento que ha prevalecido en la *praxis* institucional de los CPI, aunque se señale en la visión institucional de los CPI se señale la idea de que es «un Sistema [...] autónomo, especializado temáticamente, con cobertura nacional y pertinencia regional.

- Integrado por una comunidad con un sólido liderazgo científico, tecnológico y con vocación de vinculación y reconocida en los ámbitos nacional e internacional, por la calidad de sus graduados, los efectos de su investigación y su infraestructura de vanguardia.
- Que contribuye a la competitividad, al desarrollo sustentable y al bienestar social, siendo así un referente institucional y actor sustantivo en la sociedad del conocimiento y el mundo globalizado» (Sistema de Centros Públicos de Investigación CONACYT, 2012: 10).

No obstante, el último punto no se cumple de manera cabal, dado que en la programática de los CPI todavía campaneaba la tendencia funcional, empírica y experimental anclada a una visión positivista² del conocimiento.

El desarrollo histórico de la epistemología y de la ciencia, por ende, ha estado vinculado a una forma de producción de conocimientos en la que predominan: 1) Un enfoque empírico-analítico marcado por

² El positivismo es una estructura o sistema de carácter filosófico que considera que no existe otro conocimiento que el que proviene de hechos reales verificados por la experiencia. Por lo tanto, niega la posibilidad de que la teoría pueda ser una fuente del conocimiento y además niega la posibilidad de que la filosofía pueda contribuir al conocimiento científico (Díaz Narváez, 2014). Por lo general los trabajos que siguen esta metodología presentan un gran porcentaje de hechos documentados, pero contienen muy poca síntesis interpretativa. En este sentido, cuando la medición de los fenómenos se convierte en la única solución, se evidencia el problema que surge al no aceptar la veracidad de lo que no ha sido cuantificado.

un estilo de pensamiento sensorial, por una orientación concreta-objetiva hacia las «cosas», por un lenguaje numérico-aritmético, por una vía inductiva y por unas referencias de validación que remiten a la «realidad objetiva»; 2) El enfoque de aplicación de los conocimientos y la innovación tecnológica caracterizado por una acusada tendencia a investigar, producir conocimientos y generar productos o bienes de servicio y así atender las necesidades de los mercados, las empresas privadas, el sector financiero, los laboratorios y el desarrollo industrial, todo ello, lamentablemente, al servicio el comercio internacional administrado por los monopolios extractivistas de los descubrimientos y de los talentos científicos de países dependientes y subdesarrollados como México.

Mucho se dice en los medios de comunicación masiva que, a través del CONACYT, México canaliza su exiguo presupuesto dedicado a la ciencia y la tecnología. Ello, sin embargo, no es del todo cierto, pues en las últimas décadas se ha financiado con fondos públicos a empresas privadas mediante mecanismos tripartitos. A través de estos dispositivos, por ejemplo, un investigador adscrito al Sistema Nacional de Investigadores, las Redes de Investigación y las empresa particulares inscritas en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas utilizaban las universidades públicas o los centros públicos de investigación en el diseño de proyectos de investigación por cantidades millonarias. El proyecto se realizaba, las metas se cumplían y los productos se concluían. Sin embargo, los beneficios principales se quedaban en las empresas. Esto es muy común en las áreas como la biotecnología, la ingeniería petroquímica, el sector industrial, la demografía y las ciencias biomédicas.

Como se sabe, en la academia —no tanto en los CPI, pero sí en las instituciones de educación superior— el trabajo de investigación tropieza con muchas limitaciones: burocracias académicas altamente reactivas, infraestructuras físicas limitadas, apoyos institucionales exigüos y endogamia. En estas circunstancias, el quehacer científico se corrompe y no obtiene los éxitos ambicionados. También se sabe que, cuando la inversión pública es magra o inexistente, las universi-

dades se ven obligadas a cumplir las reglas del sector privado, es decir, a operar como empresas. Las empresas, por supuesto, centran todos sus esfuerzos en el resultado final: la maximización del beneficio, que depende de una evaluación cuidadosa y constante de las entradas y salidas. En su artículo «Investigación académica en el siglo XXI: mantenimiento de la integridad científica en un clima de incentivos perversos e hipercompetencia», Marc A. Edwards y Siddhartha Roy han abordado las consecuencias de esta dinámica para el desarrollo de la ciencia en la academia. Ambos autores analizan en el texto la puesta en marcha de un nuevo régimen de evaluación de indicadores cuantitativos (métricas) de productividad que rige prácticamente en toda la actividad de los investigadores y tiene impactos observables en sus prácticas de trabajo (Edwards y Roy, 2021).

Esas métricas y puntos de referencia incluyen el recuento combinado de publicaciones, las citas, los factores de impacto de revistas especializadas, cuyas publicaciones en revistas (*Journals*, principalmente) tienen que ser pagadas en dólares, así como las patentes que pretendan ser inscritas en mercado mundial de derechos de autor. Actualmente, esas métricas cuantitativas dominan la tarea de adopción de decisiones para la contratación de docentes, la promoción y jerarquización, los premios y el financiamiento. El resultado es que las y los investigadores de la academia están crecientemente obcecados por un deseo frenético de obtener financiamiento para realizar investigaciones que, a su vez, sean publicadas y citadas (Edwards y Roy, 2021).

Según Edwards y Roy (2021), cuando las máximas competitivas del capitalismo —vender el trabajo, si se trata de un trabajador, y maximizar el beneficio, si se trata de un jefe— dominan sobre cualquier otra consideración, todas las actividades alternativas se ven inevitablemente frustradas, independientemente de cuán nobles sean. Un propósito loable del desarrollo de la ciencia en la academia es, por ejemplo, proporcionar los recursos y estímulos para que las personas lleven a cabo experimentos rigurosos que mejoren el conocimiento colectivo sobre el mundo en que viven. Sin embargo, esas aspiraciones sufren y son erosionadas a medida que las admi-

nistraciones, aplicando las políticas de austeridad, frenan el financiamiento federal o estatal para las universidades y la investigación. Las instituciones, entonces, reaccionan cambiando sus modelos de financiamiento para mantenerse a flote.

Mencionemos un ejemplo sobre la mercantilización de la ciencia funcional. Con respecto a la crisis ambiental, Leonardo Boff (2022) afirma lo siguiente: «La ciencia tal como ha venido siendo comúnmente practicada y cuyo método se inauguró en el siglo XVIII con los padres fundadores del paradigma científico moderno. Adquirió su más clara expresión con los resultados del IPCC (por sus siglas en inglés, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) que hace el seguimiento del calentamiento actual y de la salud de la Tierra. Se orienta por el principio del orden. El crecimiento del calentamiento planetario cuyo CO₂, como se sabe, permanece en la atmósfera más de cien años. Dada la voracidad industrialista está llegando a un límite peligroso. Hasta 2030 debe ser reducido drásticamente, en caso contrario se conocerá una dramática transformación del equilibrio de la Tierra, que amenazaría gravemente la biosfera y generaría millones de emigrados en el mundo. Otro dato es la sobrecarga de la tierra (*the earth's overshoot*), es decir, el agotamiento de los bienes y servicios necesarios para el mantenimiento de la vida humana y terrestre. Se está volviendo cada vez más grave como revela el último análisis, verificado el 20 de septiembre de 2020.

De continuar el nivel de consumo actual, que exige una Tierra y media, puede llevarnos a altos índices de iniquidad social, especialmente entre los pobres. Están también las “9 fronteras planetarias para el desarrollo” que no deben ser superadas (climas, agua, suelo, biodiversidad, disminución de la capa de ozono, acidificación de los océanos, entre otras). Cuatro se encuentran en alto grado de degradación. A partir de la quinta puede ocurrir un efecto dominó, pues todos los factores son sistémicos, y se articulan entre sí. Ahí podría ocurrir el colapso de nuestra civilización».

En el símil anterior puede verse que muchos de los CPI no asumen el trabajo científico y sus responsabilidades nacionales, dado

que, como ya se indicó, sus paradigmas científicos basados en la optimización y el uso de estrategias experimentales y empíricas puestas al servicio del mercado o las transnacionales, así como el dogmatismo científico positivista generan condiciones de imposibilidad para contemplar de otro modo la ciencia, más allá del pragmatismo burdo y los intereses desenfrenados de un sistema político-económico que ha logrado someter a ciencia y a los centros de investigación para convertirlos en sus apéndices.

Metodología

El presente estudio tiene dos niveles de organización metodológica:

- Por un lado, el *orden metódico* de la investigación consiste, en primera instancia, en discutir algunos marcos teóricos referidos a la problemática del modo en que se construye el conocimiento científico y, a la vez, evidenciar que este no contiene una carga neutral, ya que a través de sus productos la ciencia responde a contextos y grupos de poder económico, de tal manera que los centros educativos y de investigación se convierten en correas de transmisión legitimadoras de dichos intereses metacientíficos. En segunda instancia, se analiza críticamente la cuestión de si es posible resignificar el trabajo científico hacia otras formas de aplicación del conocimiento en las que los beneficiarios directos de las innovaciones científico-tecnológicas no sean exclusivamente los mercados y el capital privado, y que *ahora* puedan serlo *también* los sectores públicos donde se localizan las necesidades sociales que es preciso atender. De esa última consideración deriva el argumento propositivo de acuerdo con el cual las ciencias críticas, no funcionales, pueden contribuir a resignificar el trabajo estratégico de los Centros Públicos de Investigación. El orden de la investigación concluye con una revisión sobre los datos obtenidos de documentos emitidos por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y, posteriormente, con la revisión indicativa del

tipo de orientación que asumen algunos Centros Públicos de Investigación a partir de la producción científica que reportan en sus páginas virtuales e informes institucionales.

- Por otro lado, la *metodología utilizada* para dar cuenta del desarrollo de esta contribución es mixta —es decir, tanto cualitativa como cuantitativa—. Por una parte, la metodología tiene carácter hermenéutico-explicativo, y por otra, es de tipo documental y estadístico. La proyección metodológica es contextual, y la matriz argumentativa es de tipo heurístico, dado que el estudio valora la postura teórica para aplicarla después a los procesos práctico, empírico o institucional del funcionamiento de algunos centros investigativos públicos de nuestro país.

Resultados

Las ciencias críticas como alternativa: ¿mercantilización o desarrollo social?

Desde 1911, un grupo de economistas encabezados por Joseph Schumpeter criticaron con sólidos argumentos las bases teóricas y metodológicas de la disciplina más mutilada entre todas: la economía. Independientemente de justificar los procesos creativos y renovadores del capitalismo, Schumpeter advirtió y detectó a temprana edad las crisis severas que ese sistema podría experimentar. No solamente podría desaparecer las relaciones sociales de producción capitalistas (no desde la perspectiva marxista —las contradicciones entre capital y trabajo y las luchas sociales, como detonantes disruptivos—). También determinadas cuestiones medulares como la innovación, el emprendedurismo y la responsabilidad social correrían el riesgo de ser erradicadas de la lógica salvaje de un sistema de producción voraz altamente tecnificado y burocratizado.³

³ Joseph A. Schumpeter, economista austro-estadounidense, destacó por sus investigaciones realizadas a mediados del siglo XX, sobre el ciclo económi-

Años después de la teorización de Schumpeter, John Hicks, demostró que la propia modelación matemática había constatado, con total claridad que más que un problema matemático, la asignación óptima de los recursos es una cuestión política. Con base en ecuaciones diferenciales lineales y no lineales, Hicks concluyó que, de hecho, más que de los modelos matemáticos las posibilidades de lograr una opción óptima de recursos dependían de las opciones políticas y de los objetivos básicos a los que sirve una economía (Hicks, 1939: 37-45).

Traemos a colación a Schumpeter y a Hicks solo para referirnos a dos apologetas del sistema de mercado vigente que, si bien estiman que el capitalismo representa históricamente el constructo mejor acabado en los sistemas de organización económico-política, cultural y tecnológica, también es cierto que en la lógica interna de ese

co y por sus teorías sobre la importancia vital del empresario, subrayando su papel en la innovación, que determina el aumento y la disminución de la prosperidad. Popularizó el concepto de «destrucción creativa» para describir el proceso de transformación que acompaña a las innovaciones. Predijo la desintegración sociopolítica del capitalismo, que, según él, se destruiría debido a su propio éxito. Schumpeter creía ciegamente en el sujeto burgués, en el empresario, pero también en cualquier individuo que quisiera progresar para impulsar procesos de desarrollo social. En una de sus obras afirma: «Diese soziale Funktion verliert bereits heute an Bedeutung. [...] Innovation selbst wird zur Routine reduziert. Der technologische Fortschritt wird zu einer Angelegenheit von Gruppen von Spezialisten, die produzieren, was von ihnen verlangt wird, und ihre Arbeit auf vorhersehbare Weise ausführen. Die Romantik der alten kommerziellen Abenteuer verschwindet schnell [...], So wird der wirtschaftliche Fortschritt entpersonalisiert und automatisiert. Das Handeln Einzelner wird tendenziell durch die Arbeit von Ausschüssen und Abteilungen ersetzt» («Esta función social «del capitalismo» está perdiendo su importancia [...], la innovación misma se está reduciendo a una rutina. El progreso tecnológico se está convirtiendo en una cuestión de grupos de especialistas que producen lo que se les pide y realizan su trabajo de manera predecible. El romanticismo de las viejas aventuras comerciales está desapareciendo rápidamente [...] Así, el progreso económico se despersonaliza y automatiza. La acción de los individuos tiende a ser reemplazada por el trabajo de los comités y departamentos» (Schumpeter, 1911).

sistema hay procesos de contradicción y negación de ciertas responsabilidades sociales que no pueden ser negados o excluidos. De lo contrario, sostuvieron ambos autores, el sistema entrará a una fase de su propio aniquilamiento.

Llegados a este punto, el propósito no es realizar una crítica al paradigma de la economía política vigente, sino demostrar que dicho paradigma requiere de mecanismos culturales educativos, científicos, ideológicos, técnicos para su justificación y reproducción instrumental en gobiernos y geografías específicas. Por ello, como ha quedado acotado en el primer apartado de la presente investigación («Desarrollo de la propuesta»), la pretensión de que las ciencias funcionales, abstractas y experimentales son ajenas a los contextos o entornos es una vulgaridad intelectual empíricamente insostenible, pues tanto para Hicks como para Schumpeter la economía —como cualquier otra ciencia— está imbricada con fuerzas exógenas, entre ellas las cuestiones sociales y políticas.

Discusión

Hacia la consolidación de los elementos: Gobierno-Universidad-Empresa-Mercado y desarrollo humano (social, o regional)

Este apartado se centra en el programa de financiamiento del sector de ciencia, tecnología e innovación coordinado por el CONACYT: Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (PEI) y toma en consideración el periodo 2009-2018. Para Medina Rivera y Villegas Valladares (2016: 254), el PEI apoya a las empresas que invierten en proyectos de investigación, desarrollo de tecnología e innovación en el país, fomenta la vinculación academia-empresa y permite el aprovechamiento del conocimiento y de la infraestructura científica y tecnológica de México en la solución de problemas; adicionalmente, trata de impactar en la competitividad, el bienestar social y promover la transformación de

nuestro país en una sociedad basada en el conocimiento. Por lo dicho, su análisis permite dimensionar su impacto en los ámbitos local, regional y nacional.

Cuadro 1. Número de proyectos aprobados por empresa, 2009-2018

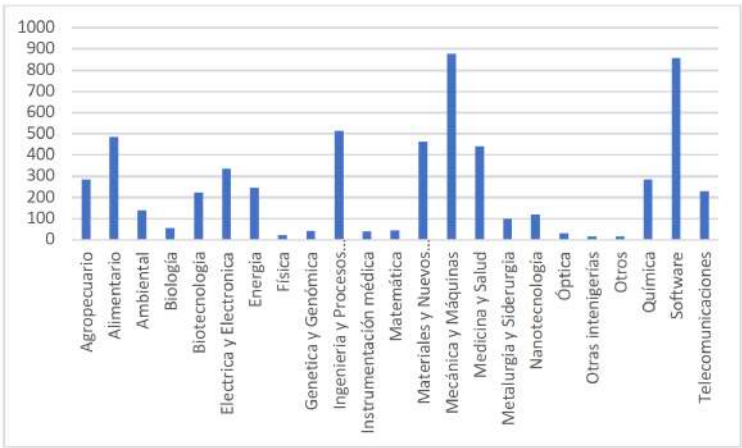
Empresas con 1 proyecto aprobado	1628
Empresas con 2-5 proyectos aprobados	1009
Empresas con 6-9 proyectos aprobados	136
Empresas con más de 10 proyectos aprobados	33
Total de empresas	2806

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por CONACYT

El Cuadro 1 muestra el reparto de los proyectos aceptados por empresas. Se observa que las empresas con 1 proyecto pueden ser micro o pequeñas porque su capacidad tecnológica y su nivel financiero son insuficientes para manejar más de un proyecto. Además, es importante señalar que el 41% de las empresas tiene al menos 2 proyectos aprobados, lo que significa que 6 de cada 10 proyectos ha sido asignado a una empresa. Solo 33 empresas tienen más de 10 proyectos; esto implica que en México las empresas grandes representan más del 1% del total de las empresas y las Mipymes representan cerca del 99%.

La Gráfica 1 muestra las áreas de interés para la innovación nacional. Puede apreciarse que «mecánica y maquinaria» y «software», con más de 800 proyectos apoyados en cada área, son las que reciben el mayor apoyo correspondiente al ODS (9). Les sigue el área de ingeniería y procesos industriales con 514 proyectos, la de alimentos, que tuvo 485 proyectos, y la de medicina y salud, con 440 proyectos. Las dos últimas tienen una relación directa con aspectos de desarrollo y bienestar social (ODS 3), mientras que la primera impacta en la industria. Cabe señalar que el objetivo principal de los proyectos centra en el desarrollo de productos nuevos o mejorados (Villavicencio, 2020).

Gráfica 1. Número de proyectos por área de conocimiento, 2009-2018



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por CONACYT

El análisis de datos de los nueve años muestra que las áreas sociales han sido dejadas de lado. En este sentido, Fabila Castillo (2014) señala que resulta necesario revisar y eventualmente replantear las políticas de apoyo a la investigación científica básica del CONACYT.

Cuadro 2. Los diez estados con más proyectos aprobados, 2009-2018

ENTIDAD FEDERATIVA	PROYECTOS APOYADOS
CIUDAD DE MÉXICO	618
NUEVO LEÓN	555
JALISCO	407
ESTADO DE MÉXICO	366
COAHUILA	302
GUANAJUATO	302
QUERÉTARO	285
BAJA CALIFORNIA	269
CHIHUAHUA	264
YUCATÁN	228

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por CONACYT

Las entidades que aparecen en el Cuadro 2 han obtenido más de la mitad (61%) de los proyectos apoyados por el PEI a nivel nacional. La explicación más plausible es que estos estados son los mayores receptores de inversión extranjera directa (IED). Como observan Tinoco García y Guzmán Anaya (2020), las entidades con mayor captación de IED durante el periodo 2000-2018 fueron la Ciudad de México (CDMX), con el 19.65 por ciento del total acumulado en todo el país, Nuevo León con el 11.19 por ciento y el Estado de México con el 11 por ciento del total acumulado por todos los estados en este periodo.

Para Villavicencio (2020), estados como Guerrero, Colima, Baja California Sur, Chiapas, Nayarit, Quintana Roo y Zacatecas tuvieron pocos proyectos en comparación con el resto de estados del país. En efecto, estos estados tuvieron entre 5 y 8 proyectos aprobados como promedio anual, mientras que el promedio anual de otros estados — como Tamaulipas, Michoacán o Hidalgo— superó los 15 proyectos aprobados.

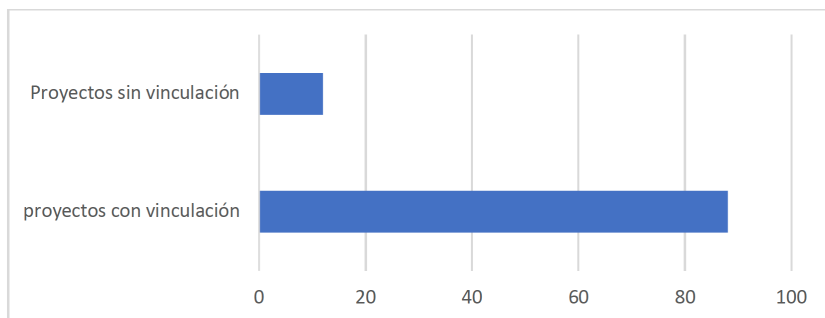
Retomemos el argumento sobre el financiamiento en la academia de Edwards y Roy (2021) al que se ha hecho referencia arriba. Un noble propósito de la ciencia en la academia es suministrar los recursos y estímulos para que las personas lleven a cabo experimentos rigurosos que mejoren el conocimiento colectivo sobre el mundo en que viven. Sin embargo, esas aspiraciones sufren y son erosionadas a medida que las administraciones, aplicando las políticas de austeridad, frenan el financiamiento federal o estatal para las universidades y la investigación. Las instituciones, entonces, reaccionan cambiando sus modelos de financiamiento para mantenerse a flote.

Para Alvarado-Borrego (2009), la universidad es el eje principal de una sociedad y debe contribuir a fortalecer su desarrollo, por lo que es necesario repensar qué es lo que se quiere y qué se necesita en el sistema educativo, ya que finalmente la función de la universidad es mucho más amplia que la mera formación para el empleo.

Por ello, la vinculación universidad-empresa es un factor con alto impacto en el desarrollo económico de los países, dado que permite que el conocimiento y la tecnología generados se comercialicen

en beneficio de la sociedad. La Gráfica 2 muestra que, del total de proyectos apoyados a lo largo de 9 años de existencia del PEI, 5,187 tuvieron algún tipo de vinculación con instituciones académicas.

Gráfica 2. Porcentaje de proyectos que se vincularon con Universidades e Institutos de investigación, 2009-2018



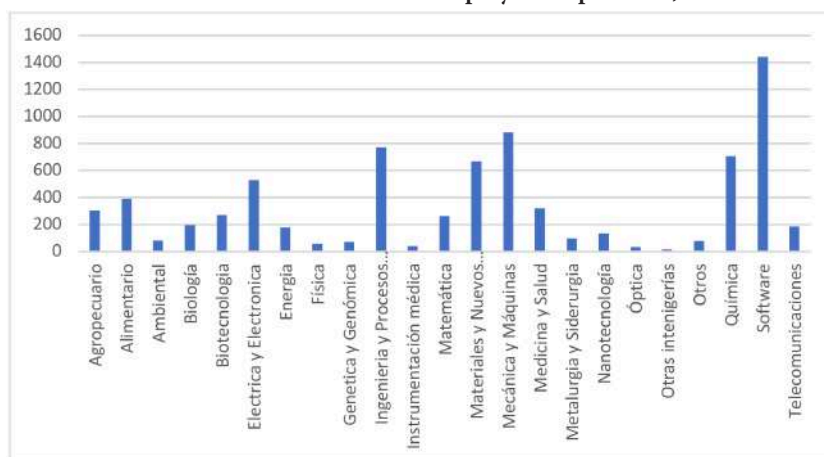
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por CONACYT

Si bien es importante desarrollar el vínculo entre la universidad y la empresa, cabe recordar (como se ha dicho anteriormente) que el desarrollo histórico de la epistemología y de la ciencia ha estado estrechamente vinculada con la forma de producción de conocimientos en la que predomina el enfoque de aplicación de saberes y la innovación tecnológica. Esta perspectiva se caracteriza por una acusada tendencia a investigar, a producir conocimientos, a generar productos o bienes de servicio y así atender las necesidades de los mercados, las empresas privadas, el sector financiero, los laboratorios y el desarrollo industrial, todo ello, lamentablemente, al servicio el comercio internacional administrado por los monopolios extractivistas de los descubrimientos y de los talentos científicos de países dependientes y subdesarrollados como México.

La Gráfica 3 refleja los principales temas de vinculación. Predomina el «*software*» (19% de proyectos) como tema de vinculación. Otros tres grandes temas de vinculación son la «ingeniería de procesos industriales» (10% de los casos), «materiales y nuevos materiales» (9%),

«química» (9%) y «mecánica y maquinaria» (11%). Para Villavicencio (2020), la participación de las universidades y centros de investigación fue puntual, es decir, solo realizaron actividades o intervenciones específicas, poco complejas y muchas veces escasamente relevantes para el proyecto, aunque en algunos casos sí fueron importantes.

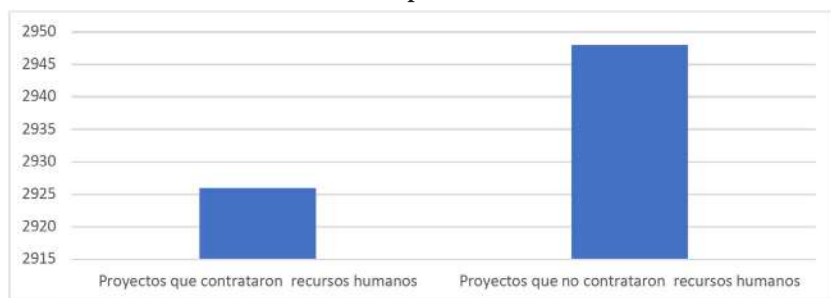
Gráfica 3. Temas de la vinculación de los proyectos aprobados, 2009-2018



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por CONACYT

En realidad, los temas de vinculación benefician a las empresas privadas que están más interesadas en la ganancia que en el desarrollo de la vinculación para mejorar el bienestar de la comunidad y el desarrollo económico. Frente a esta realidad, Inganzo Arias, Iriarte y Rocío Napoli (2019) argumentan que es urgente una renovación de las estructuras organizacionales universitarias actuales, que se han caracterizado por su burocratización, su segmentación y su desapego respecto las demandas de la sociedad. Además, la universidad debe generar el espacio de reflexión crítica necesario para empezar a tejer el puente para los futuros investigadores e investigadoras. ¿Cuál es el fin de una carrera científico-técnica frente a un modelo que propicia la reproducción de las estructuras que solo «sirven» a los países globalizadores?

Gráfica 4: Distribución de proyectos que contrataron recursos humanos especializados, 2009-2018



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por CONACYT

Los resultados de la Figura 3 muestran que, del total de los proyectos apoyados a lo largo de 9 años de existencia del PEI, 5,187 tuvieron algún tipo de vinculación con instituciones académicas. Además, evidencia que predomina el «*software*» (19% de proyectos) como tema de vinculación. Otros tres grandes temas de vinculación son la «ingeniería de procesos industriales» (10% de los casos), «materiales y nuevos materiales» (9%), «química» (9%) y «mecánica y maquinaria» (11%). Sin embargo, esta vinculación no ha sido relevante para la generación de empleos (contratación de recursos humanos), como puede apreciarse en la Gráfica 4.

Los datos expuestos demuestran que la vinculación empresa-academia no ha generado los resultados y el impacto esperados por las comunidades. La vinculación no ha sido efectiva en una de cada dos entidades. Las causas principales de este problema, según López Gómez y García Fernández (2021), son la ausencia de vinculación real entre los agentes involucrados y la carencia de objetivos claros de las instituciones rectoras. Como ya hemos señalado, Edwards y Roy (2021) comentan que en las Universidades públicas las y los investigadores están crecientemente obcecados por un deseo frenético de obtener financiamiento para la investigación que sea publicada y citada y que no se preocupan de la calidad de los programas que imparten a los estudiantes.

Por otra parte, los resultados solo benefician a las empresas privadas y no a la región o la comunidad. Al respecto, Anzaldo (2020) señala que las agendas de investigación coinciden con los modos de gobernanza de mercado y discrecional, pues los temas prioritarios representan los intereses de la élite empresarial y gobernante del país.

En las agendas están presentes varios elementos que apuntan la orientación de la ciencia hacia una lógica de mercado alineada con el neoextractivismo, que se expande en la región latinoamericana en general y en México en particular. Para esta investigación, las dos opciones son válidas. Sarabia-Altamirano (2016) concluye que las políticas públicas son un elemento clave en la vinculación universidad-empresa, y que deben diseñarse con base en los patrones culturales, los tipos de empresa y la intensidad de la investigación en el territorio.

De cara al futuro, Alvarado-Borrego (2009) espera que la vinculación entre el ámbito educativo y el productivo se inscriba en el marco de la complementación de las políticas y programas de desarrollo social y económico en los diversos sectores —agropecuario, industrial y de servicios—, así como en las políticas y programas de desarrollo educativo.

Aportación teórica

En su crítica a los teóricos de la ciencia y a las epistemologías, funcionalistas o sistémicas como las de Popper,⁴ Kuhn⁵ e incluso

⁴ Desde la perspectiva de Popper, los sistemas metodológicos de investigación científica necesariamente tienen que apegarse a los criterios de discernibilidad y constatación, es decir, todo tipo de aporte científico tiene que tener un sustento empírico demostrativo y la metodología idónea para lograr ese objetivo es utilizar los métodos cuantitativos que ofrecen la física y la matemática. Para Popper, incluso, la ciencia social, debe ser un apéndice de las ingenierías y las ciencias físicas. Por tal motivo, las instituciones que imparten educación científica deberán sujetarse a la metodología sugerida por Popper. En caso

Lakatos,⁶ Feyerabend sostiene que el método no funda a la ciencia, sino que la ciencia, entendida como una actividad humana requiere de cierto dinamismo enlazado a las fuerzas de la historia para sobrevivir. Es decir, en términos generales la ciencia en no puede ser ahistórica. Por el contrario, en la medida en que es una actividad social, humana, tiene que responder a las exigencias sociales concretas del momento que enfrenta y anticipar otras formas de entender la ciencia al servicio de las dinámicas humanas, sociales e históricas.⁷

de no cumplir los requerimientos metodológicos, estas investigaciones serán consideradas irrelevantes e inconsistentes por no ser funcionales.

- ⁵ En el caso de Kuhn, las investigaciones tienen que recabar la validación y el consenso de la comunidad científica. Los modelos o los paradigmas científicos solo son validos siempre y cuando se cumplan los criterios de objetividad, racionalidad y consenso. Un paradigma científico puede ser funcional cumpliendo la lógica de la argumentación de los expertos, pero también, puede la investigación científica generar propuestas de interrelación con otros campos de la ciencia, como lo son las ciencias sociales en general. La metodología kuhniana justifica que la investigación científica contenga argumentos propios de la ciencia experimental, pero también admite que pueda relacionarse con las ciencias humanas.
- ⁶ En el caso de Lakatos, la investigación científica necesariamente tiene que pasar por el proceso de verificación y constatación de hipótesis. Podríamos decir que, para Lakatos, las ciencias funcionales son las que cumplen con la metodología positivista. Dicha metodología solo presta atención a los procesos puros de la ciencia, pero no se interesa por las problemáticas de los contextos que también determinan la producción científica.
- ⁷ Con gran tino, Feyerabend afirma lo siguiente: «Mi plan a largo plazo es construir una teoría del conocimiento que tenga en cuenta esta situación. Esta teoría diferirá en dos aspectos de las teorías del conocimiento al uso: Será una teoría de las ciencias tanto como de las artes (humanidades). En lugar de ver las ciencias y las artes como dos dominios diferentes, presentará a ambos como partes diferentes de una y la misma empresa, del mismo modo que la física y la biología aún son vistas como partes de una y la misma empresa: la ciencia. No contendrá reglas abstractas. Todas las reglas, las de la lógica incluida, quedaran vinculadas a un contexto bien especificado, y dará una razón histórica del contexto y del correspondiente uso de reglas» (Feyerabend, 2019).

Es preciso comenzar a reflexionar sobre la pertinencia de la aplicación de paradigmas científicos que no necesariamente sean sistémicos y funcionales en un sistema de organización económico-política específico, y particularmente en un sistema subsumido por fuerzas mercantiles que hacen que la ciencia, el científico, la producción científica y los centros de formación o investigación estén bajo el dominio de las mismas.

Resignificar el papel de la ciencia es de vital importancia para la comunidad científica y para los centros públicos de investigación en cualquier región del mundo. Por ello, las ciencias críticas emergen de la crisis sistémica y funcional de modelos de investigación anquilosados o convertidos en mecanismos de producción científica al servicio de intereses mercantiles o privados, marginando los deberes sociales e históricos.

El término «ciencia crítica» designa una demarcación epistémica de carácter histórico y que responde a una ética de las responsabilidades sociales. La ciencia crítica no es un constructo epistemológico cuantificable, sino una postura transversal de análisis de los productos científicos, de los métodos de investigación con los que se organiza el conocimiento, de las estrategias con las que se aplican los conocimientos generados y, sobre todo, de los productos finales de todo proceso científico validado, así como de los intereses sociales o económicos a los que responde esa producción científica.

Por estas razones, los Centros Públicos de Investigación constituyen un objeto de estudio idóneo para pensar o tematizar desde la perspectiva de la ciencia crítica sus funciones, sus roles, productividad, políticas académicas, administración de los procesos y compromisos institucionales, entre otros, dado que solo el pensamiento crítico transversal de las humanidades permite saber, reconocer, corregir y mejorar las posturas científicas dogmáticas, ahistóricas y poco creativas. La ciencia crítica es una nueva forma de saber pensar, más que de saber repetir fórmulas, datos, números y estadísticas. A continuación, se realizará un ejercicio reflexivo y crítico sobre el *modus operandi* de un programa de financiamiento del sector de la

ciencia e innovación: el Programa de Estímulos a la investigación para los Centros Públicos de Investigación, justo para saber detectar las mejoras en cuanto a la resignificación que podrían tener si y solo si el pensamiento crítico ejecuta el proceso de discernimiento riguroso y alternativo.

Aportación práctica

Derivado de las estrategias argumentativas vertidas en la presente investigación, el aporte práctico consistiría en resignificar o reorientar los esquemas funcionales u operativos con los que vienen trabajando los CPI. Esta reorientación tiene que asumir las responsabilidades sociales que todo discurso debe atender. En este caso, una de las debilidades de los CPI detectadas en los estudios analizados es que no cuentan con una metodología capaz atender la diversidad de problemas prácticos desde donde se originan los temas preponderantes de la investigación.

Otros hallazgos detectados y que constituyen problemas prácticos son los siguientes:

- La equitativa redistribución del financiamiento dentro de la república y entre las áreas de investigación (estudio)
- La necesidad de fortalecer los estudios en las áreas de las ciencias sociales dado que nos encontramos en los tiempos de debate sobre los temas de género.

Conclusiones

La búsqueda del conocimiento ha sido una actividad de gran interés para el desarrollo de la sociedad. En México, el CONACYT desempeña, a través de sus CPI, el rol de generar conocimientos, promover el avance científico e impactar en los sectores público, productivo y social. Sin embargo, los impactos en materia de desarrollo regional y resolución de problemas nacionales como la migración, la seguri-

dad pública, el medio ambiente y la marginación social no han sido suficientemente atendidos.

En relación con los resultados de la investigación, cabe señalar que, si bien los datos indican un incremento en el financiamiento de los CPI, existe un reparto desigual del mismo en las diferentes entidades federativas. La Ciudad de México, Nuevo León y el Estado de México son los estados que reciben la mayor cantidad de la inversión extranjera directa y los que también concentran el mayor financiamiento, en desmedro de otros estados, entre ellos Chiapas y Guerrero.

Otro de los resultados relevantes es la existencia de una mayor vinculación de los proyectos de investigación entre el Gobierno la universidad y la empresa, si bien se observa que los productos de investigación realizados con recursos públicos son destinados a las empresas privadas. Las áreas como «mecánica y maquinaria» y «*software*» son las que generan de proyectos de mayor interés, aunque también destacan las áreas de alimentos, de medicina y salud y de ingeniería y procesos industriales. Por su parte, las áreas relacionadas con el desarrollo regional y resolución de problemas nacionales como migración, seguridad pública, medio ambiente y marginación social no son requeridas.

Considerando lo expuesto hasta aquí, esta investigación propone como alternativa la resignificación de los CPI a partir de dos categorías, la ciencia crítica y la apropiación social del conocimiento:

- Es necesario desarrollar la cuartahélice, es decir, buscar la sinergia entre 4 instituciones: Gobierno-universidad-empresa-mercado.
- El Gobierno debe reestructurar el marco legal relativo a la distribución equitativa del financiamiento en los CPI del país, priorizando las entidades marginalizadas.
- Los CPI deben ampliar e intensificar su vinculación con las pequeñas universidades municipales que carecen de financiamiento para desarrollar la investigación.

- Es preciso involucrar a las empresas en la promoción y mejora de la educación

Bibliografía

- Alvarado-Borrego, A. (2009): «Vinculación universidad-empresa y su contribución al desarrollo regional», *Ra Ximhai*, 5(3), 407-414.
- Anzaldo, M. (2020): «Las agendas estatales de innovación en México: ¿gobernanza científica discrecional o de mercado?», *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 11(21), 223-254.
- Boff, L. (2022): «Marcos teóricos para entender la crisis actual», *Koinonia*, 15 de agosto [en línea] <<https://servicioskoinonia.org/boff/articulo.php?num=1035>>.
- Bunge, M. (2015): *La ciencia, su método y su filosofía*, Buenos Aires: Gedisa.
- CONACYT (2012): *Sistema de Centros Públicos de Investigación. Libro del año 2012*, México: CONACYT [en línea] <<https://bibliotecas.cio.mx/ebooks/e0202.pdf>>.
- Díaz, N. (2014): «El concepto de ciencia como sistema, el positivismo, neopositivismo y las “investigaciones cuantitativas y cualitativas”», *Salud Uninorte*, 30(2), 227-244 [en línea] <<https://www.redalyc.org/pdf/817/81732428014.pdf>>.
- Edwards, M. y Roy, S. (2021): «Academic Research in the 21st Century: Maintaining Scientific Integrity in a Climate of Perverse Incentives and Hypercompetition», *Environmental Engineering Science*, 34(1) [en línea] <<https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ees.2016.0223>>.
- Fabila Castillo, L. H. (2014): «Diez años de apoyo a la Investigación Científica Básica por el CONACYT», *Perfiles Latinoamericanos*, 22(43), 55-76. [en línea] <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-76532014000100003&script=sci_arttext>.
- Feyerabend, P. (2019): *Contra el método. Esquema de una teoría anarquista del conocimiento*. Barcelona: Ariel.
- Hicks, J. (1939): *Value and Capital*, Londres: London Press.
- Inguanzo Arias, B. L., Iriarte, C. R. y Napoli, M. R. (2019): «Valor del conocimiento y modelos de ciencia nacional: el caso de México, Honduras y Argentina», *EccoS Revista Científica*, 49, 1-21.
- Kuhn, T. (1962): *La estructura de las revoluciones científicas*, Buenos Aires: EUDEBA.
- López Gómez, J. L. y García Fernández, F. (2021): «El sistema regional de innovación y la política tecnológica: el caso de Tamaulipas, México», *Región y sociedad*, 33(e1410).

- Medina Rivera, R y Villegas Valladares, E. (2016): «Financiamiento de la ciencia, la tecnología y la innovación en las regiones de Mexico», *Revista Mexicana de Agronegocios*, 38, 253-270.
- Sarabia Altamirano, G. (2016): «La vinculación universidad-empresa y sus canales de interacción desde la perspectiva de la academia, de la empresa y de las políticas públicas», *CienciaUAT*, 10(2), 13-22.
- Schumpeter, J. (1911): *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*, Berlín: Dietz Verlag.
- Tinoco García, M. J., y Guzmán Anaya, L. (2020): «Factores Regionales de Atracción de Inversión Extranjera Directa en México», *Análisis económico*, 35(88), 89-117.
- Villavicencio, D. (2020): *Inversión en conocimiento a través de los proyectos apoyados por el Programa de Estímulos a la Innovación de CONACYT*, México Foro Consultivo Científico y Tecnológico-CONACYT

Proyectos de valor circular: convergencia del conocimiento y la innovación social

MARTHA LETICIA SILVA FLORES

*Departamento de Economía, Administración y Mercadología (DEAM)
del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO)*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0343-8959>

ALEJANDRO GARZA SANTIBAÑEZ

Centro de Investigación de Química Aplicada (CIQA)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7732-8395>

Línea temática: Modelos de Negocios Inclusivos, con énfasis en el ODS 8 («Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos»)

Resumen

Este capítulo analiza la convergencia del conocimiento y la innovación social como factores de desarrollo económico en la Zona Metropolitana de Puerto Vallarta (ZMPV) propiciada por la implementación de un proyecto de colaboración de centros de investigación CONACYT con determinadas universidades, el gobierno y las comunidades pesqueras y agrícolas de la ZMPV. El capítulo da cuenta del proyecto de economía circular en la ZMPV generado bajo modelos de negocio inclusivos y un esquema de sostenibilidad económica, social y ambiental. El proyecto se basa en la aplicación de prácticas tecnológicas, agrícolas e industriales que impulsan el uso potencial de los recursos y residuos de la ZMPV mediante la generación de valor en nuevas cadenas de suministro a nivel local, regional o nacional. Se trata de un caso de éxito en el uso del quitosano como bioplaguicida en cultivos de sandía en la ZMPV que es el resultado de la colaboración intersectorial promovida desde proyectos con un enfoque de innovación social. Esta perspectiva conecta el resultado de años de investigación realizada en centros CONACYT y logra su incidencia social en México gracias a la participación de la academia, el gobierno y las comunidades.

Palabras clave: economía circular, modelos de negocio inclusivos, desarrollo sostenible, innovación social.

Abstract

This chapter allows recognition of the convergence of knowledge and social innovation as factors of economic development in the Metropolitan Zone of Puerto Vallarta (ZMPV), thanks to the implementation of a collaborative project of CONACYT research centers with universities, government and fishing and agricultural communities of the ZMPV. Therefore,

the chapter reports on the circular economy project in the ZMPV, generated under inclusive business models with an economic, social, and environmental sustainability scheme, through the application of technological, agricultural, and industrial practices that promote the potential use of resources and waste from the ZMPV, through the generation of value in new supply chains at the local, regional or national level. This project is a case of success in the use of chitosan as a bio-pesticide in watermelon crops in the ZMPV as a result of intersectoral collaboration promoted by projects with a focus on social innovation that connects the results of years of research carried out in CONACYT centers and achieves its social impact in Mexico thanks to the participation of academia, government, and communities.

Keywords: circular economy, inclusive business models, sustainable development, social innovation.

Introducción

Este capítulo da cuenta de un proyecto desarrollado bajo el paradigma de la innovación social para impulsar iniciativas desde la lógica de la economía circular en la Zona Metropolitana de Puerto Vallarta (ZMPV). El proyecto se basa en esquemas de sostenibilidad económica, social y ambiental, objetivo logrado mediante la aplicación de prácticas tecnológicas, agrícolas e industriales que impulsan el uso de recursos y residuos de la región, y a través de la generación de valor en nuevas cadenas de suministro a nivel local, regional o nacional.

Actualmente, esta perspectiva coadyuva hoy en día al uso responsable de los recursos no renovables que antes se consideraban inagotables y ahora están alcanzando los límites de su oferta asequible. Este agotamiento tendencial es debido a los impactos ambientales negativos asociados al consumo de recursos, la reducción de la biodiversidad y el cambio climático. Además, del incremento de la demanda local, nacional e internacional de todo tipo de recursos.

Estos fenómenos evidencian la insostenibilidad del modelo económico actual, del cual prácticamente ningún lugar del planeta se ve exento, tampoco la Zona Metropolitana de Puerto Vallarta (ZMPV), región conurbana resultante de la unión del municipio de Bahía de Banderas en Nayarit con el municipio de Puerto Vallarta en Jalisco en México. Se trata de una región que, según datos el Instituto Na-

cional de Estadística y Geografía (INEGI), abastece de recursos a una población de más de 300,000 habitantes, es la 36ª zona metropolitana más poblada de México y la 2ª más poblada en los estados de Jalisco y Nayarit,

La ZMPV está ubicada en la costa del océano Pacífico y oficialmente está integrada por los municipios de Bahía de Banderas (Nayarit) y Puerto Vallarta (Jalisco). Ambos municipios son considerados centrales, es decir, comparten la misma conurbación y forman parte de la ciudad central. Sin embargo, son entidades administrativas independientes con gobiernos libres y soberanos.

La actividad preponderante que se desarrolla en la ZMPV es la agricultura, seguida por el turismo, la ganadería, la pesca, el comercio y los servicios profesionales técnicos y especializados enfocados, en su mayoría, a la infraestructura turística, la industria de la construcción y el mantenimiento. Evidentemente, también existen servicios educativos, de salud y de asistencia social, así como social y asociaciones civiles y religiosas, todos ellos complementarios del sector económico de la ZMPV.

La dinámica de crecimiento que ha experimentado la región durante los últimos años, la limitación de los recursos —cuya explotación supone un alto costo ambiental—, el incremento poblacional y el aumento de la demanda de energía de los servicios primarios comporta la acentuación de una situación de escasez que, a menos que se implementen modelos sustentables y circulares, generará una gran inestabilidad económica y desigualdad en la ZMPV.

En este contexto, el proyecto Economía circular en la ZMPV se fundamenta en la sostenibilidad, el uso responsable de los recursos naturales y el bienestar humano, y adopta modelos de negocios sostenibles para evitar la generación de sobre costos, dado que, en ocasiones, la generación de bienes y servicios bajo esquemas de economía verde, circular, azul, o de la dona incrementan los costos de los sistemas de producción. En este sentido, es imperativo concebir progresivamente los sistemas productivos desde esquemas regenerativos y sostenibles para lograr verdadero desarrollo social.

El proyecto se centró en el prototipado de un bioplástico hecho con quitosano, resultado de un análisis sistémico en el que se identificó una de las causas raíz para realizar, posteriormente, una prospección tecnológica orientada a identificar una iniciativa específica de circularidad a través de una intervención en una de las actividades económicas de la ZMPV de mayor valor agregado y con un alto potencial de integración de los residuos en el sistema económico circular.

Este documento sintetiza la información relevante que fue analizada para la adopción de decisiones estratégicas sobre la intervención necesaria para evolucionar hacia una economía basada en esquemas regenerativos gracias a modelos de negocio sostenibles a partir de la selección de alternativas viables con valor circular. El capítulo se estructura en cuatro partes: la primera presenta el desarrollo de la propuesta, la segunda la metodología seguida, la tercera los resultados y la cuarta la discusión tanto teórica como práctica. Finalmente, se propone una breve reflexión conclusiva.

Problemática y desarrollo de la propuesta

El proyecto nació de la convergencia entre la innovación social y el conocimiento sobre sectores económicos relevantes de la ZMPV. La innovación social se concibió a partir de sus características fundamentales: atención a una problemática social, colaboración intersectorial, sostenibilidad financiera, replicabilidad y escalabilidad (Buckland y Murillo, 2014).

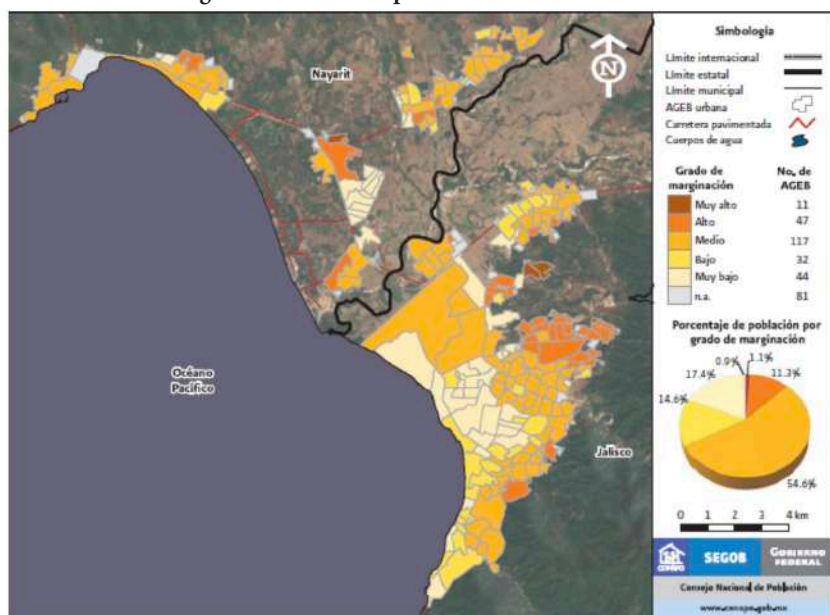
Este planteamiento permitió diseñar una iniciativa con valor circular que ofrecía una respuesta a la problemática generada por los modelos de negocio enmarcados en esquemas de economía lineal; en estos últimos, el uso de los recursos muchas veces es irracional y genera problemas ambientales y sociales. En este sentido, se procuró que la propuesta estuviera orientada a la consecución de un valor social público y que propiciara la colaboración intersectorial para lograr la escalabilidad y/o replicabilidad, además de cuidar la sostenibilidad.

nibilidad financiera y técnica, elementos indispensables para el logro de un impacto social positivo.

Considerando el planteamiento del proyecto —el prototipado de una iniciativa específica de circularidad—, se identificaron las actividades económicas con mayor potencial de la región, es decir, aquellas que pueden sustentar las acciones y elecciones sobre el uso de los recursos generando valor agregado y reintegrando al sistema económico los residuos de alto impacto en la región de la ZMPV.

La llamada ZMPV (Figura 1) incluye tanto el municipio de Bahía de Banderas como el de Puerto Vallarta. Se trata de un área con impacto en dos estados que comparten sectores económicos, espacios culturales y ámbitos sociales de manera transversal.

Figura 1. Zona Metropolitana de Puerto Vallarta



Fuente: Mapas de marginación urbana de las zonas metropolitanas y ciudades del país (CONAPO, 2022)

Los dos municipios arriba citados comparten una zona continua con actividades económicas comunes. Estas impactan en el territorio local y, debido a la cercanía entre ambas localidades, originan tanto beneficios económicos como retos ambientales y de sustentabilidad compartidos. En Bahía de Banderas, al igual que en Puerto Vallarta, las actividades pesqueras y agrícolas generan residuos orgánicos e inorgánicos derivados de las propias ocupaciones económicas y los procesos productivos utilizados. La reintegración de cualquier insumo que es resultado de un proceso a otros procesos para agregar valor es una premisa de la economía circular, de ahí la importancia de la relación entre estas actividades compartidas en la ZMPV.

Una de las actividades compartidas en la ZMPV es la industria pesquera. De acuerdo con los datos reportados por el DENEUE en febrero del 2022, se registraron 43 unidades económicas destinadas a la pesca en Bahía de Banderas y 10 en el municipio de Puerto Vallarta —que, como muestra el siguiente mapa, están situadas en los límites de Bahía de Banderas—.

Figura 2. Unidades económicas en la industria pesquera de la ZMPV



Fuente: DENEUE, INEGI [Consulta 14/02/2022.]

La ubicación de las unidades pesqueras tanto del municipio de Bahía de Banderas como de Puerto Vallarta es ventajosa, y puede

generar sinergias de cooperación interesantes para los modelos de economía circular.

Ambos municipios suman un total de 53 unidades productoras dedicadas a la pesca. El 81% de se encuentra en Bahía de Banderas. De acuerdo con el Anuario Estadístico del Estado de Nayarit, desde 2019 se ha identificado una tendencia al crecimiento.

Tabla 1. Importancia de la producción del camarón en la industria pesquera

Nayarit Año 2019	Volumen de Producción en peso vivo	Volumen de Producción desembarcado	Valor de producción en pesos
Total, Sector Pesquero	66, 567	64, 594	2,161,446
Camarón	17, 661	17, 633	1,272,864
Participación Porcentual	27%	27%	60%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del Anuario Estadístico del Estado Nayarit 2019

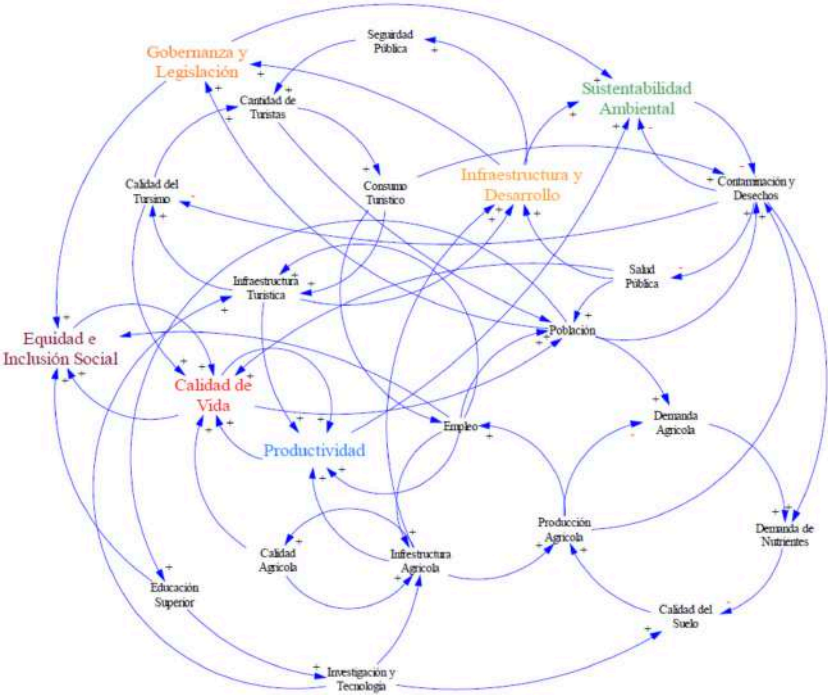
Como puede observarse, la producción de camarón en el total del valor de producción pesquera contabilizada en miles de pesos es altamente significativa. Este dato es sinónimo de oportunidades, pero también implica retos asociados a la sustentabilidad en la pesca.

En este sentido, se decidió que el prototipo de la iniciativa de valor circular en la región ZMPV en la actividad pesquera sería relevante respecto al desecho del camarón. También fue importante identificar otra actividad con potencial de uso de los desechos de la industria camaronera. Se encontró en el sector agrícola, que es básico en la cadena de suministros de alimentos no solo para el sector de servicios turísticos —una de las actividades económicas más relevantes en la ZMPV—, sino también para la comunidad de la ZMPV.

Teniendo en cuenta lo anterior, se investigaron las unidades económicas registradas ante el DENUE (INEGI) hasta febrero de 2022 que podrían estar vinculadas. Se registraron un total de 227, todas ellas vinculadas a las actividades agrícolas, pecuarias y de servicios agrícolas (entre ellas las dedicadas a la fumigación). Se hace mención específica a las unidades económicas dedicadas a la fumigación por-

que esta es una práctica que generalmente causa contaminación de los mantos freáticos, los cuerpos de agua y los mares. Dado que se había realizado un análisis sistémico, la propuesta atendió una de las principales causas de la contaminación de suelo y agua que actualmente sufre la zona: los pesticidas utilizados en el campo, productos altamente dañinos para el suelo, el agua y el ser humano.

Figura 3. Mapa sistémico para la iniciativa de valor circular en la ZMPV



Fuente: Elaboración propia

Así, se pensó que la propuesta debería situarse y materializarse en el sector agrícola debido las interrelaciones que este presenta dentro del sistema; el cruce de las estadísticas mostró que, dado su alto contenido de quitosano, el desecho del camarón podría utilizarse para el desarrollo de un biopesticida. Ello es importante no solo por su

contribución agrícola, sino también por la oportunidad de vincular y complementar las vocaciones de los principales municipios de la ZMPV para contribuir a la sustentabilidad del lugar.

El enfoque de la propuesta

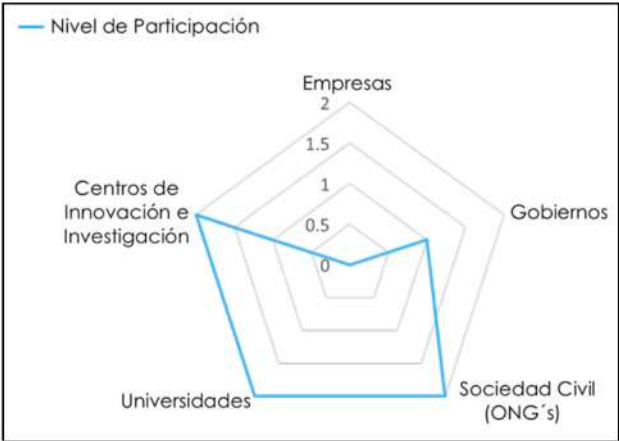
La economía circular inclusiva precisa la colaboración intersectorial, un aspecto clave de la innovación social porque forma parte de una competencia social compartida (Silva Flores, 2018). Desde las primeras fases de diagnóstico y análisis sistémico, la realización de este proyecto requirió de alianzas estratégicas y colaborativas con los principales actores de la región.

Para que una alianza realmente funcione debe partir de la complementariedad y el deseo genuino de las partes interesadas de alcanzar los objetivos y los resultados del proyecto de forma equitativa. La complejidad de este tipo de proyectos demanda las fortalezas y la visión de distintos actores multisectoriales. Estos proyectos no pueden ser resueltos por un único actor; además, se requiere una mayor inversión de recursos junto a la necesidad de mejorar la efectividad de difusión e incrementar el impacto en la sociedad. Por otro lado, para que las soluciones sean sostenibles tienen que contemplar tanto a las partes de la estructura social como a los sectores estratégicos y tener en cuenta las conexiones existentes entre ellos.

Para enfrentar problemas complejos, es necesario contar con un liderazgo operativo y una coordinación efectiva. Si lo que se pretende es alcanzar un impacto colectivo y un cambio social significativo, es necesario promover las interacciones entre sectores tales como las universidades, las empresas, los gobiernos, la sociedad civil (ONG) y los centros de innovación e investigación.

En este sentido, se incentivó la colaboración intersectorial, generando un modelo de negocio inclusivo basado en los fundamentos de la economía circular para mostrar que es posible transitar de una economía lineal a un sistema que permita avanzar hacia esquemas económicos regenerativos.

Gráfica 1. Nivel de participación sectorial del proyecto



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detallan las alianzas estratégicas que se establecieron para realizar el proyecto, vínculos cruciales para el análisis sectorial de la región, así como para definir de manera más específica las iniciativas de circularidad.

Tabla 1: Participación de Centros de Innovación e Investigación vinculados a CONACYT

Concepto	Descripción
Nombre:	CISAI - Centro de Innovación Social de Alto Impacto de Jalisco Es un centro de innovación social financiado en sus inicios por el CONACYT, el CISAI identifica, articula e integra las necesidades y capacidades de la sociedad civil, iniciativa privada, academia y gobierno, contribuyendo al desarrollo de iniciativas de innovación social. El centro promueve un cambio sostenible en las estructuras y comportamientos de las personas, instituciones y organizaciones subyacentes que son parte de la problemática, a través de una metodología de pensamiento sistémico, la evaluación de impacto y la procuración de fondos que nos ayuda a obtener resultados efectivos y sostenibles a los retos sociales, económicos y medioambientales de la sociedad actual.
Rol:	Líder del Proyecto.

Concepto	Descripción
Relevancia:	Es el primer centro de innovación en México en trabajar con una perspectiva de transformación de sistemas (Systems Change).
Logros:	Fortalecimiento del ecosistema de innovación social en Jalisco.
Nombre:	CIQA - Centro de Investigación en Química Aplicada. El Centro de Investigación en Química Aplicada es un organismo descentralizado perteneciente al Sistema de Centros Públicos de Investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología que tiene por objetivo realizar actividades de investigación científica básica y aplicada, desarrollo experimental, innovación tecnológica y formación especializada de capital humano de alto nivel en los campos de la química, los polímeros, los materiales avanzados, la biotecnología, el medio ambiente, los recursos naturales y disciplinas afines.
Rol:	Consultor experto nacional y colaborador en la implementación y prototipado de proyectos de circularidad en el área de polímeros (plásticos).
Relevancia:	Es el centro referente en tecnologías de polímeros a nivel nacional y latinoamericano.
Logros:	Premio Nacional de Tecnología e Innovación 2016.

Tabla 2: Participación de Universidades

Concepto	Descripción
Nombre:	ITESO - Universidad Jesuita de Guadalajara. El ITESO es la Universidad Jesuita de Guadalajara que pertenece al conjunto de más de 228 universidades jesuitas en el mundo. Comparte con ellas la tradición educativa de 450 años. Históricamente ubicada en el centro del pensamiento mundial, es reconocida por la formación de líderes en todos los campos de las ciencias y las artes. El ITESO se caracteriza por la excelencia académica, una profunda preocupación por el entorno local y global, y el compromiso con el mejoramiento de las condiciones de vida de las personas. Su proyecto de formación integral busca desarrollar la inteligencia y la sensibilidad y formar para la vida a jóvenes libres y comprometidos con la sociedad en un ambiente propicio para conocer y crecer.
Rol:	Fondestador y colaborador en la implementación y prototipado de proyectos de circularidad en áreas de innovación social, tecnología, economía, procesos y hábitat y desarrollo urbano.
Relevancia:	Es una de las universidades más importantes de México y Latinoamérica, y ocupa en el 8º lugar del ranking de las mejores universidades de México (2019).

Concepto	Descripción
Logros:	El ITESO ha logrado el reconocimiento de organismos nacionales e internacionales. La Secretaría de educación Pública otorgó al ITESO en dos ocasiones el Reconocimiento a Instituciones de Educación Superior por la Calidad de sus Programas. También ha sido la primera universidad jalisciense que ha recibido el registro como Institución de Excelencia Académica, entre otros.
Nombre:	CUC - Centro Universitario de la Costa de la UdeG El Centro Universitario de la Costa es un modelo de educación superior de la Universidad de Guadalajara que fue creado para impulsar el desarrollo social y cultural de la región de Puerto Vallarta, atendiendo además la demanda de los municipios de Talpa de Allende, Cabo Corrientes, Mascota, Tomatlán, San Sebastián del Oeste, y la parte sur del estado de Nayarit.
Rol:	Colaborador en la difusión, formación y permeabilización del proyecto a nivel en las comunidades locales de la región.
Relevancia:	El CUC cuenta con 4,630 alumnos, 14 programas educativos a nivel licenciatura, de los cuales 8 se encuentran acreditados, ofrece también 8 programas de posgrado, y suma 88 profesores de tiempo completo, de los cuales 19 son miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Esto hace del CUC el centro universitario más importante de la región de Bahía de Banderas.
Logros:	Entre los principales logros del CUC cabe mencionar diversos estudios en bienestar social y calidad de vida en la región de Bahía de Banderas, así como análisis de impacto ambiental y desarrollo sustentable.

Tabla 3: Participación de Organizaciones Civiles

Concepto	Descripción
Nombre:	INNO4SD - The Global Network About Innovation for Sustainable Development. Es una red de innovación para el desarrollo sostenible fundada por la Unión Europea que tiene como objetivo consolidar la comunidad global de la eco-innovación y fomentar la colaboración y el intercambio de conocimientos al reunir a personas de todos los sectores relacionados con la sostenibilidad, economía verde e innovación. Es una red orientada a la acción que apoyará la aplicación práctica de soluciones para estimular el cambio transformador y apoyar el desarrollo sostenible en todo el mundo.
Rol:	Consultor experto internacional en área de economía circular y desarrollo sustentable.
Relevancia:	Junto con el Centro de Investigación Holandés «TNO Innovation for life», es uno de los principales actores en la implementación del modelo de economía circular en Holanda y la Unión Europea.

Concepto	Descripción
Logros:	Impulsor de la iniciativa global para crear una alianza internacional de actores interesados en la promoción y uso del conocimiento, la ciencia, la tecnología y la innovación para apoyar los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), la acción del cambio climático y el surgimiento de una economía circular inclusiva.

Tabla 4: Participación de Gobiernos

Concepto	Descripción
Nombre:	Municipio de Bahía de Banderas. El municipio de Bahía de Banderas es uno de las 20 localidades en que se subdivide el estado de Nayarit, México; su cabecera es Valle de Banderas. Se localiza en la Región Costa Sur del estado. Asimismo, el municipio es uno de los que registra mayor crecimiento poblacional en el estado, incluso mayor que los municipios centrales.
Rol:	Fondestador y principal actor clave para llevar a cabo la implementación del modelo de economía circular en la región de bahía de banderas y alcanzar el éxito del proyecto.
Relevancia:	Es el nivel de gobierno que tiene la función de atender en primera instancia el bienestar de la población, los servicios básicos y las demandas cotidianas de la ciudadanía en su territorio.
Logros:	Desarrollo del Plan Parcial de Desarrollo Urbano Turístico Sustentable en Punta de Mita 2018, donde se compromete a impulsar la gestión de la sostenibilidad ambiental, el equilibrio territorial y la inclusión de todos los sectores sociales de la región.
Nombre:	Municipio de Puerto Vallarta. El municipio de Puerto Vallarta pertenece a la Región Costa-Sierra Occidental de Jalisco. Su población es de 275 mil 640 personas, que representa el 82.8% del total de la región. Desde hace más de 50 años es el segundo destino turístico más importante del país.
Rol:	Principal actor clave para llevar a cabo la implementación del modelo de economía circular en la región de Puerto Vallarta y alcanzar el éxito del proyecto.
Relevancia:	Es el nivel de gobierno que tiene la función de atender en primera instancia el bienestar de la población, los servicios básicos y las demandas cotidianas de la ciudadanía en su territorio.

Concepto	Descripción
Logros:	En el Índice de Ciudades Sostenibles de CitiBanamex 2018, la Zona Metropolitana de Puerto Vallarta se encuentra por encima del promedio nacional, con un avance considerable en cuatro Objetivos de Desarrollo Sostenible incluyendo «Agua limpia y saneamiento» y «Fin de la pobreza». En este sentido, según datos del INEGI, el porcentaje de la población vallartense viviendo bajo pobreza multidimensional bajó del 34.6% al 26.4%, del 2010 al 2015.

El carácter colaborativo de diferentes sectores fue importante para el nacimiento del proyecto. En la literatura, la cooperación entre diversos actores es definida como un factor clave e indispensable en proyectos que adoptan un enfoque de innovación social para que las investigaciones tengan un mayor impacto en la atención de problemáticas sociales (Silva Flores y Murillo, 2022).

El proyecto interestatal de la ZMPV tuvo un enfoque de innovación social e incentivó la colaboración entre los sectores académicos de dos estados (Jalisco y Nayarit), entre dos gobiernos municipales (Puerto Vallarta y Bahía de Banderas) y las organizaciones de la sociedad civil, generando dinámicas políticas y económicas diferentes en cada municipio. Esta circunstancia determinó la pertinencia de establecer alianzas estratégicas específicas para cada uno de ellos. A continuación, se presentan las alianzas adicionales que se lograron en cada caso.

Alianzas estratégicas adicionales en Bahía de Banderas

Tabla 5: Participación de Organizaciones Civiles

Concepto	Descripción
Nombre:	FLATAM - The Future of Latin America Foundation. The Future of Latin America Foundation es una fundación centrada en el impulso del ecosistema de la innovación, la tecnología y el emprendimiento en la Riviera Nayarit. La fundación tiene como propósito convertir a la Riviera Nayarit en una Smart Destination y mejorar así la movilidad, el cuidado del medio ambiente, el desarrollo económico y la seguridad en la región.

Concepto	Descripción
Rol:	Fondeador y actor clave en la región para la implementación del modelo de economía circular en la región de Bahía de Banderas.
Relevancia:	Fundador del primer clúster de innovación dirigido al desarrollo de <i>software</i> y exportación de tecnología en la Rivera de Nayarit
Logros:	Lanzamiento del Reality Camp Future X, primer reto para emprendedores en tecnología y seguridad en la región de la Rivera Nayarit.

Fuente: Elaboración propia

Alianzas estratégicas adicionales en Puerto Vallarta

Tabla 6: Participación de Gobierno

Concepto	Descripción
Nombre:	Agencia de Proyectos Estratégicos del estado de Jalisco
Rol:	Articular las diferentes dependencias estatales y municipales para la planeación, ejecución y evaluación de proyectos estratégicos orientados al desarrollo del estado de Jalisco.
Relevancia:	Forma parte del despacho del gobernador del estado de Jalisco, por lo que cuenta con una visión estratégica de las demandas críticas estatales.
Logros:	Ha esquematizado los proyectos estratégicos del estado de Jalisco, vinculando en cada caso a las dependencias estatales y municipales con el sector privado, la academia y los actores de la sociedad civil.

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, otros actores locales han contribuido a la promoción del proyecto al interior del municipio, entre ellos la Universidad del Valle de Atemajac (UNIVA), campus Puerto Vallarta, y Organizaciones No Gubernamentales locales.

Metodología

La base metodológica del proyecto fue la transformación de sistemas a partir del reconocimiento de la importancia de identificar las

causas de la problemática social, perspectiva que reclamó un enfoque integral y de pensamiento sistémico.

Por ello, se incluyeron también metodologías pilares a nivel global desarrolladas por el Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES, 2006). En este marco, se definen tres estados de un proyecto: preinversión, inversión y operación. El estado de preinversión corresponde a todo el proceso que se realiza para identificar de manera sistémica una necesidad o problemática existente. La preinversión conlleva un proceso de formulación y preparación de alternativas de solución para evaluarlas y determinar la conveniencia de su ejecución.

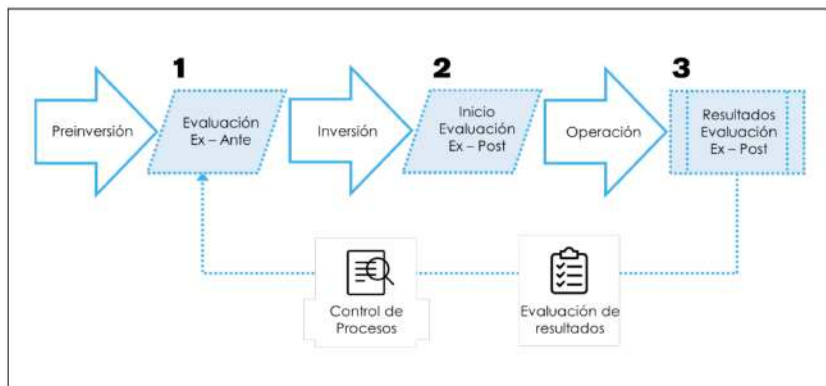
La elección de la ejecución de una de las alternativas de solución propuestas da paso al estado de inversión, en el que se lleva a cabo la planeación del proyecto y el establecimiento y diseño de sus etapas y actividades.

Finalmente, en el estado de operación se pone en ejecución el proyecto con base en su planeación y diseño. En esta fase comenzarán a generarse los beneficios estimados en la pre-inversión.

Según el ILPES, en el estado de preinversión se distinguen las siguientes etapas: perfil, prefactibilidad y factibilidad; y en el estado de inversión, las de diseño, planeación y ejecución del proyecto. El estado de operación corresponde a la puesta en ejecución del proyecto y su operación plena. Como metodología de evaluación, el ILPES indica que durante el estado de preinversión se efectúan la evaluación *ex ante* del proyecto, mientras que en el estado de operación se efectúa la evaluación *ex post* de este (ILPES, 2006).

A continuación, se describe la metodología evaluación *ex ante* y *ex post*, así como los indicadores establecidos para el proyecto.

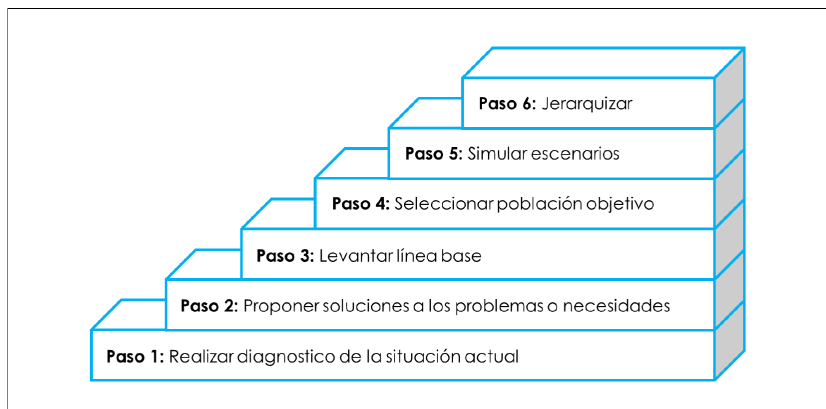
Figura 4. Ciclo metodológico del proyecto



Fuente: Adaptación de ILPES, 2006

Evaluación de impacto ex ante

En la evaluación *ex ante* se pretende simular el efecto y las consecuencias que puede generar la realización de una intervención o proyecto antes de que este se ponga en ejecución y operación. El objetivo de la evaluación *ex ante* es suministrar elementos de juicio para que los tomadores de decisiones determinen cuál es la intervención (proyecto) más conveniente para la población objetivo en términos del cambio de las condiciones de vida de los beneficiarios (ILPES, 2006). En las evaluaciones *ex ante*, el diseño del grupo de control será representado por la situación actual (línea base) de las condiciones de los beneficiarios del proyecto (el «antes»), y el grupo de tratamiento corresponderá a la simulación de la situación tras la intervención o el proyecto (el «después»). Así, el impacto del proyecto (Figura 3) será la diferencia en cualquier variable de resultado antes y después de su ejecución.

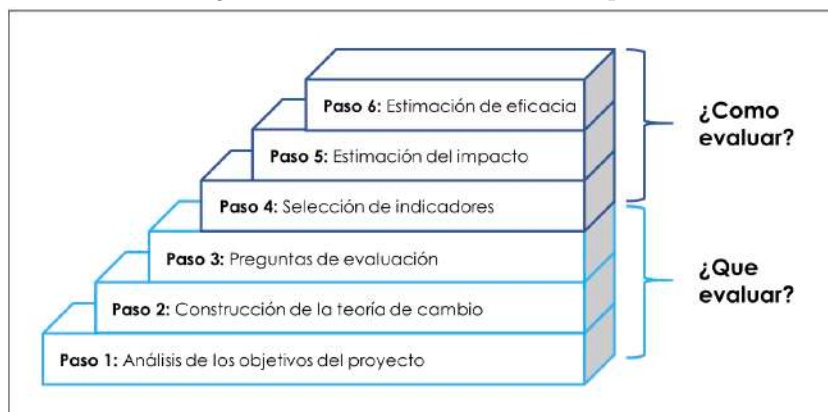
Figura 6. Procedimiento de evaluación *ex ante*

Fuente: ILPES, 2006

Evaluación de impacto *ex post*

La evaluación de impacto *ex post* se realiza al inicio de la operación y puesta en marcha del proyecto, así como cuando este finaliza. Su principal objetivo es determinar si se produjeron cambios en el bienestar de la población objetivo que son atribuibles a la intervención (ILPES, 2006). En la evaluación de impacto *ex post* los pasos metodológicos se orientan a valorar los impactos de un programa social.

Según el ILPES, el objetivo de la evaluación de impacto *ex post* es medir todos aquellos efectos relevantes respecto al propósito de la evaluación. Los pasos metodológicos que se siguen en este punto se relacionan con la identificación de los efectos de las intervenciones, las relaciones de causalidad que los unen, la puesta en práctica de los efectos a través de indicadores, el uso de diseños cuasiexperimentales de evaluación para medir su causalidad con los componentes del proyecto y la determinación de la eficacia y eficiencia de la intervención en la generación de los efectos (ILPES, 2006). En la Figura 7 se muestra el procedimiento para realizar dicha evaluación.

Figura 7. Procedimiento de evaluación expost

Fuente: ILPES, 2006

Indicadores del proyecto

Hasta ahora, no existe una forma establecida de medir cuán efectiva es una empresa, sector o región para hacer frente a la transición de modelos «lineales» hacia modelos «circulares». El cuadro de Indicadores de Circularidad de la Fundación Ellen MacArthur (organización referente en economía circular a nivel global) propone una serie de pautas para determinar el desempeño de un producto, una empresa o una región bajo el marco teórico de la circularidad que permite a las organizaciones valorar sus avances en la transición hacia el modelo de la economía circular.

Los índices desarrollados consisten en un indicador principal (Indicador de Circularidad del Material) que mide si los flujos materiales de un producto, empresa o región son restaurativos y/o regenerativos, y algunos indicadores complementarios que permiten estimar los impactos y riesgos adicionales.

Tabla 2. Indicadores de circularidad

Objetivo	Indicador
OBJ1. Indicador de Circularidad del Material	
	IDE1.1. Entrada en el proceso de producción: ¿Cuántos elementos de la entrada provienen de materiales vírgenes y reciclados y componentes reutilizados? ID1.
	IDE1.2. Utilidad durante la fase de uso: ¿Cuánto tiempo y cómo se ha utilizado el producto en comparación con un producto medio de la industria de tipo similar? Esto tiene en cuenta la mayor durabilidad de los productos, pero también los modelos de reparación / mantenimiento y de consumo compartido. ID2.
	IDE1.3. Destino después del uso: ¿Cuánto material entra en vertedero (o recuperación de energía), ¿cuánto se recolecta para el reciclaje, qué componentes se recogen para su reutilización? ID3.
	IDE1.4. Eficiencia del reciclaje: ¿Cuán eficientes son los procesos de reciclaje utilizados para producir insumos reciclados y para reciclar el material después del uso? ID4.

Fuente: Fundación Ellen MacArthur

Por otra parte, este proyecto puede contribuir de manera indirecta, y en el largo plazo, a complementar los indicadores de impacto y metas desarrollados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la agenda 2030 (Naciones Unidas, 2018), particularmente los referidos al trabajo decente y el crecimiento económico, así como a la producción y el consumo responsable, que se describen a continuación.

Tabla 3. Indicadores de Desarrollo Sostenible (ODS)

Objetivo	Meta	Indicador
OBJ2. ODS 8 Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos		
	ODS 8.4 Mejorar progresivamente, la producción y el consumo eficientes de los recursos y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente	
		IDE2.1. ODS 8.4.1 Huella material en términos absolutos, huella material per cápita y huella material por PIB
		IDE2.2. ODS 8.4.2 Consumo material interno en términos absolutos, consumo material interno per cápita y consumo material interno por PIB
OBJ3. ODS 12 Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles		
	ODS 12.2 lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales	
		IDE3.1. ODS 12.2.1 Huella material en términos absolutos, huella material per cápita y huella material por PIB
		IDE3.2. ODS 12.2.2 Consumo material interno en términos absolutos, consumo material interno per cápita y consumo material interno por PIB
	ODS 12.5 Reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización	
		IDE 3.3. ODS 12.5.1 Tasa nacional de reciclado, en toneladas de material reciclado
	ODS 12.6 Alentar a las empresas, en especial las grandes empresas y las empresas transnacionales, a que adopten prácticas sostenibles	
		IDE 3.4. ODS 12.6.1 Número de empresas que publican informes sobre sostenibilidad

Fuente: ONU (2018)

Resultados

Como ha podido apreciarse en los datos estadísticos presentados en secciones anteriores, existe una importante vocación que puede ser aprovechada por la ZMPV desde la perspectiva de los modelos de negocio sostenibles e iniciar, así, la reconstrucción de la región a partir de los principios de economía circular que vinculan la industria pesquera y la agricultura. En este sentido, el proyecto que aquí es objeto de análisis pretende generar un impacto positivo en la sustentabilidad de la región mediante propuestas amigables con el medio ambiente y capaces de contribuir a incrementar la equidad y el bienestar social. Desde esta perspectiva, para la ZMPV se visualizan oportunidades especiales desde la actividad de la pesca y sus residuos.

En el resultado de la prospección tecnológica de este proyecto se encontró una iniciativa que nació como consecuencia de la colaboración de distintos actores: Chakaan Occidente S. C, Development and Research of Chitosan, S.A. de C.V. (DRC) y Kitoshell S.A de C. V, organizaciones que luchan por alinear las directrices de modelos de negocio sostenibles con las demandas socioambientales internacionales y responder a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la agenda 2030 (que se identificaron en la sección anterior), creando así un esquema que cumple con características de la economía circular.

El aporte de Chakaan Occidente al modelo incide precisamente, desde una perspectiva sistemática y transdisciplinar, en la construcción de una plataforma de colaboración con las comunidades pesqueras, en las que se persiguió la optimización de los procesos que generen empleos dignos con ingresos superiores a los establecidos por la ley, así como la mejora de la calidad de vida de las personas en el marco del esquema de la circularidad priorizando, como ya se ha dicho, la reducción de los residuos que se desechan al medio ambiente.

La plataforma de colaboración opera desde la fase de acopio en la ruta de procesos. Chakaan se involucró directamente en la identificación y articulación de una red de proveedores y trabajó bajo el marco de la participación social con cooperativas camaroneras.

En cuanto a DRC, durante años de investigación desarrolló un sistema innovador para el aprovechamiento y oferta responsable de biomateriales como la quitina y quitosano en los mercados nacional y global. Al igual que los sectores académico, empresarial e investigador, DRC es un actor clave en el logro del aprovechamiento de recursos naturales —que bajo la percepción de la economía circular son concebidos como externalidades positivas—, concretamente la transformación de desechos —la cascara y la cabeza del camarón— en productos de alto valor agregado para diferentes industrias con el objetivo de maximizar el potencial de la cadena de valor.

Finalmente, Kitoshell es de una empresa que fomenta la sinergia entre las dos compañías acabadas de mencionar a través del mantenimiento de la congruencia de los indicadores de circularidad (mostrados en la Tabla 2), de los ODS (mostrados en la Tabla 3) y de las líneas de acción que se derivan de ambos.

El resultado de esta colaboración fue un bioplaguicida, un bio-insumo compuesto por un biopolímero y una solución súper oxidativa que constituye una alternativa biodegradable a los agroquímicos que se usan convencionalmente para el control de infección por hongos y bacterias de distintos cultivos, así como combatir virus y patógenos foliares.

El bioplaguicida trabaja mediante tres mecanismos de acción; primero, elimina la presencia de patógenos mediante una función antiséptica; posteriormente, construye una barrera física que impide el establecimiento de nuevos patógenos, dado que forma una biopelícula protectora; y, finalmente, estimula los mecanismos químicos de defensa que desarrollan las plantas ante cualquier ataque de patógenos.

El último mecanismo promueve la síntesis de fitoalexinas, que son las sustancias producidas después de una infección por la interacción planta (hospedero) y patógeno (huésped) para frenar la infección.

El producto fue puesto a disposición de los cultivadores de sandía de la ZMPV para hacer las pruebas pilotos en sembradíos de esa fruta, producto agrícola importante en el región. Es necesario esperar un ciclo completo de cosecha para recopilar los primeros resultados beneficiosos para el cultivo, entre ellos la combinación de la acción mecánica y sistemática de la planta para inducir su respuesta defensiva, propiciar la absorción de micronutrientes o aumentar la vida de anaquel manteniendo los frutos firmes poscosecha.

No obstante, el beneficio en el corto plazo es evidente en lo que respecta a la conexión de cooperativas pesqueras a través de Chaakaan, dado que se ha conseguido la revalorización de unos de los subproductos de su actividad económica —la cáscara y la cabeza del camarón— para la obtención de quitosano.

El quitosano es un azúcar que se obtiene del duro esqueleto externo de los mariscos —el cangrejo, la langosta y los camarones (WebMD, 2020). Se le conoce también como quitosana y chitosán. Fue descubierto por Rouget en 1859, quien descubrió que, al tratar quitina con una solución caliente de hidróxido de potasio, se obtiene un producto soluble en ácidos orgánicos. Esta «quitina modificada», como el autor la llamó, se tornaba de color violeta en soluciones diluidas de yoduro y ácido, en contraste con la coloración de la quitina, que era verde. Posteriormente, en 1894, fue estudiada por Hoppe-Seyler, quién la denominó «quitosano» (Cristóbal Lárez Velásquez, 2003).

Actualmente, este polisacárido se utiliza la química aplicada para desarrollar nuevos absorbentes, en la biomedicina para crear membranas de hemodiálisis, suturas biodegradables y cicatrizantes de quemaduras, entre otros fármacos. En el campo de la salud funciona como un medicamento dietético, ya que tiene un polímero que opera como atrapador de grasas en el estómago.

En el ámbito de la agricultura, se utilizan como sistemas liberadores de fertilizantes de alta propagación y para controlar enfermedades y plagas vegetales. También se ha mostrado eficiente en el tratamiento del agua y se usa en diferentes industrias; la textil, la de los cosméticos, la del papel, y la de los alimentos y bebidas.

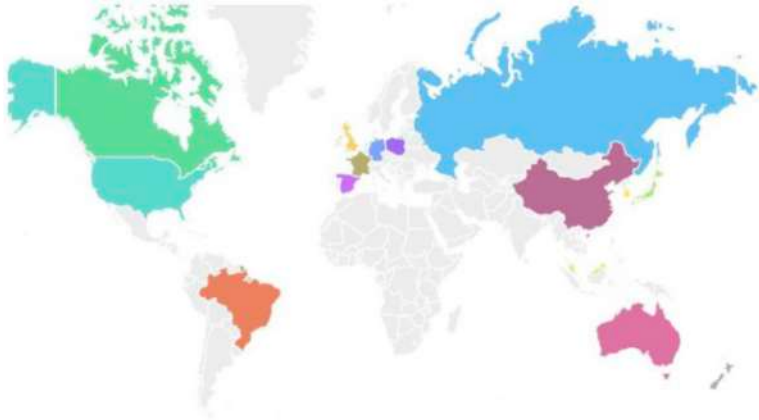
Por todo ello, se utilizó el quitosano obtenido del sector pesquero y se incorporó a otro de los sectores de mayor impacto en la economía de la ZMPV, el sector agrícola, como el elemento activo del bioplaguicida utilizado en los cultivos de sandía de la región. El resultado es prometedor y evidencia que pueden articularse modelos de negocio sostenibles gracias a la integración de residuos de un sector que se revaloriza —el pesquero— para generar un nuevo producto amigable con el medio ambiente y responsable con las prácticas económicas sostenibles e integrarlo en otra actividad económica importante, agricultura.

Discusión

Uno de los aspectos más relevantes de la iniciativa de valor circular que conecta a las cooperativas pesqueras de la ZMPV con la industria del quitosano es que estas comunidades aprendieron a revalorizar sus residuos, que se tradujo en un incremento del acopio de cabezas del camarón para la extracción del quitosano, así como en su uso en bioplaguicidas.

Sin embargo, este es solo el inicio para avanzar en este tipo de tecnología y, en algún momento, competir con la industria del quitosano de otros países. Por ejemplo, Estados Unidos de Norteamérica ha generado el 35% de tecnología apoyada en quitosano. Le sigue China con el 28% y el porcentaje restante se dispersa en el resto de las regiones (véase la Figura 8).

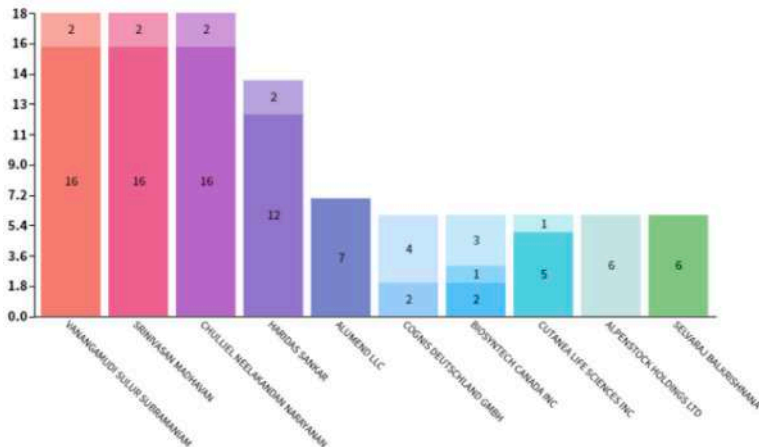
Figura 8. Países con patentes del uso del quitosano



Fuente: Derwent plataforma de búsqueda de patentes de Clarivate Analytics

En la Figura 9 se observa que las compañías Vanangamudi Sular Subramaniam y Srinivasan Madhavan concentran la mayor cantidad de registros. Ambas suman el 86% y cada una tiene 4 registros más que su competidor más cercano, Chulliel Neelakandan Narayanan.

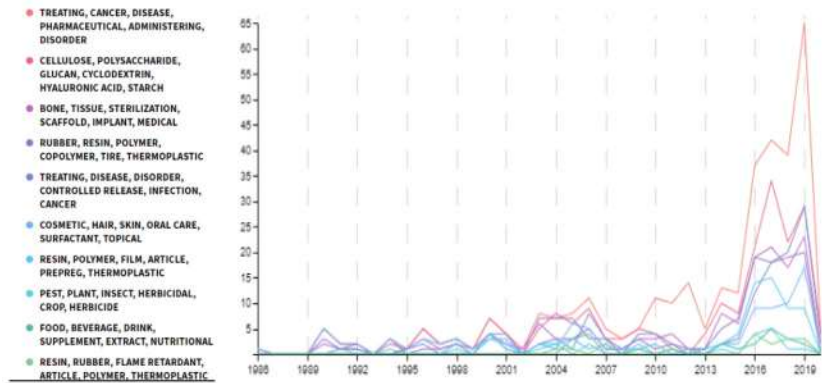
Figura 9. Principales desarrolladores de la industria del quitosano



Fuente: Derwent plataforma de búsqueda de patentes de Clarivate Analytics

Como nuestra la Figura 10, las mejores tecnologías basadas en el quitosano son los tratamientos farmacéuticos para el cáncer, que abarcan el 99% de los desarrollos y alcanzaron su punto máximo en 2019. Los porcentajes más amplios de interés tecnológico muestran una saturación en ese espacio, mientras que los porcentajes más pequeños evidencian una aplicación tecnológica heterogénea. En el año 2017 se produjo la mayor diversidad tecnológica, con más del 80% de todas las tecnologías representadas antes de la pandemia de COVID-19.

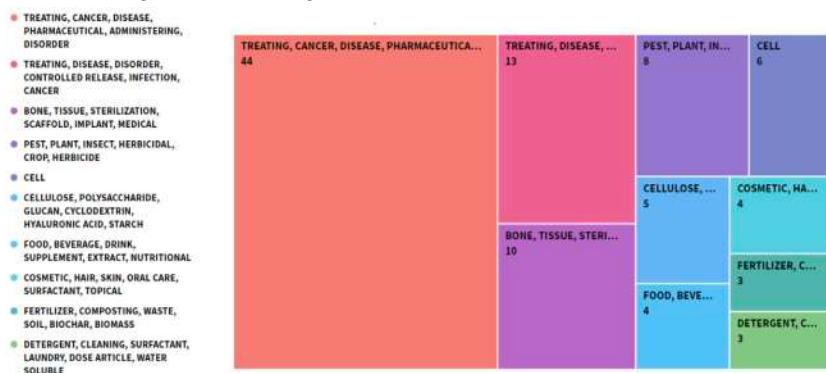
Figura 10. Aplicaciones tecnológicas del quitosano



Fuente: Derwent plataforma de búsqueda de patentes de Clarivate Analytics

En México, de las 376 familias de patentes de un total de 869 que utilizan quitosano en sus métodos, solo 21 están registradas o desarrolladas. No obstante, se observa que, antes de la pandemia de COVID-19, tuvo lugar un incremento exponencial del uso de este biopolímero en nuestro país. Dado que tan solo el 46% de estas patentes se desarrollaron entre los años 2015 y 2019, el 31% de estas patentes se encuentran activas, el 30% están en solicitud o indeterminadas y el resto están inactivas.

Figura 11. Tecnologías desarrolladas en los últimos tres años



Fuente: Derwent plataforma de búsqueda de patentes Clarivate Analytics

Existen 30 clasificaciones de tecnologías representadas en las Figuras 10 y 11, donde se observa cuáles son las tres principales tecnologías desarrolladas en los últimos tres años. El 64% de los registros se encuentran en el ámbito de la biomedicina. El número de tecnologías indica innovaciones recientes y puede proporcionar una visión general del «estado del mercado» y su segmentación.

En México se han desarrollado o registrado el 2.42% del total de patentes con tecnología basada en el quitosano. Este crecimiento va de la mano del incremento a nivel mundial de los desarrollos que refieren a tratamientos, cáncer, farmacéutico, de aplicación, trastorno, preparaciones para cuestiones médicas, dentales o del inodoro, dispositivos o métodos especialmente en farmacéuticas, aspectos químicos o uso de materiales para la desodorización del aire, para la desinfección o esterilización, o para vendajes, apósitos, almohadillas absorbentes o artículos quirúrgicos y composiciones de jabón. El principal desarrollador es P&G, y le sigue Kimberly Clark.

Sin embargo, ninguno de estos desarrolladores trabaja bajo un esquema de innovación social que implique a las comunidades en la del bienestar social, a diferencia del proyecto descrito en estas páginas, basado en los principios de la economía circular y orientado a pro-

mover un desarrollo, social, ambiental y económico en la región de la ZMPV mediante proyectos con un enfoque de innovación social.

Conclusiones

El presente proyecto planteó la propuesta de diseño, desarrollo e implementación de un modelo de negocio inclusivo con base en las ideas fundamentales de la economía circular para implementar este tipo de negocios en la ZMPV. El propósito era mostrar que resulta posible transitar de un modelo económico lineal a un modelo económico circular de carácter restaurativo, regenerativo y sustentable. Se trataba, en efecto, de desarrollar un proyecto que capaz de mantener en todo momento la utilidad y valor de los recursos, los productos y los servicios generados en la región, y de establecer ciclos de desarrollo continuos y positivos para preservar y mejorar el capital natural, la optimización de recursos y la minimización de riesgos mediante modelos de negocio sostenibles que permitan la gestión de reservas finitas de materiales y flujos de energía renovables.

El proyecto contempló la realización del prototipado de una iniciativa de circularidad con base en un análisis económico de la ZMPV y una prospección tecnológica del quitosano, uno de los desechos detectados en una de las principales actividades económicas de la región. Gracias al marco normativo de la innovación social, distintos actores se mostraron dispuestos a colaborar para lograr optimización de los recursos y la utilización y revalorización de los desechos de la región. De este modo, se crearía un valor agregado para su posible incorporación como insumo en otros sectores económicos locales, regionales o nacionales, sin olvidar la inclusión social y la generación de impactos en de las comunidades vulnerables de la región. Estos objetivos se orientaron desde su concepción al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la agenda 2030.

El enfoque de pensamiento sistémico contribuyó a reforzar la interacción entre las partes involucradas e interconectadas a través de una red de relaciones en la que se reconocían las potencialidades

endógenas de las comunidades. Así, fue posible implicar —y vincular— a las comunidades pesqueras de la ZMPV con los agricultores de sandía de la región. Por ello, el planteamiento de soluciones se concibió desde la estructura misma de la problemática y sus actores con en fin de llevar a cabo la transición de modelos de economía lineal hacia modelos de economía circular a través del desarrollo de ecosistemas de valor circular.

Bibliografía

- Cárdenas, E. P. (2012): «La transformación urbana de Puerto Vallarta, Jalisco», *Espacios Públicos*, 15(34) [en línea] <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67623463016>>.
- Chávez, J., Colina, D., Valbuena, A. y López, A. (2012): «Obtención y caracterización de papel de quitosano», *Revista Americana de Polímeros*, 13(2) [en línea] <https://www.researchgate.net/publication/326270990_OBTENCION_Y_CARACTERIZACION_DE_PAPEL_DE_QUITOSANO>.
- DERWENT (2022): «Plataforma de Patentes», *Clarivate Analytics* [en línea] <<https://clarivate.com/derwent>>.
- INEGI (2019): Prontuario de información geográfica municipal de los estados. Puerto Vallarta y Bahía de Banderas: 18020
- (2020): Censo económico. Tabulados especiales por localidad, México: INEGI.
- Lárez Velásquez, C. (2003): «Algunos usos del quitosano en sistemas acuosos», *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 4(2) [en línea] <https://www.researchgate.net/publication/235791932_ALGUNOS_USOS_DEL_QUITOSANO_EN_SISTEMAS_ACUOSOS>.
- (2006): «Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro», *Avances en química*, 1(2) [en línea] <<https://www.redalyc.org/pdf/933/93310204.pdf>>.
- Mármol, A. y Páez, G. (2011): «Quitina y Quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones», *Revista Tecnocientífica URU*, 1 [en línea] <https://www.researchgate.net/publication/235431334_Quitina_y_Quitosano_polimeros_amigables_Una_revision_de_sus_aplicaciones>.
- Navarro, A., Manrique A., Iparraguirre, E. (2010): «Síntesis y caracterización de quitosano cuaternario nativo y reticulado en polvo para su aplicación en la adsorción de aniones metálicos», *Revista de la Socie-*

- dad Química de Perú*, 76(4) [en línea] <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000400002>.
- Ortega Hernández, A. L. (2010): «Agricultura y crisis en México: 30 años de políticas económicas neoliberales» *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible* 6(3), 323-337.
- Rinaudo, M. y F. M. Goycolea (2019): *Advances in Chitin/Chitosan Characterization and Applications*, Basilea: MDPI [en línea] <file:///C:/Users/herlinda/Downloads/Advances_in_ChitinChitosan_Characterization_and_Applications.pdf>.
- SCIAN (2021): *Sistema de clasificación industrial de América del Norte*, México: INEGI
- Silva Flores, M. L. y Pedroza Zapata, A. R. (2018): «Social Innovation: A shared social competence», *Education in the Knowledge Society*, 19(2), 47-62 [en línea] <<https://doi.org/10.14201/eks20181924762>>.
- Silva Flores, M. L. y Murillo, D. (2022): «Ecosystems of Innovation: Factors of Social Innovation and its Role in Public Policies», *Innovation: The European Journal of Social Science* 35(4) *Research*, 35(4), 569-588.
- MED (2020): «Chitosan-Side effects and More», *WebMD* [en línea] <<https://www.webmd.com/vitamins/ai/ingredientmono-625/chitosan>>.

La innovación en la educación superior y los Centros Públicos de Investigación: COVID-19

OMAR GUILLERMO ARRIAGA CÁRDENAS

*Centro universitario de Ciencias Económico Administrativas
(CUCEA), Universidad de Guadalajara (UdeG)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2603-4690>*

PAOLA DEL CARMEN LARA MAGAÑA

*Centro universitario de Ciencias Económico Administrativas
(CUCEA), Universidad de Guadalajara (UdeG)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9809-716X>*

Línea temática: Objetivos de Desarrollo Sostenible, con énfasis en «Educación de calidad»

Resumen

Los Centros Públicos de Investigación (CPI) han mantenido una relación estrecha con las Universidades para fomentar la competitividad y el crecimiento económico, objetivo que desprende del texto de la Ley de Ciencia y Tecnología, legislación aprobada con la finalidad de vigilar la generación de conocimiento. La pandemia de COVID-19 obligó a modificar los paradigmas educativos existentes. Este cambio generó un nuevo sistema educativo que ha impactado sobre todo en los Centros Públicos de investigación. La educación superior ha evolucionado y esta transformación es clave para los centros de investigación, dado que se necesita trabajar en conjunto y de manera sistematizada; el sector de educación es fundamental para el desarrollo tecnológico, incluso para detener y atender las consecuencias de la pandemia de COVID-19. Los CPI, entre ellos las instituciones de educación superior, han tenido que innovar para adaptarse a las nuevas necesidades tanto del mercado como de la sociedad.

Palabras clave: CPI, educación superior, innovación educativa.

Abstract

The Public Research Centers (CPI) have had a close relationship with the Universities, to promote competitiveness and economic growth, this is clear from the origin of the Science and Technology Law created with the purpose of monitoring the generation of knowledge. The covid-19 health emergency that we are going through in education, forced us to change the existing educational paradigms, which generated a new educational system, especially that impacts public research centers. Higher education has evolved and this transformation

has become the main key for research centers, it is necessary to work together and in a systematic way; the education sector is the principal factor to technological development, even to stop and address the consequences of COVID-19. CPI, and the Higher Education Institutions, have had to innovate to adapt to the new needs of the market and society.

Keywords: CPI, educational innovation, higher education.

Introducción

La irrupción del virus SARS-Cov-2 motivó que los Centros Públicos de Investigación (CPI), junto a las Instituciones de Educación Superior (IES), experimentaran cambios en la forma en que los trabajos de investigación se desarrollaban hasta entonces. Muchos proyectos se vieron afectados, dado que los gobiernos tuvieron que redirigir los recursos económicos que anteriormente se destinaban al desarrollo y la innovación al financiamiento de programas de salud orientados a combatir el impacto generado por la pandemia. Este contexto generó nuevos paradigmas en la relación entre la actividad investigadora de las universidades y la aplicación del conocimiento. La situación que atraviesa la sociedad mundial —y, en específico, la educación superior— ha comportado la necesidad de tomar medidas dirigidas a adaptar las instituciones educativas a los nuevos retos y a asegurar la subsistencia de los CPI y las universidades. Estos cambios influyen directamente en la formación de los futuros investigadores, el reclutamiento y la movilidad en las comunidades científicas (Hargens y Hagstrom, 1967).

Los gobiernos han sido una parte fundamental en el impulso de la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i), así como en la educación superior y la implementación de políticas para mejorar las condiciones de la innovación mediante programas de soporte económico a las instituciones académicas. Tal es el caso, en nuestro país, del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) o el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP), entre otras iniciativas de política educativa que impactan principalmente en los CPI y en el desarrollo de los proyectos de investigación.

El presente trabajo aborda la temática de los CPI y los investigadores que se desempeñan en diversos emplazamientos académicos —desde un aula de clase hasta un laboratorio especializado—. Así, en el capítulo se discutirán las implicaciones tanto económicas como de innovación, desarrollo y transferencia de tecnología de los cambios experimentados en el ámbito que es objeto de análisis.

Las metodologías educativas, la investigación y el desarrollo de las teorías de aprendizaje han evolucionado a través del tiempo, y esta transformación pone a prueba a todos los niveles educativos —incluyendo, obviamente, a los CPI—. Las nuevas metodologías surgen como «estrategias que poseen los docentes para desarrollar la didáctica y mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje» (Villalobos, 2002: 78), y fomentan la innovación en la formación de los futuros investigadores.

En nuestro país, el objetivo de la formación de investigadores no se materializó hasta la fundación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en 1970, institución creada con la finalidad de gestionar la política científica nacional en México (Haber, 2001). Uno de sus principales ejes es el apoyo a las instituciones de educación superior en el desarrollo la investigación, el desarrollo y la innovación.

Cuando se habla de la formación de investigadores en México, solo existen cuatro instituciones formales dedicadas a tal fin y con capacidad para que las investigaciones realizadas en su seno generen impacto. Son las siguientes: a) las instituciones de educación superior, b) los centros CONACYT, c) los centros e institutos del Gobierno y del sector paraestatal, y d) algunos centros y laboratorios del sector productivo (Rivas, 2004).

Más Verdú, (2007), reconoce el rol desempeñado por los Centros de Desarrollo Tecnológico (CDT), también conocidos como CPI, y las universidades, que en conjunto conforman la infraestructura necesaria para la innovación y son prestadoras de servicios orientadas a impulsar las diferentes fases de la actividad innovadora de las empresas —principalmente, la generación y la adquisición de co-

nocimiento y tecnología—, así como a preparar la producción y la comercialización. Arriaga y Espinoza (2019) señalan que el sector productivo nacional está interesado en incrementar los procesos de transferencia de tecnología con el sector académico. Así lo han manifestado los grandes líderes empresariales, quienes consideran a las instituciones de educación superior como una alternativa de acceso a los conocimientos científicos y tecnológicos.

El interés del sector productivo ha incentivado el fomento de la transferencia de tecnología por parte los CPI. Según Grosse, (1996), la transferencia de tecnología se define como el proceso a través del cual el conocimiento, los métodos de fabricación, las tecnologías y las habilidades se enmarcan en una dinámica de interacción entre el sector empresarial, el educativo y el gubernamental, obligando a las universidades a establecer nuevos paradigmas y a implementar de estrategias para que el desarrollo de la investigación no se deteriore a causa la crisis pandémica de COVID-19 que ha impactado en todos los sectores de la sociedad.

La educación superior se ha visto afectada por la escasa participación de los estudiantes en la investigación, déficit que genera una carencia de sustento en el prestigio universitario, al menos en lo que concierne a la investigación y el desarrollo: los CPI coordinados por CONACYT generan conocimiento y desarrollo tecnológico, y constituyen un vínculo para que los estudiantes puedan acceder a una educación igualitaria y de alta calidad (Heredia, 2020).

Alvarado (2018) señala que es necesario asociar las universidades y el ámbito empresarial a través de los centros de investigación o institutos de evaluación y asesoría académica, así como robustecer las relaciones entre ambos sectores para potenciar la competitividad y la innovación de las empresas y orientar las investigaciones académicas hacia necesidades concretas, principalmente mediante la contribución al desarrollo económico de su entorno. Así, las universidades de todo el mundo deben diseñar nuevos métodos para realizar proyectos de investigación para retomar los procesos interrumpidos por

cuestiones ajenas al conocimiento tecnocientífico y redirigir los esfuerzos junto con los CPI.

La principal misión de las universidades públicas no es solo la impartición de educación. La generación de investigación científica y su aplicación también forma parte de su función sustantiva, si bien está condicionada a los recursos que son capaces de captar. El conocimiento se genera y desarrolla desde las aulas, y el apoyo a los proyectos de investigación depende de las decisiones y los recursos institucionales. Muchos investigadores plantean la posibilidad de que los temas centrales figuren una agenda de investigación que permita desarrollar estudios centrados tanto en la educación como en su impacto económico (Arechavala, 2011).

Uno de los mayores problemas en la educación superior en México son los perfiles de las plantillas docentes. Se trata de un tema importante en el reclutamiento de maestros capacitados, la actualización de los académicos y el refuerzo de las cualidades docentes de todos ellos con programas de formación didáctica en general (Rivera, 2009). En tiempos de pandemia, estos objetivos se reflejan en la transmisión del conocimiento a los alumnos y la formación de los nuevos investigadores.

Innovación en la educación superior

La educación superior ha estado en constante evolución. La concepción del docente como guía y proveedor único de información es ya obsoleta y ha dado paso a las nuevas tendencias orientadas al autoaprendizaje como un proceso innovador que transforman la figura del profesor, convertido ahora en un mediador, un generador de casos específicos de solución de conflictos en el proceso de el aprendizaje. Cuando mencionamos la palabra «innovación», relacionamos el término con alguna transformación de lo que existía previamente, con un cambio en los elementos sustanciales de la educación (Rimari, 2009).

La palabra innovación no solo es propia del sector industria, sino también de las prácticas educativas —la formación de recursos humanos, los programas de estudio, las directrices institucionales y, por supuesto, la práctica de la enseñanza—. Así, la innovación debe solucionar una necesidad a través de la contribución crítica de la academia (Romero, 2011). La pandemia de COVID-19 obligó a las IES tanto públicas como privadas a trasladar sus contenidos académicos a plataformas digitales. Fue una alternativa para poder continuar con la transmisión de conocimiento y el desarrollo la investigación que exigió una adaptación a las nuevas tecnologías mediante la que se articuló una solución al vaciamiento de las aulas (Rodríguez, 2021).

Centros Públicos de Investigación (CPI)

Una de las herramientas clave para fomentar la innovación y competitividad en las organizaciones es la creación de centros de investigación en diferentes partes del mundo que cuenten con el respaldo de políticas públicas informadas por el apoyo a la creatividad y la cooperación entre las instituciones dedicadas a difundir el conocimiento. Los Centros Públicos de Investigación surgen como una red multidisciplinaria en la que interactúan los científicos, los académicos, los investigadores, los docentes y los estudiantes.

Con respecto a este punto, se ha señalado que:

«[...] es una red multidisciplinaria de investigación científica, tecnológica, de educación superior y de innovación, con calidad internacional, cobertura nacional y pertinencia regional. Impulsa el bienestar de la sociedad a través del conocimiento» (Sistema de Centros Públicos de Investigación, 2013).

Este modelo de CPI debe ser una institución que no solo facilite, sino que contribuya también a difundir y promover el conocimiento en México, dado que su principal objetivo es la formación de investigadores que aborden con solvencia los problemas actuales del país. Hay que tener en cuenta que en México el desarrollo de la ciencia y el conocimiento no han avanzado de la manera esperada debido a que los investigadores no cuentan con suficientes recursos (Peña, 1995).

Los CPI comenzaron su andadura en la década de los setenta. Un poco antes, en los sesenta, el Instituto Politécnico inauguró su centro de investigaciones y estudios avanzados, en el que se reunían investigadores de otras IES. Comenzaron estableciendo objetivos centrados en los ámbitos social e industrial en complemento con la iniciativa pública y subsistían con estos recursos económicos (Navarro *et al.*, 2017).

En su Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2024, el CONACYT declara que su objetivo prioritario no. 6 es el siguiente: «Articular la colaboración entre los diferentes niveles de gobierno, IES y centros de investigación, para optimizar y potenciar el aprovechamiento y reutilización de datos e información sustantiva y garantizar la implementación de políticas públicas con base científica en beneficio de la población» (CONACYT, 2022). No obstante, es preciso señalar que el desarrollo este objetivo se ha visto afectado por la merma de fondos, que han sido destinados a otros rubros, circunstancia que afecta directamente al trabajo que desarrolla en conjunto con las IES.

Actualmente, el CONACYT cuenta con 26 Centros Públicos de investigación, un organismo internacional asociado y un fideicomiso (CONACYT, 2022). El sistema de Centros Públicos de Investigación está estructurado en tres ámbitos disciplinares: 1) Desarrollo Tecnológico y de Servicios; 2) Ciencias Exactas y Naturales; 3) Ciencias Sociales y Humanidades. En su mayoría, los CPI promueven la investigación y el desarrollo en las instituciones de educación superior, facilitando así la transferencia de la tecnología y el conocimiento. Uno de sus principales objetivos es fomentar los avances científicos mediante la adquisición del conocimiento y la transformación en investigación aplicada. Aunado a esto, podría decirse que el desarrollo de la investigación no ha sido afectado en conjunto con las universidades, si bien en los últimos 3 años la cancelación de diversos proyectos y fideicomisos para la investigación ha ido en aumento.

El conocimiento se considera uno de los activos principales con los que cuentan los países para mejorar el desarrollo económico, e

incluso puede ser un factor de transformación cuando la investigación interioriza las nuevas tendencias y los procesos de innovación en el mercado y en otros campos. El conocimiento es un factor primordial en todos estos procesos y las IES y los Centros de Investigación juegan un papel esencial para desarrollarse y convertirse en organizaciones más emprendedoras (González, 2014).

La brecha entre el docente y el estudiante en el aula ha provocado que la creatividad de la impartición de cátedra para la formación de nuevos investigadores corra a cargo del propio profesorado, que asume la tarea de fomentar el conocimiento adquirido y su posterior aplicación práctica. Diversas teorías del desarrollo impulsadas por connotados pensadores como Michael Porter, Henry Etzkowitz, Joseph Alois Schumpeter, entre otros, han vinculado la importancia de impulsar los CPI como centros de innovación y desarrollo en beneficio de la sociedad en general y de la educación en particular.

Para la comunidad académica, la innovación permanente se ha tornado una necesidad que reclama la participación colectiva de diversos actores en el ecosistema de las instituciones de educación superior y los CPI. Así, la innovación y la creatividad son instrumentos de mejora tanto de los docentes como del alumnado, sin dejar de lado a los participantes que intervienen administrativamente en el ciclo educativo. Estos últimos, a través de los diversos recursos suministrados por instituciones privadas o públicas y, principalmente, por los CPI, hacen posible que se complete el círculo de conocimiento-aprendizaje, ya que en tiempos de pandemia es de vital importancia conjuntar todo el proceso de enseñanza con los recursos disponibles para apoyar el desarrollo académico y la investigación. La emergencia sanitaria covid-19 se convierte en un escenario perfecto para rechazar la implementación de nuevos modelos pedagógicos y formas de vinculación y desarrollo e investigación entre las universidades y los CPI. La puesta en marcha de un nuevo modelo de innovación educativa para la formación de investigadores y el trabajo en nuevas líneas de investigación implica tomar en consideración algunos aspectos importantes, entre ellos la metodología que se aplicará, así

como los posibles paradigmas que puedan surgir para crear un sistema educativo en conjunto con los CPI capaz de planificar, coordinar, ejecutar, evaluar y replicar los componentes reflejados en la Figura 1.

Figura 1. La innovación educativa y sus componentes en conjunto con los CPI



Fuente: Elaboración propia

Lo expuesto arriba puede observarse en el contexto de los CPI en relación con el rol que desempeñan en la educación superior y el desarrollo de la investigación en el nuevo escenario de la pandemia, que ha afectado a la educación y al mundo. Asimismo, abre nuevos debates. Por ejemplo, el que versa sobre si las universidades deberían crear este tipo de centros de investigación e impulsarlos desde dentro, pero también el que plantea la cuestión de si el Estado es el único responsable de su creación e impulso o si el sector empresarial debería absorberlos y trabajar directamente en líneas de investigación junto al alumnado y el cuerpo docente.

La misión de los CPI

Es bien sabido que la investigación aplicada no solo es responsabilidad de los investigadores que laboran en un CPI, si no que el esfuerzo que se realiza para trabajar en las líneas de investigación de los diversos sectores se convierte en un trabajo en conjunto con las IES —y, por consiguiente, con la industria—. Dicho esto, se pueden aportar también otros ejemplos: así, en el desarrollo de una nueva computadora un investigador no puede fabricarla solo, pero si el trabajo se distribuye y se incorpora la industria y investigadores de las IES, pueden participar desde diversos prismas para llevar a cabo el proyecto de manera exitosa. La industria aportaría los componentes necesarios y las IES contribuirían suministrando el conocimiento de sus investigadores especializados.

La idea rectora que animó la creación de los CPI fue el logro de la articulación entre la innovación, el mercado y los sistemas de producción para incrementar la competitividad. De esta manera, la colaboración entre distintos sectores puede ser contemplada como un instrumento de los gobiernos para contribuir a la resolución de problemas a través de la investigación científica especializada proveniente de los sectores sociales y privados (González, 2014)

En la actualidad, se sabe que los CPI deben de estar vinculados con especialistas que desarrollen investigación y conocimiento en las universidades, pero también que el trabajo desarrollado en conjunto constituye una prioridad para fomentar el crecimiento económico en las regiones y la industria. En este punto es necesario fomentar el trabajo colaborativo entre las instituciones de educación superior y los CPI con la industria a fin de que el conocimiento se distribuya de forma tal que todos se vean beneficiados y puedan formarse nuevos investigadores en vinculación con el Estado.

En México, los CPI fueron creados principalmente para fortalecer la productividad, dar respuesta a los problemas nacionales y promover desarrollo económico (Vedovoto y Prior, 2015). La investigación debe ser impulsado con una mentalidad colaborativa en el que los principales actores trabajen directamente para consolidar el desarro-

llo y la innovación a nivel nacional e internacional. Es aquí donde los CPI y las IES deben lograr una interfaz mediante el desarrollo de un trabajo cooperativo adecuado para impulsar la investigación y formar especialistas multidisciplinarios a fin de que la aplicación del conocimiento aumente la competitividad del país y, por ende, nuestra economía crezca en beneficio de toda la sociedad.

Convertir la transmisión del conocimiento y la formación de investigadores en un aula virtual sin una adecuada preparación y de forma espontánea en tiempos de pandemia ha sido el principal factor que ha impactado en la transmisión del conocimiento para la formación de investigadores. Adicionalmente, la falta de recursos en las instituciones de educación superior y más aún en las instituciones de carácter público y el recorte de presupuesto en los CPI dibuja un panorama lleno de incertidumbre, perspectiva que en muchas ocasiones motiva que los docentes o los investigadores se acojan incluso a la jubilación anticipada, mermando así la formación de cuerpos de investigación junto a los estudiantes.

La tarea de formar especialistas e investigadores calificados recae en las universidades, especialmente en los programas doctorales, e incentiva a los doctorandos a formarse para ser parte del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y a conseguir mejores puestos e incluso una plaza.

En relación con lo expuesto anteriormente, en México se ha incrementado la desigualdad en la producción de SIN, dado que se ha desatendido a las regiones de más bajos recursos: el 32% de los miembros se ubican en la Ciudad de México (CONACYT, 2020), porcentaje que es el resultado del apoyo selectivo a las IES y de la distribución inequitativa de los recursos.

Es cierto que en los últimos años se ha impulsado la vinculación entre los CPI y las universidades. Sin embargo el cambio de mentalidad no ha tenido el éxito esperado, y las instituciones extranjeras han visto en esta debilidad una oportunidad para importar a los investigadores mexicanos, ofreciéndoles oportunidades de crecimiento y apoyo económico para desarrollar y difundir sus investigaciones.

En este sentido, las instancias gubernamentales de México deberían intervenir para fomentar la formación de nuevos investigadores y generar una sinergia entre las universidades y los CPI.

Minimizar los paradigmas educativos en conjunto con los CPI

Los organismos educativos, especialmente las instituciones de educación superior, analizan las causas principales que han provocado el retraso en la generación de nuevos investigadores. La detección de los paradigmas a los que nos enfrentamos es esencial para eliminar la incertidumbre tanto en los docentes como en el alumnado y, por ende, para lograr el éxito en la aplicación de modelos metodológicos innovativos en la formación de profesionistas e investigadores calificados.

La identidad estructural es clave para fomentar la confianza en los nuevos modelos educativos que se aplican en las instituciones de educación superior en conjunto con los CPI, ya que a través de la transmisión al docente de la cultura organizacional se incrementa la confianza. Así surge la sensibilización y la afluencia de la comunicación para que el proceso sea transversal y, de este modo, puedan aplicarse los nuevos procesos de aprendizaje exitosamente al tiempo que se minimiza el rezago en la investigación, el desarrollo y la innovación. Estas tendencias pueden generar una resistencia a los nuevos paradigmas y a la aplicación de estrategias inéditas en la evolución de los CPI y la formación de sus investigadores.

La detección temprana de diversos factores enmienda y eventualmente reduce el impacto de estas reticencias. Al respecto, Macías, Tamayo y Cerda (2019) sostienen lo siguiente:

«Escuchar las manifestaciones de resistencia, demostraciones de empatía ante las mismas; aplicar la estrategia del disco rayado sobre los beneficios del cambio y sus repercusiones en el bienestar de la empresa y de todos; no combatir la resistencia, ir evidenciando las causas y atacarlas, no se puede vender la idea del cambio como una amenaza o imposición, ni confrontación; ir buscando

aliados para que se ejerza un efecto multiplicador, así se genera compromiso común».

La identificación adecuada del cambio que pretende lograrse y de quienes —y cómo— serán afectados (Yedaide, 2018) es el primer paso para reducir el efecto de la implementación de estrategias para la transmisión del conocimiento en el desarrollo de nuevos investigadores, así como de los paradigmas que puedan surgir con base en la implementación de nuevos modelos aplicables al desarrollo de la investigación.

La comunicación interna es un factor importante que en ocasiones no se toma en cuenta, donde las instituciones innovan en la forma en que transmiten la información, donde la creatividad se combina entre los directivos y los investigadores, y así, los encargados de la implantación de los procesos de cambio desarrollan diversas estrategias para gestionar las reacciones de resistencia de las personas (Yilmaz y Kılıçoğlu, 2013).

El ser creativo ha resultado una habilidad importante para enfrentar e innovar en el cómo transmitir el conocimiento para su aprendizaje en tiempos de pandemia, es sumamente valioso y resulta demasiado útil tanto para el docente como para el alumno, en especial en la investigación muchos modelos instruccionales han sido usados en la educación superior para promover el pensamiento inventivo (Seechaliao, 2017.)

La innovación y la creatividad son dos términos que, a pesar que no tengan el mismo significado, suelen utilizarse indistintamente cuando se ponen en marcha nuevos modelos. Sabbagh y Ast (2011) distinguen en estos términos la innovación y la creatividad:

«La diferencia entre creatividad e innovación radica en que la creatividad es producir nuevas ideas, enfoques y acciones, mientras que innovación consiste en generar y aplicar esas ideas creativas en un determinado contexto».

El diseño instruccional de la transmisión del conocimiento, el desarrollo de las competencias, la creación de diversos perfiles, así como la flexibilidad y el apoyo por parte de los CPI son clave para la

formación del nuevos investigadores en un sentido inventivo y multifuncional en el que la creatividad realza la originalidad del trabajo colaborativo y, por ende, favorece la captación del estudiante para el desarrollo de habilidades dentro del aula: el innovador valora, modifica, comprueba (Beghetto y Kaufman, 2014).

Actualmente, la creatividad del transmisor del conocimiento tiene que acomodarse a los ecosistemas académicos que se desarrollan en las universidades y se llevan a cabo en la investigación aplicada de los CPI.

Los prototipos pedagógicos interactivos compatibles con el ecosistema académico que se transmite en las aulas son modelos activos y participativos y tienen un sustento dinámico entre los estudiantes.

Estos modelos pedagógicos son usados en su mayoría por las instituciones de educación superior y, mediante su implementación, las universidades van eliminando los nuevos paradigmas que han surgido a raíz de la pandemia. Esto crea un ecosistema de investigación y deja la creatividad e innovación en manos de los docentes para formar a los estudiantes que se convertirán en futuros investigadores. Si la colaboración de los CPI con las IES se articula de modo tal que no exista ninguna brecha en la investigación y la formación de especialistas, se dejará de condicionar la creación e innovación de nuevos programas que fomenten la solución de problemas en la sociedad. En caso contrario, se cronificará un rezago que cada vez se hace más evidente en comparación con otros países en los que se fomenta la colaboración, el desarrollo y la investigación.

Metodología

El presente trabajo se ha realizado con base en el método cualitativo documental, que ha sido objeto de una revisión bibliográfica de literatura científica, así como en la opinión de expertos nacionales e internacionales en la materia aquí discutida. Así, toda la investigación se ha llevado a cabo con una base científica y sólida y a través del análisis de una serie de documentos y referencias bibliográficas

en específico. A su vez, se entiende que se trata de un estudio detallado, selectivo y crítico que contiene la información esencial de una perspectiva concreta (Girao, 2015).

La investigación se realizó a partir del análisis de la literatura disponible sobre el impacto de la creación de los CPI en México, así como de su desarrollo en las instituciones de educación superior desde el inicio de la pandemia. Se han tratado de comprender —e incluso desarrollar— determinados conceptos partiendo de la información recabada, se han revisado las hipótesis planteadas entendiendo el contexto tanto social como económico desde la perspectiva más humanista para conocer aspectos relacionados con el objeto de investigación desde diferentes puntos de vista personales e institucionales.

Esta investigación pretende ser flexible, sigue los lineamientos sobre literatura base que han desarrollado los estudios sobre la relación entre los CPI y las IES. No obstante, sabemos que no son reglas absolutas, por lo que la recopilación se ha llevado a cabo mediante el análisis de los autores sobre la percepción de la innovación educativa y el modo en que tiene que modificarse en relación con las IES y la formación de futuros investigadores, así como sobre la cooperación con los CPI, dado que se trata un proceso en constante evolución y las circunstancias han forzado a acelerarlo.

Resultados

El recorte presupuestal de los programas enfocados a la investigación ha generado un impacto negativo en la formación de los futuros investigadores. Si bien la pandemia cambió muchos aspectos de la economía del país, también es cierto que el desarrollo de la investigación no debe descuidarse. En este punto, la conexión de los CPI y las universidades se debe producirse a gran escala, mediante la implementación de nuevos programas que motiven al estudiante para la realización de proyectos de investigación no solo en programas doctorales, sino también en la educación superior, vinculando

al alumnado a la ciencia y la tecnología y, por ende, estimulando la participación con la industria.

Discusión

Cuando hablamos de los CPI, la idea es que el trabajo desarrollado se oriente a satisfacer los requerimientos del mercado para diseñar nuevas líneas de investigación y cubrir las necesidades de todos los sectores. Por ello, a partir de la pandemia de COVID-19 han tenido que modificarse y centrarse en el desarrollo de innovaciones de impacto que sean rentables para las empresas —y, por ende para los países—, adoptando nuevas tecnologías para lograr beneficios económicos. Dicho esto, el trabajo en conjunto con las instituciones de educación superior es la clave del éxito, ya que son las principales exportadoras de investigadores dedicados al análisis de la innovación con impacto económico.

Debido a la situación causada por la crisis sanitaria, muchos proyectos se cancelaron o incluso algunos fueron olvidados, por lo que actualmente los programas que desarrollen los CPI se deben centrarse en el impulso de la competitividad de las regiones.

A diferencia de la industria, la educación está más preparada para trabajar en conjunto con los CPI, pues muchas veces los CPI se perciben como instituciones muy lejanas para las empresas o incluso para el desarrollo de proyectos o líneas de investigación. Por ello, puede resultar complejo establecer una atención inmediata a los mismos, aunque son actores claves para los Centros de Investigación.

Esta desconfianza o lejanía también repercute en las IES porque no existe comunicación directa de lo que se realiza en ellas. A partir del confinamiento causado por la pandemia, las empresas tuvieron que modificar su forma de trabajo tradicional y adoptar a una forma precautoria en lo que respecta a su manera de operar. Este cambio engloba a diversas organizaciones que eran rentables económicamente y para las que no fue tan fácil la transición, ya que no contaban con la infraestructura requerida ni con los conocimientos necesi-

rios. Esta tendencia se manifestó en la implementación de medidas precautorias iniciadas por las escuelas en todos los niveles, que de un día para otro se movieron a la virtualidad.

En 2022 es necesario el apoyo tanto de las IES como de los CPI para lograr un desarrollo económico sustentable. Sabemos que CONACyT encabeza el sector de la investigación en México y que los CPI deben centrar sus investigaciones en atender los problemas surgidos a raíz de una crisis (Serna, 2020).

Conclusiones

El desarrollo tecnológico aumenta día a día, diversos centros de investigación en múltiples países han reparado en la importancia de la vinculación con las universidades. Así, la innovación educativa y la forma de transmitir el conocimiento de estas regiones se ha modificado para formar nuevos investigadores y se centra en incentivar la creatividad a través de la participación con los centros de investigación y el fomento de la colaboración para articular diversas líneas de desarrollo e innovación.

La pandemia de COVID-19 cambió la forma de trabajar, de pensar, pero sobre todo cambió la formación de los investigadores. En este punto surge la oportunidad de evitar un rezago en la investigación a través de la implementación de un sistema que propicie el trabajo sinérgico entre los CPI y las instituciones de educación superior mediante la colaboración y la vinculación.

En este sentido, las instituciones de educación superior apuestan por la aplicación y el uso de diversas estrategias para el desarrollo de estudiantes de educación superior, así como de programas doctorales para sobrellevar los tiempos de pandemia, e incentivan la innovación y la creatividad en sus estudiantes. Los CPI pueden implementar nuevas formas de participación mediante incentivos que pueden ser no solo económicos, sino que sirvan también para favorecer el crecimiento profesional en el alumnado a través de la puesta

en marcha de programas orientados al desarrollo de nuevas líneas de investigación en todos los sectores.

La emergencia sanitaria obligó al confinamiento por casi dos años a toda la población mundial, mermando proyectos de investigación y de educación. En este marco el uso de nuevas metodologías para la transmisión del conocimiento surgió para cubrir las necesidades básicas en el desarrollo e innovación tecnológica y para formar a los futuros investigadores.

La sociedad mundial no estaba preparada para el cierre total de las instituciones de educación y centros de investigación, y esto provocó la escasa participación de los estudiantes en prácticas de investigación. Ahora bien, después de más de dos años de pandemia surge la oportunidad para enmendar este rezago entre los actores de este ecosistema mediante la colaboración permanente de los estudiantes con los CPI y la industria.

Las dificultades generadas por esta brecha en el desarrollo de futuros investigadores ha incrementado la resistencia a adaptarse a los nuevos retos que esta conlleva, pero existe el compromiso ético entre los CPI y las instituciones de educación superior —y sus programas doctorales— para que tenga lugar un rescate social y económico a través de la investigación.

Eliminar los paradigmas que surgen en tiempos de pandemia es un deber de las instituciones de educación superior y de los centros públicos de investigación. También es su deber incrementar su comunicación interna, capacitar a sus docentes e investigadores, y apoyarlos con los recursos tecnológicos disponibles. Dado que estas son las bases para superar la emergencia sanitaria, las instituciones deben participar activamente en todo el ecosistema generado para enfrentar el desafío que encara el aprendizaje.

El desarrollo de un nuevo ecosistema de aprendizaje en las instituciones de educación superior y los Centros Públicos de Investigación, se ha redirigido hacia un nuevo horizonte que no solo brinda la oportunidad de aprender a distancia y romper los nuevos paradigmas, sino que también piensa en un futuro inmediato para que,

una vez pasada la lamentable emergencia sanitaria, nuestra sociedad cuente con los recursos académicos necesarios para enfrentarse al mundo profesional de forma exitosa y evitar, de este modo, la posible catástrofe laboral y de investigación mundial que se puede generar el rezago asociado a la pandemia de COVID-19 y su impacto negativo para la formación de futuros investigadores.

Bibliografía

- Al Ateeqi, A. F. (2009): «We have come a Long Way: Redefining Education and its Global Challenges in the United Arab Emirates», Emiratos Árabes Unidos: Congreso *Education Without Borders*.
- Alonso García, C. M. (2008): «Estilos de aprendizaje: presente y futuro», *Revista de Estilos de aprendizaje*, 1(1), 45-63.
- Arechavala Vargas, R. (2011): «Las universidades y el desarrollo de la investigación científica y tecnológica en México: una agenda de investigación», *Revista de la educación superior*, 40(158), 41-57.
- Arriaga, O. G. y Espinoza, N. (2019): La Administración de la transferencia de tecnología en la Universidad de Guadalajara.
- Beghetto, R. A. Y Kaufman, J. C. (2014): «Classroom contexts for creativity», *High ability studies*, 25(1), 53-69.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) (2013): *Sistema de centros públicos de investigación* [en línea] <<http://www.CONACYT.gob.mx>>.
- Cué Bruguera, M., Díaz Alonso, G., Díaz Martínez, A. G. y Valdés Abreu, M. D. L. C. (2008): «El artículo de revisión» *Revista Cubana de Salud Pública*, 34(4).
- González, E. R. V. (2014): «La relación entre la divulgación y la transferencia del conocimiento y de la tecnología en Centros Públicos de Investigación del CONACYT en México», *Derecom*, (17), 9.
- Grosse, R. (1996): «International Technology Transfer in Services», *Journal of International Business Studies*, 27(4), 781-800.
- Guirao Goris, S. J. (2015): «Usefulness and types of literature review», *Ene*, 9(2).
- Heredia, B. (2020): «Desde otro ángulo: Los Centros Públicos de Investigación Conacyt», *El financiero*, 3 de junio [en línea] <<https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/blanca-heredia/los-centros-publicos-de-investigacion-conacyt/>>.
- Mas Verdú, F. (2008): «Does only size matter in the use of knowledge intensive services?», *Small Business economic*, 31, 137-146.

- Merino Trujillo, A. (2011): «Como escribir documentos científicos (Parte 3). Artículo de revisión 36-40. [en línea] <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=487/48721182006>>.
- Navarro, J. M. S., Nénninger, E. H. E., Bello, E. O. G. (2017): «Rasgos de los académicos de Centros Públicos de Investigación CONACYT en México, un estudio sobre quiénes son y qué características los dividiese en función del tipo de actividad», San Luis Potosí: *Congreso Nacional de Investigación Educativa*.
- OCDE (2017): *Education at a Glance*, Paris: OCDE.
- Peña, A. (1995): «La investigación científica en México. Estado actual, algunos problemas y perspectivas», *Perfiles Educativos*, 67.
- Rimari, W. (2009): «La innovación educativa: un instrumento de desarrollo» [en línea] <http://www.uaa.mx/direcciones/dgdp/defaa/descargas/innovacion_educativa_octubre.pdf>.
- Rivas Tovar, L. A. (2004): «La formación de investigadores en México», *Perfiles latinoamericanos*, 12(25), 89-113.
- Rodríguez, J. C. R. (2021): «La innovación tecnológica en educación superior: Una alternativa para la generación de nuevo conocimiento en tiempos de confinamiento», *INVENTUM*, 16(31), 1-2.
- Romero, J. M. (2011): «Innovación en la educación superior. ¿Anticipándonos al futuro?», *Anuario jurídico y económico escurialense*, (44), 567-578.
- Seechaliao, T. (2017): «Instructional strategies to support creativity and innovation in education», *Journal of education and learning*, 6(4), 201-208.
- Serna Pérez, M. G. (2020): «Colaboración entre centros públicos de investigación para el desarrollo regional: un análisis de caso en Aguascalientes», *Espiral* (Guadalajara), 27(77), 223-269.
- Torres, C. I. y Alcántar, M. D. R. C. (2017): «Ecosistemas digitales y su manifestación en el aprendizaje: Análisis de la literatura», *Revista de Educación a Distancia (RED)*, (55).
- Vedovoto, G. L. y Prior, D. (2015): «Opciones reales: una propuesta para valorar proyectos de I+ D en centros públicos de investigación agraria», *Contaduría y administración*, 60(1), 145-179.
- Villalobos Perez-Córtes, E. M. (2002): *Didactica integrativa y el proceso de aprendizaje*, México: Trillas.
- Yedaide, M. M. (2018): «La otra Educación. Relatos de experiencias», *Revista de Educación*, 13, 247-250.
- Yılmaz, D. y Kılıçoğlu, G. (2013): «Resistance to change and ways of reducing resistance in educational organizations», *European journal of research on education*, 1(1), 14-21.

La construcción colectiva del conocimiento: metodologías de investigación en red para superar el modelo de transferencia de tecnología

MARÍA DE LA CONCEPCIÓN SÁNCHEZ DOMÍNGUEZ-GUILARTE¹

CIATEQ, Tecnología Avanzada

<https://orcid.org/0000-0001-5166-0277>

Resumen

Los Centros Públicos de Investigación en México generan proyectos y desarrollos tecnológicos con voluntad de tener incidencia social pero que, en muchas ocasiones, no llegan a aplicarse. Los modelos de innovación se han basado frecuentemente en procesos de transferencia: el conocimiento se crea en el ámbito científico y posteriormente se traslada al usuario, independientemente de su perfil o contexto sociocultural. La transferencia, una figura legal que hace referencia a la venta de un derecho intelectual, tiene sentido en sectores, como la industria, pero muy poco cuando pensamos en la resolución de problemas sociales complejos. Ante el evidente fracaso de este modelo, desde los centros públicos se buscó que la transferencia de tecnología fuera acompañada de procesos de «apropiación», a partir de actividades con la comunidad que permiten explicar cómo funciona un desarrollo y cómo deben utilizarlo. Sin embargo, dicho proceso, que mantiene la unidireccionalidad del conocimiento, tampoco ofrece garantías de éxito. En este trabajo proponemos enfoques horizontales para los modelos de innovación, a partir de la generación de Redes Horizontales de Intercambio de Conocimientos y Experiencias (RHICE) donde las personas usuarias participen no solo en el proceso de recepción de la tecnología, sino también en el diagnóstico del problema a resolver, la generación de la propuesta de solución y, por supuesto, la estrategia de aplicación y sustentabilidad. Junto con ellas, actores de otras esferas (empresa, instituciones públicas, medio ambiente, sociedad y academia) pueden colaborar en el proceso para dar trascendencia a estas propuestas. Los Centros Públicos de Investigación pudieran jugar un papel muy importante como traductores tecnológicos y sociales, para contribuir a la sustentabilidad de las comunidades mexicanas y, de forma simultánea,

¹ El presente trabajo se ha desarrollado en el marco de una Estancia Posdoctoral con Modalidad de Incidencia financiada por el CONACYT, bajo su programa de estancias posdoctorales.

generar nuevos enfoques a la ciencia de frontera en el diálogo con distintas experiencias y saberes. Contamos para ello con algunas experiencias en Jalisco vinculadas a Centros Públicos de Investigación como la Red de Alcaldesas de Jalisco (2018-2021) y la RHICE sobre energía comunitaria sustentable..

Palabras clave: metodologías horizontales, redes de conocimiento, sustentabilidad, innovación social.

Abstract

Mexican Public Research Centers generate projects and technological developments with the intention of impact society but, on many occasions, they are not applied. Innovation models have been frequently based on transfer processes: knowledge is created in the scientific field and is subsequently transferred to the user, regardless of their profile or sociocultural context. To transfer is a legal figure that refers to the sale of an intellectual right. It makes sense in sectors such as industry, but very not when we think about solving social problems. Research Public Centers decided to accompanied technology transfer with processes of "appropriation", activities with the receptor community that explaining to them how a development works and how to use it. However, this process, which maintains the unidirectionality of knowledge, does not offer guarantees of success either. In this work we propose horizontal approaches for innovation models, from Horizontal Networks for the Exchange of Knowledge and Experiences (RHICE) where users participate not only in the process of receiving the technology, but also in the diagnosis of the problem to be solved, the generation of the solution proposal and, of course, the application and sustainability strategy. Actors from other spheres can also participate (business, public institutions, environment, society and academia) and collaborate in the process in order to give these proposals sustainability. Public Research Centers could play a very important role as technological and social translators, to contribute to the sustainability of Mexican communities and, simultaneously, generate new approaches to frontier science in dialogue with different experiences and knowledge. For this, we have some experiences in Jalisco linked to Public Research Centers such as Jalisco Women Mayors Network (2018-2021) and the RHICE on sustainable community energy.

Keywords: horizontal methodologies; knowledge networks; sustainability; social innovation.

Introducción

El modelo tradicional de innovación mexicano retomado por diversos gobiernos nacionales y regionales en los últimos veinte años se basaba en lo que dio en llamarse la triple hélice, propuesta que abogaba por la cooperación entre la empresa privada, el sector público y el sector académico, considerados los pilares de la innovación (Etzkowitz y Leydesdorff, 1995).

Originado en el contexto del norte global y avalado por organizaciones como la OCDE, el modelo fue adaptado e implementado en muchos países de otras latitudes como una vía para mejorar los desarrollos tecnológicos, la productividad y la inversión. Consideraba, a partir de esquemas clásicos desarrollistas, que el impulso de la innovación en el sector privado repercutiría automáticamente en mejoras laborales, apertura de nuevas oportunidades y el incremento del consumo. En el caso de México, el modelo de triple hélice fue potenciado por los gobiernos neoliberales de Felipe Calderón y Enrique Peña Nieto mediante programas de inversión en el sector privado que buscaban el establecimiento de alianzas entre la ciencia pública y empresa.

Si medimos esta política por el porcentaje de inversión o el incremento de personal capacitado, por ejemplo, podríamos hablar de que obtuvo un relativo éxito (Pérez Cruz, 2019). Si analizamos el grado en que esa innovación ha mejorado la calidad de la investigación, la competitividad o el nivel de la vida de México, observaremos que, en el mejor de los casos, su influencia ha sido intrascendente: los índices de pobreza han permanecido estables y solo entre el 23-24% de la población se considera no vulnerable. De igual forma, entre el 48 y el 52% está por debajo de línea de la pobreza (CONEVAL, 2020).

Otros indicadores como aquellos relativos a la seguridad o los derechos humanos presentan un claro deterioro. Por supuesto, teniendo en cuenta la precariedad de la ciencia en México, culparla de los grandes males del país sería injusto. No obstante, lo que puede afirmarse con certeza es que el modelo de innovación planteado no mejoró en los últimos veinte años las condiciones de vida de las y los mexicanos. Además, la inseguridad y los conflictos medioambientales se incrementaron y se potenciaron modelos de negocios depredadores del medio ambiente —e. g. la minería y la agroindustria— que pueden poner en peligro el acceso al agua o la biodiversidad. Podemos, por tanto, asumir que, si bien se han realizado proyectos muy valiosos en los distintos campos de la ciencia,

la política de innovación no tuvo casi repercusiones positivas en la mejora de las condiciones de vida de las y los mexicanos. Como señalan algunos críticos de la triple hélice, la innovación que propone este modelo requiere de un contexto determinado (seguridad jurídica, acceso a la educación, políticas hacendarias, entre otros) del que México, así como otros países, carecía. Finalmente, cualquier proceso multihélice busca generar sinergias en la suma de actores y esto implica metodologías más complejas que la simple transferencia de recursos económicos entre sector público, empresa y academia (Ricci y Concha, 2018).

En este texto analizaremos una alternativa a estos modelos de transferencia: el trabajo en redes horizontales. El objetivo es promover espacios de trabajo productivo con personas e instituciones que no proceden propiamente del campo científico, pero cuyas experiencias y conocimientos permiten disponer de diagnósticos sociales más certeros, diseñar estrategias de incidencia adecuadas a las necesidades sociales y tecnológicas, así como generar una comunidad variada capaz de implementar un proyecto complejo y darle trascendencia. La propuesta que aquí se presenta tiene su origen en el trabajo realizado en diversos proyectos dirigidos desde Centros Públicos de Investigación, así como en el diseño e implementación de dos redes con propósitos de incidencia.

Problemática

Los sistemas de transferencia diseñados bajo el modelo de la triple hélice ponían el foco en la ciencia como proveedora de tecnología a la iniciativa privada, considerando a esta como el sector clave que, al incrementar su competitividad, contribuiría a mejorar la calidad de vida de las y los trabajadores y, de esa forma, el bienestar. Sin embargo, el modelo no tenía en cuenta el contexto mexicano, la diversidad de sus pueblos y ecosistemas, y tampoco buscaba generar innovaciones con incidencia social, sino simplemente producir tecnologías innovadoras en sí mismas o destinadas a la industria privada.

Si nos centramos en el caso de los Centros Públicos de Investigación, observamos que la alianza entre estos y el sector privado se potenció sobre todo en el caso de aquellos que trabajaron con la industria (de ingeniería, tecnológica, biotecnológica o agropecuaria, por ejemplo). También el sector público se convirtió en un usuario frecuente de los centros, a través de proyectos, diagnósticos, asesorías o desarrollos de tecnologías a la carta, y se benefició de importantes financiamientos públicos federales y regionales destinados a fortalecer estas vinculaciones, de forma que en muchas ocasiones el dinero público resolvía problemas de las empresas sin que existiera una ruta de retorno de inversión hacia el conjunto de la sociedad. Este modelo apuntaba a la necesidad de incrementar los ingresos propios como una vía para la sostenibilidad de los centros, lo que de alguna forma abocaba a las y los investigadores de muchos de estos centros, con sueldos financiados por el Estado, a priorizar líneas de trabajo impulsadas por la demanda privada, dejando de lado los aspectos sociales y ambientales, así como grandes problemas nacionales que no tenían interés para el sector privado o que, incluso, podrían ser contrarios a sus agendas. Si bien los centros especializados en los temas sociales vivieron una dinámica diferente, también se alentó el trabajo por asesorías y la búsqueda de fondos externos como meta.

Atendiendo a esta demanda privada, se generaban desarrollos tecnológicos muy específicos, los paquetes tecnológicos, que eran transferidos legalmente a las empresas que los habían solicitado sin necesidad de que existiera un valor público en el proceso. Al mismo tiempo, se desarrollaron algunos proyectos con valor social. Sin embargo, estas tecnologías se ideaban muy frecuentemente sin diagnósticos previos o sin atender a un problema concreto. Algunas buenas ideas se quedaron en los laboratorios o en las tesis de las y los especialistas, ya que, a pesar de que fueran tecnológicamente viables, no tenían relevancia o pertinencia social o su desarrollo era tan caro que no podía ser aplicado, puesto que existían soluciones más sencillas y baratas. En otros casos, los CPI tecnológicos empezaron a reclamar que se «transfirieran» estas tecnologías eficazmente a comunidades

mediante procesos de «asimilación». Muchas veces, esa función de transferencia se realizaba desde unidades específicas conformadas por especialistas en leyes, en vinculación o en administración, con ausencia de la antropología, la sociología y otras disciplinas que trabajan directamente en la comunidad. Es decir, se consideraba que el problema de que un paquete tecnológico no tuviera una aplicación exitosa radicaba en que la población local no quería o no sabía utilizarla. Estos modelos de transferencia tecnológica, que trascienden la figura legal de transferencia de propiedad intelectual han sido, salvo honrosas excepciones, un fracaso.

Desarrollo de la propuesta

A continuación, analizaremos las principales restricciones que observamos para implementar procesos de tecnología social que atiendan los problemas de México tomando como referencia algunos casos prácticos. Siguiendo la propuesta de Fenoglio (2019), nos enfocaremos en tres momentos: diagnóstico, encuentros productivos y vinculación inter-actor/intersector. Observaremos cómo estas actividades no se realizan en una secuencia lineal, sino a través de procesos cíclicos que permiten la retroalimentación, la generación de grupos de trabajo y colaboración estables, así como la co-construcción de una ruta para implementar la propuesta.

A partir de este proceso, la tecnología o las innovaciones científicas, pasan a ser una herramienta, no un fin en sí mismo. Hay, al menos, tres áreas en las que se puede aplicar metodología de trabajo: el producto, el proceso y la organización (Thomas y Becerra, 2014). En las propuestas de tecnología social el foco no se pone en los niveles de madurez tecnológica (TRL), sino en las aplicaciones innovadoras de tecnologías existentes, las adaptaciones, los procesos de aplicación, utilización y gestión, así como la organización para que la propuesta diseñada funcione.

Además, valoraremos otro tipo de factores que son vitales a la hora de que una innovación social produzca los alcances deseados:

los intereses de los distintos actores involucrados, la capacidad de trabajar con personas provenientes de otros sectores en un ambiente de igualdad y respeto, así como el reconocimiento a las distintas formas de saber. Por último, es necesario reflexionar sobre los equilibrios para abordar grandes problemas nacionales y, al mismo tiempo, la especificidad local. Sin duda, hay retos que requieren de soluciones a amplia escala, pero al homogeneizar procedimientos sin atender a la especificidad se incrementan los riesgos de que la propuesta no tenga los efectos esperados. Deben promoverse equilibrios para focalizar «las relaciones problema/solución como un complejo proceso de co-construcción entre tecnologías y actores sociales» (Thomas y Becerra, 2014: 125) donde los CPI pueden jugar un papel clave.

Metodología: procesos horizontales de construcción de conocimiento y tecnología social

Son numerosos los ejemplos de tecnologías perfectamente válidas desde un punto de vista técnico que no han sido capaces de resolver problemas sociales o ambientales. Un ejemplo es el caso de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el estado de Jalisco. En el año 2017,² el gobierno estatal había diagnosticado que un elevadísimo número de estas plantas estaba en desuso. A partir de un fondo mixto entre CONACYT y el Gobierno de Jalisco, se impulsó una convocatoria con el objetivo de comprender mejor la problemática y buscar una solución para volver a poner en marcha estas plantas. La convocatoria fue ganada por un equipo formado

² El proyecto FOMIX JALISCO 2017, 06-01-6104, coordinado por ITESO y cuyo responsable técnico era el Dr. Helidoro Ochoa (ITESO), realizó un importante trabajo de diagnóstico multicriterio a partir de una equipo interdisciplinar e interinstitucional que permitió conocer mejor este problema, así como apuntar algunas propuestas de solución. Por mi parte, colaboré como responsable técnica del equipo de CIESAS.

por ITESO, CIATEJ y CIESAS. En el trabajo de campo realizado, se detectó la enorme complejidad que implica poner en marcha una planta de este tipo: en muchos casos, la tecnología no era adecuada para la localidad elegida por diversos motivos. En otros, los altos costes de energía que debían ser cubiertos por los municipios habían provocado que se utilizara cada vez menos. Además, había problemas en la gestión y operatividad. Este enorme gasto público, por tanto, había favorecido en su momento a los gobiernos locales, que habían obtenido recursos para una inversión y cumplido con requisitos ambientales y a las empresas instaladoras, que con independencia de la operatividad del sistema habían generado ganancias. Todo esto sin entrar a debatir los posibles malos usos de estos recursos y otras ganancias por comisiones cuestionables. Pero no habían resuelto el problema del agua sin tratar en estas localidades. El trabajo interdisciplinar llevado a cabo en este proyecto arrojó datos muy valiosos, pero el más importante fue que, sin un diagnóstico multicriterio, es imposible conocer las necesidades locales y realizar una instalación que atienda al contexto. Así pues, un modelo de innovación tecnológica que excluye del proceso a dos sectores esenciales —la sociedad en su conjunto, y específicamente las comunidades locales, y el medio ambiente— tiene riesgos muy elevados de no dar los frutos que de él se esperan.

La diversidad social y cultural de México representa un reto para estos modelos de innovación, ya que implica la necesidad de conocer el contexto específico para poder diseñar un proceso de solución, pero también supone una oportunidad para modelos de innovación más inclusivos y horizontales que, partiendo de análisis locales, puedan ser abordados posteriormente de forma sistémica. Como vemos, un modelo de innovación como el planteado por la triple hélice podría generar procesos valiosos, y de hecho así ha sido en determinados espacios, pero, tal y como está diseñado, solo contempla a tres tipos de sectores sin repercusiones sociales a pequeña, mediana o gran escala. Como han señalado numerosos autores, la idea de que la riqueza generada por el sector privado beneficia de forma «natural» a toda la sociedad es una falacia y América Latina es el ejemplo más

claro del fracaso de estas políticas extractivistas y desarrollistas que solo han hecho más ricos a los ricos y han desigualdad, pobreza y destrucción, como han mostrado numerosos autores (Escobar, 2004; Gudynas, 2012).

En la actualidad, ante el cambio de paradigma propuesto por el nuevo gobierno del presidente López Obrador, la autodenominada 4t (Cuarta Transformación), se propone que la ciencia y tecnología adopte un nuevo modelo de innovación social no tecnológico, es decir, el foco de la innovación no debe medirse en la capacidad de generar un avance tecnológico, sino en resolver un problema social. Esta propuesta puede ser formalmente interesante, pero si no se generan metodologías propias del modelo mexicano y no se capacita y se escucha a la academia, puede ser un nuevo fracaso, como lo han sido anteriores modelos: a veces no importa tanto un buen modelo cuanto los procesos y las personas que deben llevarlo a cabo. Un cambio como este tiene serias implicaciones en la forma de realizar la ciencia, dado que pone el foco en la incidencia —y plantea retos importantes— para los Centros Públicos de Investigación, a los que por más de una década se había incentivado a generar recursos propios a través de la oferta de servicios al sector privado, público o al tercer sector, situando en un plano secundario su impacto en la sociedad.

El modelo de quintuple hélice pretende incorporar como esferas activas a la sociedad y al medio ambiente. Este cambio, sin duda, visibiliza sectores que hasta ahora estaban excluidos, al menos formalmente. Sin embargo, es importante analizar propuestas viables, prácticas y pertinentes que permitan a estos centros trabajar de forma horizontal, colaborativa y ágil en la resolución de problemas sociales, trascendiendo los modelos de transferencia de tecnología actuales.

El problema del tiempo y los recursos que implican los procesos de investigación no es menor, ya que la sociedad que vive un problema, o el funcionario elegido para tres años como presidente municipal, por ejemplo, necesita lograr resultados inmediatos, por

lo que se necesitan metodologías ágiles para que la ciencia pueda ser pertinente. Por poner un ejemplo, en el caso del proyecto de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Jalisco mencionado en líneas anteriores, para realizar el trabajo de diagnóstico se requirieron especialistas de tres instituciones, un fondo público y más de un año y medio de trabajo. Así, si bien es evidente la necesidad de generar estos diagnósticos para conocer un panorama tan complejo, los procesos demasiado largos impiden que la ciencia tenga un verdadero papel articulador en el desarrollo de políticas públicas, ya que los tiempos políticos y sociales no concuerdan con los tiempos científicos.

Al incorporar el factor de la incidencia como un aspecto relevante en el desarrollo de propuestas de innovación, los procesos de investigación que quieran tener incidencia social deberán retomar metodologías de diseño de proyectos de gestión social. En la actualidad, las dos más utilizadas son la Teoría del Cambio y la del Marco Lógico, que comparten numerosos aspectos a pesar de que tienen ventajas y desventajas. Muchas veces las grandes instituciones utilizan modelos híbridos de ambas. Otra metodología pertinente puede ser la de retos de innovación, que trata de generar ideas y que, desde luego, también puede ser compatible con las dos anteriores. Hay muchos otros modelos (PM4R, por ejemplo, impulsada por el BID) que buscan aunar el rigor metodológico con la eficacia y eficiencia en el desarrollo de proyectos.

Sin embargo, lo que comparten todas estas metodologías es que el primer paso debe ser la generación de un diagnóstico: no podemos realizar una innovación social sin conocer antes la situación o problemática sobre la que vamos a trabajar. Es más, cuanto más localizado, específico y mejor sea nuestro conocimiento del problema, más posibilidades tendremos de ofrecer una posible solución al mismo. A partir de la definición de la problemática, podremos definir un objetivo, un cambio deseado hacia el que enfocar la estrategia. En este proceso, la participación de los involucrados, desde el diagnóstico

hasta la implementación y su posterior evaluación y seguimiento, se hace indispensable.

Sara Corona Berkin (2019) señala que es lógico suponer que la persona que vive diariamente un problema es la que más sabe del mismo. Este conocimiento se basa en la experiencia y es indispensable para conocer la situación, pero también para generar una estrategia de resolución. Siguiendo la propuesta de ecología de saberes de Santos (2010), consideramos que la base del conocimiento está en el «reconocimiento de la pluralidad de conocimientos heterogéneos (uno de ellos es la ciencia moderna) y en las interconexiones continuas y dinámicas entre ellos sin comprometer su autonomía. La Ecología de Saberes se fundamenta en la idea de que el conocimiento es interconocimiento» (Santos, 2010: 49). Estas dos reflexiones proponen que el diálogo respetuoso entre saberes debe ser una herramienta básica en los procesos de innovación social. Este proceso de diálogo, sin embargo, no surge como algo natural y espontáneo. Requiere de capacitación a las y los investigadores, así como metodologías concretas que permitan abordar temas complejos desde el respecto.

Esta revalorización de saberes ajenos al quehacer científico ha resultado muy molesta para amplias capas de este sector, que consideran que el reconocimiento de otro tipo de saberes es una forma de minusvalorar su propia formación. La carrera científica está diseñada para convertir a una persona en una experta tras un largo y duro proceso de estudio y trabajo, y con un alto nivel de precariedad laboral. Ese proceso tiende a generar comunidades profesionales cerradas, con una alta valoración de sus propios conocimientos y prácticas. Esto implica que habitualmente se establece una relación vertical en la que el doctor imparte cátedra y da soluciones sin escuchar o valorar otro tipo de experiencias. Un ejemplo radical de este malestar pude documentarlo a través de las redes sociales. Como parte de una serie de publicaciones desde el CONACYT con motivo del Día de la Niña y la Mujer en la Ciencia, se hizo el siguiente tuit:

«Desde los albores de la humanidad, nuestros ancestros nacieron en sus casas, recibidos por parteras sin certificaciones ni diplomas. Hay manos que soban, que sostienen, que reciben, que bañan, que hierven, que maceran, que cosechan, que acomodan. #JusticiaEpistémica».³

El tuit estaba ilustrado con una foto de unas manos femeninas ancianas que palpaban el vientre de una mujer embarazada. A pesar de la sencillez de la publicación, que buscaba poner en valor el saber tradicional acumulado por las mujeres gracias a la práctica, esta despertó una serie de contestaciones sumamente agresivas, ofensivas hacia estas mujeres (que nada tenían que ver con el tuit, por cierto). La mayoría de estos perfiles eran de personas científicas o ligadas al sistema CONACYT que manifestaban su rechazo a estos saberes y consideraban un insulto que se les pusiera a la par de esas mujeres. Y es que el primer paso para un cambio epistémico tiene que venir por procesos de diálogo y reflexión desde las y los investigadores, que deberán afrontar muchos paradigmas que hasta ahora se daban por supuesto. No es lo mismo ser el experto entre funcionarios y empresarios que ser uno de los participantes de un grupo heterogéneo en el que confluyen saberes, experiencias e incluso cosmologías diversas. No es lo mismo diseñar una tecnología que resuelva un problema de abasto de agua para una fábrica que resolver un problema de abasto de agua en una comunidad: el problema es diferente, los actores también lo son y, por supuesto, la gestión lo será. Y afrontar el problema en un nivel local no implica abordarlo de forma sistémica. Una vez más, será necesario generar procesos que permitan abordar la diversidad.

Para generar estos procesos de diálogo y construcción de conocimiento, es necesario, por tanto, abrir espacios que permitan que sectores diversos expongan con confianza y respeto sus experiencias y, a partir de aquí, sistematizar estos procesos para poder generar

³ Disponible en: <https://twitter.com/conacyt_mx/status/1360020872099106823>, 11 de febrero de 2021. En el enlace pueden consultarse las distintas reacciones que suscitó la publicación.

propuestas innovadoras. Estos espacios pueden conformarse como grupos de trabajo o redes, tener como objetivo un único proyecto o abordar un nodo articulador.

Resultados: las redes como espacios de articulación en los Centros Públicos de Investigación

En el año 2018, en el marco del programa CIDIGLO,⁴ dirigido por CIESAS y donde participaban otros cuatro CPI (CIATEJ, COLSAN, COLMICH y CICY), convocamos a una reunión a las presidentas municipales elegidas en Jalisco para el periodo 2018-2021. Debido a un cambio normativo orientado a impulsar la participación política de las mujeres, por primera vez habían salido elegidas 30, el mismo número que las que había habido en toda la historia. De estas 30 mujeres, 16 atendieron nuestra llamada y se conformó la Red de Alcaldesas de Jalisco (RAJ), un espacio de discusión y diálogo para atender las problemáticas locales desde la perspectiva de estas mujeres, a través de la conexión con otros sectores: ambiental, social, académico, público y empresarial. Durante los meses siguientes se sumaron otras presidentas, hasta un total de 24. La experiencia de este trabajo colaborativo en red fue muy rica: pudimos generar diagnósticos colectivos ágiles a partir del diálogo y la identificación de problemas prioritarios. También se realizó la búsqueda de financiación, asesorías expertas, vínculos con instituciones nacionales e internacionales, etc. Este trabajo fue impulsado por un equipo profesional de personas con distintas capacidades: metodologías participativas de investigación, comunicación estratégica, difusión, vinculación o financiación que, a su vez, poníamos en contacto a las presidentas con las y los especialistas de los centros.⁵ Sin embargo, el principal aporte

⁴ Consorcio de Investigación y Diálogo sobre Gobierno Local (2018-2021), un proyecto financiado por CONACYT a partir de un programa FORDECYT.

⁵ El equipo principal de la RAJ estaba conformado por mí misma como responsable técnica de la red de investigación aplicada, e interlocutora con las

de la RAJ fue la generación de un espacio de discusión cercano, respetuoso y capaz de movilizar por sí mismo atención y recursos. El nodo articulador era el ejercicio de las presidencias municipales por parte de mujeres con experiencias vitales muy diversas, que habían alcanzado la presidencia en condiciones extremadamente difíciles —un alto grado de violencia política— y debían hacer frente en un contexto adverso a los retos de sus municipios.⁶ En marzo de 2020 el panorama se complejizó todavía más, al empezar una pandemia desconocida que obligaba a estas mujeres, como máxima autoridad, a imponer medidas de restricción de movimientos y hacer frente a problemas de movilidad, de atención sanitaria, de desempleo y pobreza, incluso alimentaria. La confianza generada nos permitió llevar a cabo sesiones virtuales donde compartían su experiencia sobre las estrategias a través de las que estaban afrontando estos retos, e incluso pudimos movilizar a investigadoras, funcionarios o activistas para discutir con ellas sobre temas que les preocupaban, entre ellos la comunicación. La experiencia fue muy enriquecedora y nos permitió conocer de forma ágil situaciones complejas, obviamente desde el punto de vista de sus presidentas, pero no olvidemos que en aquellos momentos ellas eran responsables de la aplicación de las extraordinarias medidas tomadas a nivel nacional y estatal. Observamos, por tanto, cómo a través de la generación de una red pueden vincularse actores que comparten un nodo articulador en torno al cual generar diagnósticos, establecer discusiones productivas que permitan elaborar estrategias y fortalecer procesos de vinculación inter-actores/inter-sectores. Estos tres factores: diagnóstico, trabajo colaborativo productivo a través de encuentros y vinculación, es la metodología

alcaldesas, Pablo Montaña como coordinador operativo, Susana Martínez en el área de comunicación, Montserrat Ledezma en financiación y Alma Villalobos como especialista en comunicación y género. Numerosos investigadores e investigadoras de los CPI participantes en CIDIGLO colaboraron en algún momento, así como miembros de otras instituciones como la FAO, ONU-Mujeres, SEMADET y Transparencia Mexicana, entre otros.

⁶ Para conocer más de este contexto, véase CIPIG (2020).

que también propone Fenoglio (2019) a través de sus experiencias en el campo de tecnología social.

Un aspecto interesante de esta experiencia es que permitía un diálogo muy fluido entre los CPI participantes y las presidentas que eran convocadas para participar en proyectos diferentes. A través de ellas, se podía movilizar —y en tiempos de pandemia esto fue especialmente relevante— a actores clave de sus municipios para generar diagnósticos colectivos y diseñar propuestas. Así, se pudo participar en varias convocatorias, ya que disponíamos de la oportunidad de convocar a nuestras aliadas, con quienes nos unía trabajo y confianza, cuando considerábamos que era pertinencia y podría ser de utilidad para los problemas locales. Los trabajos de esta red se vieron suspendidos en septiembre de 2021. Sin embargo, el germen que se había sembrado permitió continuar trabajando con muchos de estos equipos municipales para afrontar nuevos retos.

A partir de este trabajo colaborativo, en el año 2019 se impulsó una colaboración interinstitucional e interdisciplinar desde CIATEQ para imprimir un enfoque social a la tecnología de microrredes eléctricas, utilizada prioritariamente en la industria, pero con un importante potencial de desarrollo para comunidades. A través de la RAJ, se convocó a las presidentas municipales para realizar un diagnóstico participativo que permitiera identificar los principales problemas energéticos locales. Este trabajo de diagnóstico nos llevó a diseñar e impulsar diversos proyectos con enfoques horizontales y colaborativos para abordar problemas energéticos a través de microrredes, considerando como nodo articulador la pobreza energética.

Para ello, desde el equipo de CIATEQ, en alianza con CIESAS, se conformó la Red Horizontal de Intercambio de Conocimientos y Experiencias (RHICE),⁷ donde participan numerosos actores locales y regionales para generar diagnósticos colaborativos, diseñar estrate-

⁷ La RHICE está vinculada al proyecto Proyecto ProNacEs 319552 (Conacyt) «Microrredes eléctricas y pobreza energética: un enfoque colaborativo para la sustentabilidad de las comunidades mexicanas».

gias para abordar los problemas a partir de encuentros productivos, fortalecer los vínculos inter-actor/inter-sector y dar trascendencia a estos proyectos de forma que sean sustentables y replicables, pero sobre que contribuyan a solucionar problemas reales de las comunidades, es decir, que promueva una innovación social a partir de la interacción entre los actores que forman parte de las cinco esferas convocadas: el sector privado (donde incluimos desde pequeños productores locales a grandes empresas), público (del gobierno municipal al federal), la academia y el sector educativo (incluyendo las universidades y los centros públicos), el medio ambiente y la sociedad, haciendo especial hincapié en el concepto de comunidad.

La entidad coordinadora es CIATEQ,⁸ un Centro Público de Investigación; a través de este nodo de energía sustentable puede generarse una vinculación diferente a la habitualmente realizada por los centros, dado que es permanente, integra a distintos actores y trabaja bajo un concepto de horizontalidad, donde cada integrante, sin importar su grado académico o posición política, realiza aportaciones desde el respeto y su experiencia vital para la resolución de un reto colectivo. No obstante, el papel coordinador es fundamental, ya que no solo implica convocar, sino también sistematizar el proceso, obtener resultados, buscar financiamientos, pero, sobre todo, fortalecer la investigación de tecnología social a partir de la generación de diagnósticos colectivos y de innovaciones que incorporen la interdisciplina.

⁸ Si bien yo soy formalmente la coordinadora de esta RHICE, el trabajo es colegiado y está encabezado por el responsable técnico del proyecto, Dr. Noé Villa, así como por los Dres. Leopoldo Martínez y Gerardo Hernández Barba, también de CIATEQ. Participan, además, en este equipo los Dres. Antonio Cárñez y Mariano Beret, de CIESAS, quienes, al igual que el resto de los participantes, han estado en este proyecto desde los primeros trabajos colectivos, realizados en el año 2018.

Discusión

Estas experiencias me permiten adelantar algunas propuestas para que el cambio de paradigma de los modelos de innovación impulsado en México pueda ser operativo y trascienda la teoría a la resolución de los graves problemas nacionales. En el caso de la tecnología, al imprimirle un enfoque social cambiamos el objetivo de la innovación y requerimos la integración de actores que participen en los tres momentos del proceso: el diagnóstico colectivo, la generación de una ruta de solución a través de encuentros productivos y la vinculación trascendente en favor de la gestión democrática, retomando una vez más a Fenoglio (2019).

Aportación teórica

Si partimos de la reflexión de Santos (2010) inscrita en el marco de la propuesta de la Ecología de Saberes donde propone el inter-conocimiento, es decir, la generación de nuevos conocimientos a partir del diálogo de los distintos actores, debemos destacar que también se reserva un espacio para el conocimiento científico. Sin embargo, este conocimiento debe relacionarse en un plano de horizontalidad con el resto de las personas involucradas. Desde el modelo de innovación tecnológico, la superioridad del pensamiento científico occidental es incuestionable. Por ello, se considera que son los «expertos», entendidos estos como las personas que forman parte de la academia, los que deben tener el papel fundamental en el diseño y la transferencia de soluciones a otros entornos. La ciencia occidental asume que el dato empírico le permite dilucidar qué es mejor y que, por tanto, las poblaciones deben «asimilar» sus propuestas. Para ello, el sector académico no valora las características específicas de un grupo social, sino que considera que este debe hacer los esfuerzos necesarios para adaptarse a la tecnología. En caso de que el proceso de transferencia falle, por tanto, la culpa siempre recaerá en las comunidades a las que se les hizo la transferencia, dado que no pudieron adaptarse. Retomando propuestas evolucionistas claramente superadas, incluso

puede llegar a plantearse que se trata de sociedades a las que les falta «madurez». El modelo de innovación social debe, necesariamente, cambiar el rumbo unidireccional por otro de tipo circular y multidireccional en el que el conocimiento nuevo que va a resolver un problema complejo parte del diálogo y el respeto hacia todos los actores. Por ello, la principal herramienta de trabajo son los encuentros productivos que permiten poner en común nuestras experiencias en torno al nodo articulador. A partir de ahí, el trabajo sectorial es indispensable para profundizar en las problemáticas identificadas desde nuestro propio conocimiento.

Por ejemplo, colectivamente podemos identificar como un problema fundamental en el campo de la energía los elevadísimos costes que implica el bombeo de pozos de agua para abastecer a las localidades del occidente de México. En la RHICE, este problema se aborda desde distintas aristas: a una presidenta municipal le preocupa que el servicio sea constante, pero también la elevada cuenta que debe abonar a la CFE. Por su parte, un ingeniero se interesará por la eficiencia energética, el acceso a datos y la resolución de problemas técnicos. Una usuaria del sistema querrá disponer de agua suficiente para satisfacer sus necesidades básicas, sin importarle si el costo de la energía es más o menos elevado, ya que lo cubre el municipio. Una innovación social deberá tomar en consideración todas estas visiones prismáticas y, por tanto, incorporar el conocimiento de cada sector, a la vez que los articula. Esto supone un reto porque implica —siguiendo con este ejemplo— que CIATEQ no debe proporcionar una tecnología que solucione este problema, sino que debe articular su tecnología con las capacidades instaladas en la comunidad y mediante un proceso de mantenimiento y sustentabilidad que la haga operativa y trascendente.

Un ingeniero nos comentaba que antes llegaba, arreglaba técnicamente el problema que le planteaban y se iba. Le daba igual lo que pasará después. Pero a partir del uso de estas metodologías es más consciente la necesidad de retroalimentación y discusión.

Más aún: debemos atender no solo a los conocimientos, sino también a los distintos intereses, también a los temporales. El mandato de una presidenta municipal dura tres años; si los diagnósticos y los proyectos no atienden a esta necesidad temporal de presentar resultados, los equipos municipales seguirán tomando decisiones sin contar con datos suficientes porque no pueden permitirse realizar largos diagnósticos sociales que se prolongan durante años. Necesitan resolver los problemas en cuestión de semanas o meses, no de años. De nuevo, las metodologías de gestión de proyectos ofrecen aquí una vía de factibilidad: la generación de metas o hitos intermedios permite a las poblaciones ver cómo se avanza en la resolución de problemas complejos y a los equipos municipales presentar resultados. De igual forma, los otros integrantes de la RHICE tienen sus propias necesidades que deben ser contemplados y atendidos, para que no pierdan el interés: las y los investigadores necesitamos publicar, por ejemplo, las empresas necesitan generar negocios, las comunidades resolver sus problemas y el medio ambiente preservar su biodiversidad y atender a metas locales y globales. Así pues, el diagnóstico y la generación de una ruta no debe contemplar únicamente el contexto local, sino también el de la propia RHICE para ser eficaz y favorecer que este trabajo colaborativo tenga impactos en las demás instituciones y personas participantes. Un ganar-ganar, como dicen en el campo de la empresa. Sin habilidad para mantener el interés de los participantes, la red caerá en desuso. Esto, además, fomenta la reciprocidad y facilita la generación de un ambiente de respeto y horizontalidad: no venimos a «ayudarte», venimos a hacer nuestro trabajo y a generar aportes para las personas e instituciones participantes que invierten tiempo, conocimiento y talento en este espacio.

Aportación práctica: ¿cómo funciona la red? ¿quién debe participar?

De acuerdo con Latour, una controversia es un proceso donde una serie de actores despliegan toda una gama de discursos, acciones

y apropiaciones (2008 [2005]). Las controversias, por tanto, pueden articularse en torno a un elemento, un nodo. Son, por definición, inestables y para su estabilización —su resolución— Latour propone ir tirando de los hilos que nos abre cada nuevo actor para, a partir de este mapa, poder incluir en la controversia a todos los y las involucradas. Es decir, son las propias personas integrantes y la problemática abordada la que nos puede llevar a incorporar nuevos actores locales, pero también deslocalizados que de alguna forma participan en esta controversia. El nodo, por su parte, ofrece un nivel superior de reflexión, ya que invita a que se abra la discusión no solo a los participantes, sino también a personas que, por su experiencia o conocimiento, pueden realizar aportes para la resolución, aunque no formen parte como tal de ella. Así, observamos dos niveles en la red: por un lado, aquellas personas involucradas directamente en el problema, que son indispensables para estabilizarlo y, por otro, los actores que pueden contribuir a solucionarlo por sus experiencias y conocimientos.

Eso sí, la red debe mantenerse siempre en un nivel operativo y para ello será imprescindible generar espacios de colaboración y equipos coordinadores que puedan ir avanzando en las resoluciones: no todas las personas participantes podrán dedicar el mismo tiempo a la propuesta; algunas participarán puntualmente y para otras será su trabajo principal. Este análisis de las capacidades de la red y el correcto uso de estas será imprescindible no solo para hacerla operativa, sino también para brindar reconocimiento a cada persona en función de su participación y compromiso. La estructura deberá depender, precisamente de este análisis: así, debe considerarse la celebración de sesiones trabajo sectoriales (por ejemplo, seminarios), espacios de colaboración intersectoriales, plenarias de discusión, coordinaciones, y cualquier otro elemento estructural que facilite la operación.

La coordinación debe recaer en el Centro Público de Investigación, que deberá disponer de recursos suficientes destinados a contar con personal y capacidad suficiente para impulsar estos espacios

de acuerdo con sus propias líneas de trabajo. En ese sentido, será fundamental contar con especialistas sociales que formen parte de los equipos de investigación, que participen desde el diagnóstico de los proyectos y consideren también los procesos posteriores de evaluación.

Al incorporar nuevos actores a través de las RHICE, la investigación estará centrada en la resolución de problemas sociales y, por ello, habrá limitaciones propias a la hora de encontrar aliados. Por poner un ejemplo: ¿puedes trabajar con empresas agroindustriales que están secando México mientras colaboras para impulsar modelos sostenibles agrícolas? ¿o invertir recursos públicos en tecnologías destinadas a la industria para reducir el número de trabajadores? Al trabajar en redes horizontales, las propias contradicciones de estos centros públicos, la investigación realizada, quedarán en evidencia, por lo que debemos tener en cuenta las implicaciones éticas y de transparencia en la gestión de los recursos públicos, más allá de que sea legal o no hacerlo. Un modelo de innovación social que está impulsado por recursos públicos deberá hacer frente a estas paradojas.

Conclusiones

A partir de lo expuesto en este texto, consideramos que el modelo de transferencia de tecnología debe ser superado por enfoques de innovación social y que, por tanto, esto implica romper con los modelos actuales, basados en diseño, capacitación, asimilación y transferencia, en favor de otros de construcción colectiva que incorporen el diagnóstico de contexto y de capacidades, los encuentros productivos para el diseño de propuestas y las estrategias inter-actoriales/intersectoriales como elementos básicos de estos modelos de tecnología social. Así, la innovación deberá incluir tanto al producto como al proceso y la organización (Thomas y Becerra, 2014), y deberá ser integral y colaborativa.

Para que esta propuesta sea ágil y operativa —atendiendo a los tiempos de los distintos actores políticos, sociales y empresariales—,

se propone generar espacios de interacción para la creación de conocimiento: redes horizontales de intercambio de conocimientos y experiencias a partir de nodos articuladores. Estas RHICE deberán construirse con base en el reconocimiento, la igualdad y el interés de las personas participantes, y procurar ser útiles y operativas. La coordinación deberá recaer en los CPI, preferiblemente en equipos interdisciplinarios que, a partir del respeto hacia las formas de conocimiento diferentes, permitan integrar experiencias y generar, ahora sí, innovación social para la resolución de problemas complejos, a la vez que se cuenta con un espacio formal que permite obtener diagnósticos ágiles, vinculación efectiva para atender a convocatorias y someter a discusión, por qué no, las propias líneas de trabajo e investigación de los centros, buscando de esta forma potenciar su función pública en favor de una gestión democrática y participativa de la ciencia.

Bibliografía

- CIPIG (2020): *Informe sobre Violencia Política contra las Mujeres en Razón de Género en el estado de Jalisco: La reforma política en la materia y el ejercicio del cargo en 2020*, Guadalajara: Gobierno del estado de Jalisco.
- Coneval (2020): *Informe de medición de pobreza 2020* [en línea] <<https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezaInicio.aspx>>. [Consulta: 18/06/2022.]
- Corona Berkin, Sarah (2020): *La producción horizontal del conocimiento*, Guadalajara: UDG, UCR, UNSAM y FLACSO.
- Escobar, Arturo (2005): «El “postdesarrollo” como concepto y práctica social», en D. Mato (coord.), *Políticas de Economía, Medioambiente y Sociedad en tiempos de Globalización*, Caracas: Universidad Central de Venezuela, 17-31.
- Ezkowitz, H. y Leydesdorff, L. (1995): «The Triple Helix-University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge-Based Economy», *EASST Review*, 14(1), 14-19.
- Fenoglio, V. (2019): «Innovación tecnológica en la resolución de problemáticas socio-productivas locales. Caso de estudio: Concordia, Entre Ríos-Argentina», *Hábitat sustentable*, 9(2), 94-107 [en línea] <https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-07002019000200094>.

- Gudynas, E. (2012): «Debates sobre el desarrollo y sus alternativas en América Latina: Una breve guía heterodoxa», en M. Lang y D. Monkrani (comps.), *Más allá del Desarrollo*, Quito: Universidad Politécnica Salesiana-Fundación Rosa Luxemburgo. 21-54
- Latour, B. (2008 [2005]): *Reensamblar lo social. Una introducción a la teoría del actor-red* Buenos Aires: Manantial.
- Pérez Cruz, O. A. (2019): «Innovación y transferencia de tecnología en México. Un análisis empírico de datos panel», *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación Y El Desarrollo Educativo*, 10(19).
- Ricci, E., Concha R. (eds.) (2018): *Innovación Social: Consolidación Modelo Multihélice en la Región de Antofagasta*, Antofagasta: Ediciones Universidad Católica del Norte-UCN.
- Santos, Boaventura de Souza (2010): *Descolonizar el saber, reinventar el poder*, Montevideo: Trilce.
- Thomas, H. y Becerra, L. (2014): «Sistemas tecnológicos para el desarrollo inclusivo sustentable», *Voces en el Fénix*, 37, 120-129.

Discordancia entre salario por horas extra, estrés y fatiga en jornaleras de empaques de tomate de exportación: elementos para la Gestión de la Responsabilidad Empresarial de un CPI a la empresa agrícola

CARLOS GABRIEL BORBÓN-MORALES

*Centro de Investigación en Alimentación y
Desarrollo (CIAD AC) Hermosillo, Sonora*
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6073-6672>

MARISOL ARVIZU ARMENTA

*Centro de Investigación en Alimentación y
Desarrollo (CIAD AC) Hermosillo, Sonora*
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2284-9908>

JESÚS FRANCISCO LABORÍN ÁLVAREZ

*Centro de Investigación en Alimentación y
Desarrollo (CIAD AC) Hermosillo, Sonora*
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0747-6426>

Línea Temática: Modelos de negocios inclusivos; ODS 3 («Salud y bienestar»)

Resumen

La implementación de tecnologías en la cadena de valor de hortalizas de exportación tiene efectos positivos en la generación de empleos. Específicamente, la producción de tomate de exportación bajo estándares requeridos por las casas comercializadoras internacionales exige que los procesos de producción y empaque respondan a las necesidades fluctuantes de la demanda. Al respecto, este proceso, basa su eficiencia en el uso de tecnología y mano de obra calificada, primordialmente femenina, que selecciona, pesa y dispone el producto de acuerdo al tipo de empaque requerido. El objetivo de este trabajo es poner en evidencia las discordancias en la reasignación del tiempo de trabajo en empacadoras de tomate de exportación cuando se les ofrece un incremento del salario por laborar horas extras. Así, desde la perspectiva teórica de la oferta laboral, el número de horas de trabajo cambia en relación directa con el salario por hora trabajada. Esto bajo el supuesto de que las trabajadoras sustituyen el trabajo por el ocio; trabajando más cuando los salarios son altos y consumiendo

más ocio cuando son bajos. En contra de esta predicción, en el caso las jornaleras, no todas optan por hacer horas extras aun cuando el salario aumenta, y deciden realizar su jornada normal debido al exceso de estrés que esto les ocasiona. Desde la perspectiva de la responsabilidad social empresarial, el CIAD AC, ha implementado un esquema de Gestión de la Responsabilidad Social como un área de oportunidad para la mejora del modelo inclusivo de negocios de la empresa agrícola. La metodología empleada se circunscribe a estimar el efecto de estrés y fatiga en la reasignación de horas de trabajo, así como pa proponer elementos para un programa de responsabilidad social de la empresa empackadora de tomate.

Palabras clave: empackadoras de tomate de exportación, salario, estrés, fatiga, responsabilidad social empresarial.

Abstract

The implementation of technologies in the export vegetable value chain has positive effects on job creation. Specifically, to produce export tomatoes under the standards required by international trading houses, it is necessary that the production and packaging processes respond to the fluctuating needs of the demand. In this regard, this process bases its efficiency on the use of technology and qualified labor, primarily female; that selects, weighs and arranges the product according to the type of packaging required. The objective of this work is to show the discrepancies in the reassignment of working time, in export tomato packers, when they are offered an increase in salary for working overtime. Thus, from the theoretical perspective of labor supply, the number of working hours changes in direct relation to the wage per hour worked. This under the assumption that workers substitute work for leisure; working more when wages are high and consuming more leisure when wages are low. Contrary to this prediction, in the case of day laborers, not all opt for overtime even when the salary increases, and they decide to work their normal day; due to the excess stress that this causes them. From the perspective of corporate social responsibility, CIAD AC has implemented a Social Responsibility Management scheme, as an area of opportunity to improve the inclusive business model of the agricultural company. The methodology used is limited to estimating the effect of stress and fatigue on the reassignment of working hours. In this case study, elements are proposed for a social responsibility program of the tomato packing company.

Keywords: export tomato packers, salary, stress, fatigue, corporate social responsibility.

Introducción

La producción de tomate en México, también conocido como jitomate, se cosecha en 45,167 hectáreas, el 94% de ellas a campo abierto y el 6% bajo condiciones de invernadero. El destino de esta producción es preferentemente los mercados de exportación —un 80%—, mientras que el 20% del producto se orienta a los mercados

interno. Es importante destacar que México cubre casi el 90% de la demanda invernal estadounidense (SAGARPA, 2022)

Independientemente del tipo tecnología de producción y los tiempos de cosecha, una vez recolectado el tomate es trasladado del campo a la fase de empaque, que se lleva a cabo en lugares adaptados para realizar la selección adecuada. Esta requiere capacitación y habilidades laborales para el cumplimiento de los estrictos estándares internacionales de inocuidad, sanidad y calidad.

En estas infraestructuras conocidas como «empaques», prevalece la mano de obra femenina (un 98% de mujeres y un 2% de hombres). Ello es así, sobre todo, porque las mujeres han manifestado ser más cuidadosas, detallistas, hábiles y responsables en los procesos de limpieza, selección y empaque de las diversas presentaciones que demandan los mercados de exportación (Lara, 2003).

Problemática

En el ámbito de la empresa, la necesidad de cumplir con los requerimientos de la demanda de tomate del mercado externo genera a su vez un incremento en la demanda de mano de obra femenina, como se dijo anteriormente, por lo que se implementa una estrategia de horas extraordinarias para incentivar a las trabajadoras a reasignar su tiempo de ocio y destinarlo al trabajo (Kortum, Stavroula y Cox, 2010).

Desde la perspectiva teórica de la oferta laboral neoclásica iniciada por Marshall (1890), se asume que las horas trabajadas aumentan a medida que el salario es mayor por hora trabajada. En consecuencia, el aumento del salario propicia que el trabajador trabaje más horas. En este sentido, el trabajador dedica menos horas al ocio y más al trabajo, incrementando sus horas trabajadas cuando los salarios son altos y consumiendo más ocio cuando son bajos (Colin *et al.*, 2004).

Contrariamente a esta predicción, en el caso de las mujeres empaadoras de tomate, no todas optan por trabajar horas extras y deciden laborar solo su jornada laboral normal. Este comportamiento

supuestamente ilógico es discordante con el tradicional vaticinio teórico económico. Dado que las trabajadoras que optan por alargar su jornada y dedicar más horas al trabajo, como señala la teoría económica convencional, se advierte que son guiadas por premisas psicológicas (heurística cognitiva) que explicarían de forma más realista este comportamiento (Marsh, Todd y Gigerenzer, 2004).

El objetivo de este trabajo es poner en evidencia las discordancias en la reasignación del tiempo de trabajo en empacadoras de tomate de exportación cuando se les ofrece un incremento del salario por horas extras, estimando para ello los parámetros de estrés y fatiga de las trabajadoras. La finalidad última es hallar elementos para la mejor en la RSE como parte de un Modelo de Negocio Inclusivo.

Método

Este documento es un estudio de caso a nivel relacional, llevado a cabo por el CIAD, AC en una empresa de exportación de tomate del sur de Sonora, se realizaron 34 cuestionarios a mujeres trabajadoras agrícolas que laboraban horas extras. El capítulo consta de cuatro secciones, información atributiva socioeconómica; apartado de estrés laboral; sección de calidad de vida; y relación laboral. La escala posee un alfa de Cronbach de 0.76, lo que permite afirmar que el instrumento posee fiabilidad de medición.

Para el análisis de la información se utilizó el siguiente modelo de regresión:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 F_i + \beta_2 E_i + \epsilon$$

Donde: Y_i es el salario individual de las trabajadoras; F es la fatiga de la trabajadora; E = nivel de estrés de la trabajadora; y ϵ los errores.

Marco teórico: reasignación de las horas trabajadas, heurísticos del pensamiento, Responsabilidad social empresaria y negocios inclusivos

Reasignación de horas trabajadas: modelo básico y variaciones de los salarios, efecto renta y efecto sustitución

Desde la perspectiva de la economía neoclásica del mercado de trabajo, las horas de trabajo que se ofrecen a un trabajador pueden aumentar con el tiempo, a medida que se incrementan los salarios, pero a partir de cierto punto los aumentos adicionales en los salarios pueden conducir a una reducción de la oferta de horas de trabajo. En este sentido, la curva de oferta de mano de obra de este trabajador aumentará durante un tiempo y luego retrocederá. Sobre todo, manifestará dos tipos de efectos: el ingreso o renta y la sustitución. La primera se refiere a la variación de las horas de trabajo deseadas provocada por un cambio en la liberación de ingresos, mientras que la segunda, indica la variación del número de horas de trabajo, provocada por una variación del salario. (Bowles, 1981; Calvo, 1979; Eaton y White, 1982; Shapiro y Stiglitz, 1984; y Stoft, 1982, como se citó en Carrasco, Castaño y Pardo, 2011).

a) Elasticidad de la oferta laboral ante variaciones en los salarios

Si bien la elasticidad de Frisch, que, de acuerdo a Céspedes y Rendón (2012), proporciona un indicador de la oferta laboral y mide la reasignación de las horas trabajadas, y surge como respuesta a la variación del salario, donde el sentido de dichas variaciones salariales afecta las horas de trabajo, la elasticidad de la oferta de trabajo con respecto al salario se calcula de este modo:

$$\text{Elasticidad Salario} = \frac{\Delta\% \text{ en la cantidad de trabajo}}{\Delta\% \text{ en el salario}}$$

En este orden de ideas, es importante remarcar que las personas atribuyen una gran utilidad marginal al tiempo no remunerado (asistir a la escuela, cuidado de los niños), mostrando una tendencia a no

participar en la fuerza laboral. En segundo lugar, cuanto mayores son los ingresos no laborales de una persona, menos posibilidades tiene de participar en la fuerza de trabajo. En tercer lugar, cuanto mayor sea el costo de oportunidad de no trabajar, más probable es que una persona participe en la fuerza laboral.

b) El proceso de toma de decisiones desde la perspectiva del comportamiento humano

La evidencia empírica demuestra que no todas las decisiones adoptadas por los agentes son «económicamente racionales». Por ello, las personas no siempre aceptan un salario después de hacer cálculos racionales. Como lo apunta Kahneman (2003), los individuos, desde su experiencia personal, desarrollan constantemente facultades que les permiten generar juicios sobre las causas de lo que sucede en su entorno a partir de las funciones que estos realizan con las situaciones que observan. Sin embargo, incluso si los temas tratados pueden tornarse importantes, las personas están acostumbradas y confían mucho en el uso de atajos mentales (heurísticos del pensamiento), en lugar de procesos lógicos formales: estos atajos se conocen como heurísticas que permiten realizar juicios rápidos y frugales.

Se ha encontrado que los procesos heurísticos están presentes en todos los aspectos de la vida de las personas —por ejemplo, al momento de hacer suposiciones con creencias y percepción de riesgos para la salud (Peters, McCaul, Stefanek y Nelson, 2006). Al respecto, existe toda una tipología de heurísticos (Kahneman y Tversky, 1972). Sin embargo, se han identificado tres heurísticos principales para emitir juicios: disponibilidad, representatividad y anclaje-ajuste. En todos ellos, el individuo califica cuán particular es el caso con respecto al conjunto de referencia, en lugar de utilizar información estadística relevante (Tversky y Kahneman 1973; Tversky y Kahneman 1974; y Tversky y Kahneman, 1984).

En el caso de las decisiones de las empacadoras de tomate para reasignar sus horas de trabajo y ocio, frente a la posibilidad de trabajar horas extra, las evidencias empíricas se relacionan con el efecto neto,

el efecto sustitución o efecto ingreso y las heurísticas. Adaptando la premisa de Colin, *et al.* (2004) a nuestro trabajo, estaríamos ante el hecho que las empacadoras de tomate no deciden trabajar horas extra en función de lo caro que es el ocio, es decir, en el hecho que la elasticidad del salario está relacionada con la experiencia. Por lo tanto, se esperaría que las trabajadoras empacadoras de tomate con más experiencia tengan mayor respuesta ante los incrementos salariales.

En referencia a lo anterior, se plantea a manera de hipótesis de trabajo de que las trabajadoras empacadoras de tomate con salario fijo no optan por las horas extras debido al ambiente de trabajo agotador y estresante.

Para disponer de elementos de explicación de este fenómeno, que se manifiesta en la elasticidad negativa del salario de las trabajadoras del empaque de tomate, se estiman dos variables instrumentales:

- a) La elasticidad de los salarios es muy significativa para las trabajadoras que realizan horas extras.
- b) La elasticidad de los salarios es significativamente menor para las empacadoras con salario fijo.

Suponiendo que las trabajadoras actúan tomando un horizonte diario de ingresos, y fijando un rango de este donde optan por no trabajar más porque han alcanzado su objetivo, existen varios procesos heurísticos que, en cuanto procesos psicológicos, pueden ser responsables de tal comportamiento: utilizar el objetivo de ingresos diarios como una heurística representativa que les ayude a tomar la decisión de trabajar horas extras o jornadas laborales normales.

Por otro lado, la meta de ingresos diarios puede ayudar a mitigar los problemas de autocontrol (Shefrin y Thaler, 1992), especialmente en el manejo del tedio y la fatiga que implican un tiempo de trabajo ampliado, aunque mejor remunerado, pero con mayores índices de estrés, en relación con una persona con sueldo fijo.

Modelos de Negocios inclusivos (MNI) y Responsabilidad Social Empresarial (RSE)

Los negocios inclusivos describen cómo las organizaciones se relacionan con la base social, por lo general extendiendo productos y servicios a las personas pobres como base de mercado o incorporando políticas y mecanismos más éticos, entre ellos mejores condiciones laborales y programas de RSE (Likoko y Kini 2017, como se cita en Kaminski *et al.* 2022).

En este documento no se discute sobre productos y servicios a favor de los pobres, o sobre programas para objetivos filantrópicos, sino que reseñamos algunos elementos de RSE para la empresa agrícola en su entorno local y cómo pueden establecer vínculos ampliados para mejorar sus propios negocios y el bienestar de sus trabajadores y trabajadoras.

Es importante especificar que un principio clave de estos modelos es la inclusión las personas pobres en el lado de la demanda como clientes y consumidores o del lado de la oferta como empleados, productores y dueños o socios del negocio (PNUD, 2008).

Al respecto, existen dos enfoques de mejoras. Para Gereffi *et al.* (2005), se dirigen al aumento de la competitividad de la cadena de valor. En cambio, para Barrientos *et al.* (2011), se enfocan en lo social, que incluye las condiciones laborales y de vida y el bienestar social general de los trabajadores, las trabajadoras y los demás actores involucrados directa o indirectamente en dicha cadena de valor.

En este ámbito de requerimientos de las cadenas de valor, ante cambios en la demanda de trabajo por parte de la empresa y el cuidado de las condiciones de trabajo, cobra importancia la responsabilidad social empresarial. No obstante, a la gran cantidad de investigación académica y trabajo institucional, por ejemplo, de la Comisión Europea y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, estos no han convergido en una definición común y concluyente de lo que constituye la RSE (Carroll, 2008; Dahlsrud, 2008; y Visser, 2010, 2012, como se citó en Mosca y Civera, 2017).

Por lo consiguiente, para el propósito de esta investigación, se considera la corriente que incluye la RSE entre las estrategias instrumentales y utilitarias o actividades estratégicas que crean una ventaja competitiva y mejoran la reputación de las empresas. Por ello, existen normas y reglas específicas que marcan pauta para la institucionalización de la RSE. Dentro de los estándares más conocidos se ubican: la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) 9000 y 14000 (certificaciones de calidad y medio ambiente, respectivamente), ISO26000 (estándar de orientación para la responsabilidad social), las pautas de Global Reporting Initiative para informes de sostenibilidad, SA8000 (para las condiciones de los trabajadores en la cadena de suministro) y AA1000 (para contabilidad, auditoría e informes sociales y éticos) (Mosca y Civera, 2017).

Según la bibliografía, las empresas agrícolas mexicanas que están integradas en cadenas de valor globales deben buscar este tipo de certificaciones, pues sus niveles de calidad total permiten y exigen que sus procesos estén estandarizados en inocuidad, sanidad y calidad. Incluso en ocasiones se incluye el ámbito social (sobre todo, para aquellos quienes buscan los mercados europeos); sin embargo, algunos autores como Campos y Fernández (2013), Tobasura (2015) y Campos, Pelayo y Vázquez (2020) señalan que estas empresas están aún en una etapa incipiente dentro de este tema.

Respecto a los estándares de RSE, si bien las directrices de la ISO 26000 no son obligatorias, razón por la cual no son objeto de certificación —como sí los son: ISO9001:2000 e ISO 14001:2004—, esta se constituye en una guía para integrar e implementar tales programas con los *stakeholders* de una organización (Ortiz y Massai, 2008).

En este sentido, Ortiz y Massai (2008), destacan que, de acuerdo con los aspectos laborales de la Norma ISO 26000, la empresa debe cumplir con los siguientes aspectos: condiciones de trabajo de acuerdo con las leyes y regulaciones nacionales; condiciones de trabajo decentes; salarios de calidad; protección social; horarios de trabajo normales; y compensación por hora extra trabajada, entre otras.

Condiciones de vida del trabajador agrícola: Estrés y fatiga en trabajadoras de empaques agrícolas

Se reconoce que la modernización de la agricultura está asociada a mayores niveles de producción (biotecnología, informatización, cadenas frigoríficas, invernaderos y mercadeo incluidos); no obstante, este incremento no se ha traducido en mejoras en los salarios, prestaciones y servicios de la población de trabajadores agrícolas para elevar su calidad de vida y, por el contrario, tiende a exacerbar los niveles de pobreza y marginación (Lara, 2001). Por ello, el análisis de las condiciones de vida y de bienestar de los trabajadores del campo, continúa siendo un tema de interés a nivel regional y nacional (Barrón, 2004; y Laborín, 2010). Sin embargo, es necesario adoptar un enfoque diferente que ofrezca una visión integral de los problemas económicos y socioculturales que afectan a la población de trabajadores agrícolas y sus familias (Flores, 2021). Al respecto, Morett y Cosío (2017) caracterizan las condiciones de vida de los jornaleros migrantes en México y afirman que la forma de contrato que prevalece en la relación laboral-patronal de los trabajadores agrícolas migrantes es el contrato verbal.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019), 264 millones de personas en todo el mundo padecen algún tipo de depresión, y la prevalencia es mayor en mujeres que en hombres. Las manifestaciones son: depresión, tristeza, pérdida de interés, baja autoestima, entre otros.

A nivel regional, Laborín *et al.* (2014) identificaron en los trabajadores agrícolas, niveles moderados en estrés, donde el grupo de mujeres experimenta síntomas relacionados con cambios bruscos de humor provocado por: desesperanza de mejorar, tristeza, depresión, cansancio, entre otras, en comparación con los hombres de la misma edad. Los hallazgos de González, López Moreno, Ramírez y Torres (2014) muestran que los trabajadores agrícolas, padecen estrés en el trabajo.

Por otro lado, Gutiérrez *et al.*, (2003) indican que la salud mental se caracteriza por tener características positivas si se cuenta con fuerte autoestima, autoconcepto y apoyo social. Sin embargo, se observó que la población está expuesta a síntomas y padecimientos que les provocan malestar y algunos cambios en su estado emocional. Asimismo, concluyen que el optimismo, la actitud y la relación con los demás aumenta el bienestar y la satisfacción de la población, previniendo así algunas sintomatologías y dolencias físicas clásicas.

En resumen, con base en Dolan *et al.* (2005) y Bresó (2008), existen tres factores que intervienen en el estrés laboral:

- a) los recursos personales del trabajador, que se refieren a las habilidades, necesidades, valores, creencias y autoeficacia, entre otros.
- b) Recursos laborales, alusivos a las características del trabajo que amplían o reducen el estímulo de crecimiento personal, aprendizaje y metas de trabajador.
- c) Demandas laborales, referidas al esfuerzo físico-psicológico, con sus consabidos costos físicos y psicológicos.

Resultados

Para las trabajadoras agrícolas de empaque de tomate, existe evidencia empírica del efecto que tienen las variables psicológicas en la decisión de trabajar horas extras; si bien el salario es un factor determinante en la elección, una vez empleado en la empresa laboral, se contemplan otros aspectos que condicionan la decisión de realizar horas extraordinarias.

Estos aspectos son cuestiones psicológicas que poco tienen que ver con los supuestos de la teoría microeconómica neoclásica. Entre algunos otros, los trabajadores han mencionado el estrés y la fatiga como los más importantes.

Con base en el instrumento aplicado en esta investigación, el 50% de las trabajadoras, tienen la percepción que requieren más tiempo

para realizar su trabajo. Además, manifiestan el sentimiento de que no tienen un día de descanso, lo que provoca que el ambiente laboral les cause estrés. Los resultados se muestran en Tabla 1.

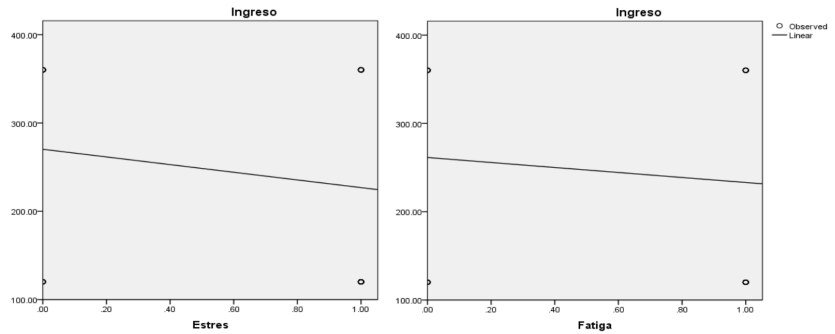
Tabla 1. Porcentaje de estrés durante la jornada laboral en trabajadoras de empaque de tomate

Respuesta	Siento que no tengo un día libre	Tengo mucho trabajo y poco tiempo para hacerlo	Estrés durante la jornada laboral
Sí	50	50	53
No	50	50	47
Total	100	100	100

Fuente: Elaboración propia

El aumento de salario que traen consigo las horas extraordinarias no supone necesariamente que la trabajadoras tomen la decisión de laborarlas. Factores como el cansancio y el estrés hacen que el salario de estas mujeres disminuya de forma que se muestra en el siguiente gráfico de incremento.

Gráfica 1. Estrés, fatiga e ingreso por horas extraordinarias en trabajadoras de empaque de tomate



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 2 se estiman los parámetros de estrés y fatiga para quienes aceptan las horas extraordinarias. Se observa que el salario de las emparadoras de tomate disminuye a medida que se hace presente la fatiga y el estrés. La interpretación sugiere que cada vez que la trabajadora siente fatiga su salario tiende a disminuir por lo menos 19.1 pesos, mientras que cuando el trabajador siente estrés su salario disminuye en 38.9 pesos.

El cambio negativo en las elasticidades del salario de las trabajadoras empaques de tomate coincide con lo reportado por Colin *et al.* (1997), que ofrecen como argumentos principales la falta de liquidez y el horizonte en el cual las personas basan su día laboral.

Tabla 2. Modelo fatiga-estrés y horas de trabajo extraordinario

	Coeficientes sin estandarizar		Coeficientes estandarizados Beta	t	Sig.
	B	Std. Error			
(Constant)	277.402	34.806		7.97	0
Fatiga	-19.146	43.427	-0.08	-0.441	0.005
Estrés	-38.901	43.503	-0.162	-0.894	0.003

Fuente: Elaboración propia

Modelo de Gestión de la RSE en el empaque de tomate

De acuerdo a la norma 26 000 y con base en los resultados de la regresión anteriormente descrita, se expone un esquema para la mejora de la gestión de la RSE a fin de que se integre a un MNI en el apartado prácticas laborales y, específicamente, en el subapartado salud y seguridad ocupacional. Al respecto, se propone atender a los siguientes aspectos:

- a) La detección del riesgo y de condiciones no seguras/no saludables en el empaque de hortalizas; diseño del manual de políticas y prácticas laborales seguras y saludables; promoción de la salud y seguridad en las actividades del empaque; capacitación y construcción de conciencia de manera regular sobre salud y seguridad en jornale-

ras y jornaleros; programas preventivos de salud y seguridad; respeto por las prácticas de seguridad; compensación por enfermedades o lesiones relacionadas al trabajo.

b) La contratación de trabajadores (hombres y mujeres) bajo horas extra deberá considerar la vulnerabilidad particular de los trabajadores afectados y sus posibles riesgos producidos por el trabajo extra.

c) El fomento de la adquisición de nuevas habilidades y destrezas entre las trabajadoras y trabajadores, tales como mejores prácticas conductuales, comunicación interpersonal y gestión del tiempo.

d) La promoción de grupos semiautónomos de trabajo que atribuya mayor participación en el control sobre el trabajo con apoyo de los supervisores y del grupo de compañeras y compañeros.

e) La disminución del esfuerzo físico-psicológico, con sus consabidos costos físicos y psicológicos.

Conclusiones

En el presente documento se ha mostrado la relación que existe entre la decisión de trabajar horas extraordinarias ante el estrés y la fatiga que padecen las trabajadoras del empaque de tomate. Con base en estos datos, se delinean una serie de estrategias que la empresa podría incluir en sus planes de RSE con el fin de que las trabajadoras puedan afrontar el estrés cuando van a elegir trabajar horas extraordinarias.

Asimismo, dichas estrategias apoyan que las trabajadoras se vean estimuladas y que disminuya ausentismo y los conflictos, e incluso promueve una mejora en las relaciones familiares y sociales.

Al respecto, el CIAD AC, plantea un esquema de gestión para la responsabilidad social que la empresa agrícola debería implementar a fin de reducir estrés y la fatiga de las trabajadoras que está sustentada en la detección de riesgos de salud, la concienciación y la capacitación, así como la implicación de las y los trabajadores en los

procesos de trabajo con el objetivo de reducir los efectos negativos que producen las jornadas de horas extras laboradas, y su consabido efecto en la mejora de la calidad de vida y bienestar de las y los trabajadores.

Bibliografía

- [PNUD] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (2008). *Creating Value for All: Strategies for Doing Business with the Poor. United Nations Development Programme*, Nueva York.
- Barrientos S., Gereffi G. y Rossi A (2011): «Economic and social upgrading in global production networks: a new paradigm for a changing world», *International Labour Review*, 150(3-4), 319-340.
- Barrón, A. (2004): «Jornaleros agrícolas, nuevos y viejos fenómenos», en R. Diego Quintana (coord.), *Investigación social rural: buscando huellas en la arena*. Ciudad de México: Plaza y Valdés, Capítulo 12, 172-187.
- Bresó, E. (2008): Taller: Desde Burnout al engagement, *Sistema de Estudios de Posgrado*. Universidad de Costa Rica.
- Campos López, S. E., Pelayo Cortés, M. M. y Velázquez Núñez, J. J. (2020): «Responsabilidad social empresarial: un estudio sobre empresas agrícolas y ganaderas jaliscienses», *Cofin Habana*, 14(1), e10. Epub 14 de mayo [en línea] <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612020000100010&lng=es&tlng=es>.
- Campos, S., Del Pozo, P. y Fernández, A. (2013): «Indicadores de análisis de la Responsabilidad Social Corporativa en la industria azucarera mexicana», *Cofin Habana*, 7(3), 29-40.
- Carrasco, I., Castaño, S. y Pardo, I. (2011): «Diferentes desarrollos del mercado de trabajo», *Revista De Economía*, 1(858) [en línea] <<http://www.revistasice.com/index.php/ICE/article/view/1392>>.
- Céspedes, N. y Rendón, S. (2012): «La elasticidad de oferta laboral de Frisch en economías con alta movilidad laboral,» *Working Papers* 2012-017, Banco Central de Reserva del Perú [en línea] <<https://ideas.repec.org/p/rbp/wpaper/2012-017.html>>.
- Camerer, C. F., Babcock, L., Loewenstein G. y Richard H. Thaler (2004): «Labor Supply of New York City Cab Drivers: One Day at a Time», en *Advances in Behavioral Economics*. Russell Sage Foundation, Princeton and Oxford: Princeton University Press.
- Dolan, S., García, S. y Díez, M. (2005): *Autoestima, estrés y trabajo*, España: Mac Graw Hill.

- Flores M. J. R. J. (2021): «Determinantes de la precariedad del trabajo jornalero agrícola en México: un análisis histórico-institucional», *Región y Sociedad*, 33, e1487 [en línea] <<https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1487>>.
- Gereffi G, Humphrey J., Sturgeon T. (2005): «The governance of global value chains», *Review of International Political Economy*, 12(1), 78-104.
- Gutiérrez, Rodolfo E., Contreras-Ibáñez, C., Ito Sugiyama, M. E., Chávez, M. E. y Ostermann, R. F. (2003): «Escala SWS-Survey, de salud mental, estrés y trabajo para población mexicana», *Facultad de Psicología*. UNAM-IMSS. México, D. F.
- ISO (2010). Guía de Responsabilidad Social ISO 26000:2010(es) [en línea] <<https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:26000:ed-1:v1:es>>. [Consulta: junio 2022.]
- Kahneman, D. y Tversky, A. (1972): «Subjective probability: A judgment of representativeness», *Cognitive Psychology*, 3(3): 430-454 [en línea] <[https://doi.org/10.1016/0010-0285\(72\)90016-3](https://doi.org/10.1016/0010-0285(72)90016-3)>.
- Kahneman, D. (2003): «A perspective on judgment and choice: Mapping bounded rationality» *American Psychologist*, 58, 697-720.
- Kaminski A. M., Kruijsen F., Cole S. M., Beveridge M. C. M., Dawson C., Mohan C. V., Suri S., Karim M., Chen O. L., Phillips M. J., Downing W., Weirowski F., Sven Genschick S., Tran N., Rogers W. y Little D. C. (2022): «A review of inclusive business models and their application in aquaculture development», *Reviews in Aquaculture* 12, 1881-1902.
- Kortum, E, Stavroula L. & Cox T. (2010): «Psychosocial risks and work-related stress in developing countries: health impact, priorities, barriers and solutions», *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 23(3), 225-238. [en línea] <[10.2478/v10001-010-0024-5](https://doi.org/10.2478/v10001-010-0024-5)>.
- Laborín Álvarez J. F. (2010): «La conformación del bienestar subjetivo en migrantes indígenas asentados en una zona agrícola en el estado de sonora, México», en A. Banda, J. Palomar, J. y A. González, *Calidad de Vida: Un Enfoque Psicológico*, Hermosillo: Universidad de Sonora, 91-119.
- Laborín Álvarez, J. F.; López Alcantar, D.; Moreno López, M.; González Bautista, L. P. (2014): «Condiciones de salud mental en migrantes indígenas asentados en una zona periurbana de Hermosillo, Sonora», en S. Rivera Aragón, R. Díaz Loving, I. Reyes Lagunes, M. Margarita Flores Galaz (eds.) *Aportaciones actuales de la psicología social*, v. II, México: AMEPSO, 94-100.
- Lara, S. (2001): «Análisis del mercado de trabajo rural en México en un contexto de flexibilización», en *Una Nueva Ruralidad en América Latina?*, Buenos Aires: CLACSO, 363-382.
- (2003): «Violencia y contrapoder: una ventana al mundo de las mujeres indígenas migrantes, en México», *Estudios feministas*, 11(2), 381-397.

- Marsh, B., Todd, P. y Gigerenzer, G. (2004): «Cognitive Heuristics, Reasoning the Fast and Frugal Way, en Leighton y Sternberg (eds.). *The nature of reasoning*, Nueva York: Cambridge University Press, 237-287.
- Marshall, A. (1962[1890]), *Principes of Economics*, Londres: Macmillan, trad. en 1962 al francés, *Principes d' Economie Politique*, Paris
- Morett, S. J. C. y Cosío, R. C. (2017): «Panorama de los Ejidos y Comunidades Agrarias en México», *Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 14(1), 125-152.
- Mosca, F. y Civera, C. (2017): «The Evolution of CSR: An Integrated Approach», *Symphonya*, 1, 16-35 [en línea] <<http://dx.doi.org/10.4468/2017.1.03>>.
- Murdock, A. y Dolezal, N. (2018): «Exploring Corporate Social Responsibility in a Social Business: The Workers Beer Company» *Symphonya*, 1, 91-103. [en línea] <<http://dx.doi.org/10.4468/2018.1.07>>.
- Ortiz, G. y Massai, R. (2008): «ISO 26000 y Derechos Laborales», en E. Veloz Gutiérrez (coord.): *Reflexiones y perspectivas desde las organizaciones sindicales y ciudadanas*, México: Fundación Friedrich Ebert.
- Peters, E., McCaul, K., Stefanek, M. y Nelson, W. (2006): «A Heuristic Approach to Understanding Cancer Risk Perception: Contributions from Judgment and Decision-Making Research», *Annals of Behavioral Medicine*, 31, 45-42.
- SAGARPA (2022): [en línea] <<http://www.siap.gob.mx/portales-estatales-oeidrus/>>.
- Shefrin, M. H. y Thaler R. H. (1992): «Mental Accounting, Saving, and self-control», en J. Elster y G. Loewenstein (eds.), *Choice Over Time*, Nueva York: Russell Sage Foundation.
- Tobiasura, I. (2015): «El imperativo de la agricultura hoy: cuidar la tierra», *Luna Azul*, 41, 385-396 [en línea] http://200.21.104.25/lunazul/index.php?option=com_content&view=article&id=120>.
- Tversky, A. y Kahneman, D. (1973). Availability: A heuristic for judging frequency and probability, *Cognitive Psychology*, 5, 207-232.
- (1974): «Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases», *Science*, 185 (4157), 1124-1131.
- (1984): «Juicios en situaciones de incertidumbre, heurísticos y sesgos», en M. Carretero y A. G. García Madruga, *Lecturas de psicología del pensamiento*, Madrid: Alianza editorial.

Modelo de Promoción y Transferencia de Conocimiento de Centros Públicos de Investigación mediante Reddit

ELÍAS ALEJANDRO GARCÍA GUTIÉRREZ

Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas (CUCEA)

Universidad de Guadalajara (UdeG), Guadalajara, Jalisco

ORCID: 0000-0003-2016-1699

Resumen

Los Centros Públicos de Investigación (CPI) tienen la necesidad de transferir sus conocimientos bajo restricciones presupuestales y formatos de transferencia desarrollados en un tiempo en el que medios masivos de comunicación fungían como la opción más efectiva. En un presente en el que los medios digitales resultan más atractivos para las nuevas generaciones, se expone el sistema de transferencia de conocimiento de Reddit, así como ejemplos de su impacto social y paralelismos con las necesidades de transferencia de los CPI. Con base en lo anterior, se propone un modelo hipotético en el que los CPI funcionan como publicadores de resultados de innovación científica, mientras que otros centros de investigación, por medio de vinculaciones, y el sector empresarial, en *joint ventures*, aportan a las investigaciones y publican las propias; por su parte, el público interesado puede comentar, votar y premiar las investigaciones que le resulten más relevantes, ofreciendo valiosa retroalimentación.

Palabras Clave: Centros Públicos de Investigación, transferencia de conocimiento, Reddit.

Abstract

Public Research Organizations (PRO) have the need to transfer their knowledge while restrained by budget limitations and transfer formats developed when mass media was the most effective means to achieve it. At a time when digital media is more attractive for new generations, it is presented in this paper the knowledge transfer system used by Reddit, in addition to examples of its past social impacts and parallelisms with the PRO knowledge transfer needs. Based on the above, a hypothetical model is proposed, where PRO function as scientific innovation publishers, while other research organizations, through interorganizational relationships, and the enterprise sector, through joint ventures, contribute to the research and publish their own; for their part, the public can comment, vote and award research that they find more relevant, offering valuable feedback.

Keywords: Public Research Organizations, knowledge transfer, Reddit.

Introducción

Los objetivos de los Centros de Investigación Pública, así como las teorías de Transferencia de Conocimiento, han sido objeto de interés de la Academia desde su concepción. Más adelante se mencionarán investigaciones que relacionan a ambos. Por su parte, la red social Reddit ha cobrado relevancia tanto mediática como académica a partir de cierto evento en 2021. Para explorar la forma en la que Reddit puede auxiliar a los CPI en su tarea de transferencia de conocimiento, resultaría conveniente el comenzar abordando qué es Reddit, qué son los Centros Públicos de Investigación, y la propia transferencia de conocimiento que se trata de conseguir.

Transferencia de conocimiento

En su forma más general, la transferencia del conocimiento es un fenómeno que involucra el cambio en el cumplimiento de una tarea deseada como resultado de la realización previa de una tarea distinta, que es el acto de la transferencia en sí (Gick y Holyoak, 1987). Aunque existen diversas definiciones y conceptualizaciones, la mayoría de premisas alrededor de la transferencia del conocimiento terminan aludiendo a un contacto interpersonal que cambia las acciones mediante innovación (Thompson *et al.*, 2006).

Tradicionalmente, la transferencia del conocimiento se considera gratuita e instantánea. Sin embargo, es laboriosa, demorada y compleja (Szulanski, 2000). A pesar de ello, incrementa la ventaja competitiva en las organizaciones (Argote e Ingram, 2000), y los individuos se ven beneficiados por ella, por lo que vale la pena invertir en su ejecución exitosa.

En general, la transferencia de conocimiento académica y científica se basa en la publicación de resultados de investigación. Sin embargo, históricamente ha existido una brecha entre la teoría y la práctica, entre el desarrollo del conocimiento y su aplicación (Van De Ven y Johnson, 2006), y la diseminación pasiva de conocimien-

to mediante la publicación de artículos motiva el incremento de esa brecha (Thompson *et al.*, 2006).

Se ha demostrado que en el aumento de la motivación y la voluntad en la transferencia del conocimiento influye, más que su diseminación pasiva, la cohesión social, resultado de una relación personal (Reagans y McEvily, 2003). Esta relación personal, o vinculación, es tan relevante, que a niveles interorganizacionales se ha encontrado que el desarrollo de nuevo conocimiento e innovación se lleva a cabo cuando se interconectan los límites de distintos grupos especializados (Carlile, 2004).

Para generar nuevo conocimiento, resulta útil la vinculación entre especialidades, y para difundirlo efectivamente es necesario un contacto interpersonal. Considerando todo lo anterior, la disminución de las barreras que implica la complejidad intrínseca de la transferencia del conocimiento depende del desarrollo de redes y organizaciones que faciliten esta transferencia.

Centros Públicos de Investigación

La ley de Ciencia y Tecnología mexicana define a los Centros Públicos de Investigación (CPI) como «entidades paraestatales que realicen actividades de investigación científica y tecnológica» (2020). Estos centros tienen unos objetivos específicos que se listan de la siguiente manera (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2002)

- Divulgar en la sociedad la ciencia y tecnología.
- Fomentar la tecnología local y adaptarla a la tecnología extranjera.
- Innovar en la generación, desarrollo, asimilación y aplicación del conocimiento de ciencia y tecnología.
- Vincular la ciencia y tecnología en la sociedad y el sector productivo para atender problemas.

- Crear y desarrollar mecanismos e incentivos que propicien la contribución del sector privado en el desarrollo científico y tecnológico.
- Incorporar estudiantes en actividades científicas, tecnológicas y de vinculación para fortalecer su formación.
- Fortalecer la capacidad institucional para la investigación científica, humanística y tecnológica.
- Fomentar y promover la cultura científica, humanística y tecnológica de la sociedad mexicana.

Cabe destacar que, de los 8 objetivos citados anteriormente, siete de ellos consideran la relación y el impacto de los Centros Públicos en la región y sociedad. Considerando que, al ser entidades dependientes del Estado, la sociedad paga por ellos, no resulta extraño que el enfoque de estos centros sea beneficiar las diversas entidades de la región y los diversos niveles de la sociedad mediante la ciencia y tecnología. Por lo dicho, si quisiéramos resumir los objetivos de los CPI, no resultaría muy aventurado el argumentar que su meta clave es el mejorar la sociedad mediante ciencia y tecnología.

Ciertamente, los Centros Públicos de Investigación representan un impacto positivo potencial en la sociedad y el medio ambiente regional, como lo demuestran las investigaciones de promoción del desarrollo sustentable realizadas en centros CONACYT por Hernández Vásquez y Ortega Rubio (2013). Sin embargo, resulta indispensable la transferencia del conocimiento para que las investigaciones impliquen la transformación y progreso de la sociedad (Vázquez González, 2014).

Chesbrough subraya que para que exista innovación no es suficiente que las investigaciones ofrezcan resultados, sino que debe existir también un flujo proactivo de entrada y salida del conocimiento para que las investigaciones se conviertan en innovaciones (2003).

Adicionalmente, la transferencia de conocimiento y tecnología implica un incremento competitivo y productivo de las empresas a las que se les transfiere, expandiendo la economía; mejorando la si-

tuación regional, contribuyendo a la creación de empleo y desarrollo de proyectos en la región; y, al menos potencialmente, allegando recursos a los Centros de Investigación que generan el conocimiento (Guede Cid, 2011).

A pesar de que Guede Cid (2011) afirma que la transferencia de conocimiento es la tercera misión de los CPI y que, en tal sentido, complementa a las actividades de investigación y docencia, la utilidad social de las actividades de investigación resulta cuestionable si esos conocimientos quedan resguardados en los mismos centros; eso implicaría que la inversión que realizó la sociedad no brindó frutos. Quizá en un orden cronológico la transferencia de conocimiento resulte la tercera en la lista de las misiones de los CPI, pero es sin duda la razón principal de su existencia y debería ser considerada el objetivo prioritario de los mismos.

Resulta notorio que, ante la reconocida importancia que representa la transferencia de los conocimientos científicos desarrollados por los CPI tanto a nivel lógico como legal, la diferencia de los avances científicos que se realizan en el laboratorio y lo que realmente llega al público continúa siendo considerable (López Pérez, 2015).

Tradicionalmente, ha existido una brecha entre los Centros Públicos y la sociedad, ya que, además de la complejidad natural del proceso de transferencia de conocimiento, el nivel de abstracción del lenguaje y los resultados científicos es un reto para los medios masivos de información. Sin embargo, la capacidad de la sociedad en general para procesar conceptos abstractos ha ido en aumento (Flynn, 2007), y los medios masivos de información le han legado su hegemonía a la internet, un canal que permite la distribución de contenidos de carácter más especializado a públicos interesados específicos.

Internet ha demostrado ser un buen instrumento para la promoción científica; de hecho, existe una relación entre la penetración de la herramienta digital y la divulgación de la ciencia (López Pérez, 2015). Sin embargo, los Centros Públicos de Investigación no han aprovechado al máximo la Internet como medio de difusión científica (López Pérez, 2015).

Reddit

Reddit es un foro popular de Internet que cuenta con más de 330 millones de usuarios activos mensualmente (Amaya *et al.*, 2019). Esta red social es considerada el foro más importante de Internet (Medvedev *et al.*, 2019), y es incluso apodada la «Página frontal, o portada, de Internet» (Anderson, 2015; Amaya *et al.*, 2019; y Baumgartner *et al.*, 2020).

¿De dónde nace esta aparente importancia de un foro, o red social, que carece de la popularidad de otras redes como Facebook, Instagram, Twitter o TikTok (Statista, 2022)?

La respuesta estriba en su impacto en el resto de comunidades de Internet, y la sociedad en general. Pero antes de comprender la relación entre esta red y la sociedad, es importante explorar cómo funciona Reddit.

Reddit es, tomando la definición más amplia de la palabra, un foro que está dividido en foros individuales y especializados, «subreddits» o simplemente «subs». Por ejemplo, el subreddit para contenido musical (uno de los más populares) es r/Music, mientras que un sub aún más específico para el grupo musical Metallica es r/Metallica. Cualquier usuario puede crear un subreddit nuevo, siempre que el nombre no haya sido tomado para un sub ya existente, y designar moderadores que elaboran y hacen cumplir reglas específicas para su subreddit.

Para organizar y priorizar su contenido, Reddit cuenta con un sistema de votación llamado «karma», en el que todos los usuarios pueden votar a favor o en contra de una publicación, lo que modifica su nivel de importancia o prioridad para el sistema, volviendo más simple, si tiene una buena cantidad de karma, o complejo, si tiene el karma en números negativos, su descubrimiento y acceso por parte de nuevos lectores. De esta forma, Reddit intenta filtrar el contenido de acuerdo con su calidad, utilizando un método democrático. Cabe destacar que este sistema de karma no se aplica únicamente a las publicaciones, sino también a los comentarios realizados en cada publi-

cación, por lo que los comentarios más relevantes también recibirán prioridad, mientras que los no relevantes resultarán filtrados.

Por otra parte, los usuarios pueden elegir ignorar el sistema kármico y revisar las publicaciones en su orden de entrada, o inclusive filtrarlas para leer las más controversiales. Sin embargo, evidencias empíricas y estadísticas indican que un nivel positivo de karma está directamente relacionado con la tracción que obtiene los contenidos (Hartzell *et al.*, 2021).

Adicionalmente, los reditors («editores» o creadores de contenido en Reddit) pueden asignar premios tanto a publicaciones como comentarios, que incrementan considerablemente la prioridad de los contenidos. La cantidad de premios que los usuarios pueden asignar están limitados por el tiempo y el dinero, por lo que los usuarios deben ser estratégicos a la hora de asignarlos.

Cabe destacar que precisamente estos premios, junto con la venta de avatares personalizados y publicación de anuncios, son el método principal de monetización de Reddit, ya que si los usuarios gustan entregar más premios a sus publicaciones favoritas, deben pagar una pequeña cuota mensual. Este método de monetización es contrastante al de la mayoría de redes sociales, que se dedican a vender información de sus usuarios en forma de estadísticas demográficas y segmentación de mercado.

Hartzell *et al.* (2021) destacan que todos estos procesos le confieren credibilidad a Reddit (2021). Y es probablemente esta credibilidad la que hace de Reddit el portal ideal para ser citado por otras comunidades en Internet.

Uno de los modelos de contenidos específico de Reddit que lo volvió relevante para los medios masivos son sus AMA (*Ask Me Anything*, ó, Pregúntame lo que Sea), siendo notable un AMA que tuvo el entonces presidente Barak Obama en 2012 (Anderson, 2015). Durante un AMA, una figura pública o reditor con información atractiva que compartir se presenta en Reddit, comúnmente acompañado de credenciales (o una fotografía anunciando el AMA en caso de que sea una figura especialmente conocida) que lo identifiquen, y co-

mienza una actividad de tiempo limitado de preguntas y respuestas. Este modelo permite obtener información que al público le podría parecer relevante, y que los medios tradicionales podrían haber pasado por alto durante entrevistas.

Estas características de Reddit permiten que sus usuarios accedan con el fin de obtención de información y como medio de socialización y desarrollo de comunidad; adicionalmente, acceden para obtener estatus y entretenimiento (Moore y Chuang, 2017).

Reddit ha sido utilizado por académicos e investigadores principalmente como un medio de obtención de información acerca de poblaciones de tamaño considerable (Jamnik y Lane, 2017; Amaya *et al.*, 2019; Medvedev *et al.*, 2019; Baumgartner *et al.*, 2020; y Profesores *et al.*, 2021). Sin embargo, los Centros Públicos de Investigación pueden utilizar su poder de viralización de información para mucho más que esto.

Problemática

Dada su naturaleza, los Centros Públicos de Investigación se ven sujetos a limitaciones presupuestales, limitaciones económicas que a su vez reducen la magnitud del impacto social que estos centros pueden llegar a tener.

Por otra parte, los Centros Públicos de Investigación requieren de una transferencia de conocimiento de las investigaciones que generen. De lo contrario, el valor de dichas investigaciones no llegaría a ser percibido por el resto de la sociedad.

Esta transferencia de información representa un gran reto, reto que podría ser facilitado por la implementación de instrumentos digitales. Sin embargo, considerando los esfuerzos que ha realizado, por ejemplo el CONACYT, para cumplir los objetivos de comunicación pública (Vázquez González, 2014), resulta notable el desaprovechamiento de la Internet como herramienta para la divulgación de ciencia y tecnología.

¿Qué pueden hacer los Centros Públicos de Investigación para satisfacer sus objetivos de divulgación científica hacia la sociedad de una forma más eficaz y dentro de sus límites presupuestales?

Desarrollo de la propuesta

Transferencia de Conocimiento de los Centros Públicos de Investigación

Para satisfacer su misión de transferencia de conocimiento, los CPI cuentan con oficinas de transferencia de tecnología, conocimiento y resultados de investigación (Guede Cid, 2011; Mejía Trejo y Aguilar Navarro, 2019).

Considerando los Indicadores Clave de Desempeño de los CPI, y los objetivos de las Oficinas de Transferencia de Tecnología y Conocimiento (Guede Cid, 2011; Mejía-Trejo y Aguilar-Navarro, 2019), pueden destacarse 3 elementos indispensables para la transferencia de conocimiento:

1. Obtención de recursos: lo que permite a los CPI continuar con sus proyectos de investigación.
2. Vinculación de proyectos: Lo que permite a los CPI colaborar entre ellos, así como con otros centros de investigación, mejorando la calidad de los estudios y disminuyendo la posibilidad de redundancia.
3. Difusión: lo que permite que los resultados de las investigaciones de los CPIs se vuelvan innovación, y representen un impacto social positivo.

Una herramienta que permitiera la difusión masiva de los resultados de las investigaciones, la vinculación con otros centros de investigación y grupos de interés, así como la promoción de propuestas de investigación que atrajeran la atención del sector privado, y los recursos potenciales que las relaciones con el sector privado representan, y que sobre esto fuera una herramienta gratuita, resultaría ideal

para los objetivos de transferencia de conocimiento y tecnología de los Centros Públicos de Investigación.

Las características de Reddit expuestas en la sección introductoria de este artículo hacen de esta red un referente en Internet, circunstancia que satisface la necesidad de difusión de los CPIs; por otra parte, el formato de foro propicia la interacción entre distintos sujetos, lo que en un subreddit especializado en la investigación científica implicaría diversos académicos, Centros de Investigación, e investigadores y usuarios del sector empresarial, lo que satisface los objetivos de vinculación de proyectos y aumenta la posibilidad de obtención de recursos por servicios al sector empresarial. Pareciera, que a un nivel potencial, Reddit podría ser una herramienta idónea para los CPIs.

Sin embargo, hasta el momento se ha argumentado con base al efecto potencial de Reddit como herramienta de transferencia y difusión de conocimiento con impacto social. ¿Pero cuál ha sido el historial de la red social en este tipo de condiciones?

Impacto Social de Reddit

Los contenidos generados en Reddit se vuelven virales en el resto de Internet (Anderson, 2015). Sin embargo, han llegado a tener un impacto más profundo en el resto del mundo, más allá de los medios digitales.

En enero de 2021, fondos de cobertura de Wallstreet vendieron en posición corta acciones de la empresa GameStop. Los detalles de estas operaciones financieras quedan fuera de los objetivos del presente estudio, pero basta mencionar que era un movimiento estándar para las acciones de una compañía con finanzas poco prometedoras, como era el caso de GameStop. Sin embargo, miembros del subreddit r/wallstreetbets, en parte para ganar dinero y en parte como una estrategia de «democratización de las finanzas», realizaron un movimiento opuesto, aumentando el valor de las acciones de GameStop,

ocasionándole pérdidas millonarias a los fondos de cobertura de Wallstreet (Di Muzio, 2021; Grady, 2021).

Esta movilización en Reddit con impactos en gigantes de la economía mundial llamó la atención de los medios masivos de comunicación, y el público en general, hacia el poder de influencia que podía generar la red social (Glassman y Kuznetcova, 2022), un impacto que, después de investigaciones académicas al respecto, resultó que era predecible (Anand y Pathak, 2021; y Padalkar, 2021) si Wallstreet y el resto del público y medios le hubieran prestado la suficiente atención a lo que estaba ocurriendo en «la página frontal de Internet».

Este ha sido quizá el caso más divulgado y radical del impacto de Reddit en un sector de la sociedad fuera del mundo digital. Sin embargo, Reddit ha demostrado efectos en la defensa de derechos de libre expresión y neutralidad de red, comenzando movilizaciones sociales que tuvieron influencia en el resto de comunidades de Internet (Anderson, 2015), permeando hacia el público en general con tal impacto que determinadas leyes que suprimen la neutralidad de red no han podido ser implementadas, a pesar de la presión de grupos políticos.

Sin embargo, cuando la opinión de Reddit no ha resultado unificada, antes que apoyar, la red social ha limitado el desarrollo de movimientos ideológicos (Buyukozturk, 2018). Esto se debe quizá a la democratización de los contenidos, lo que garantiza relevancia exclusivamente de las publicaciones que son endosadas por una mayoría.

Lo anterior implica que resultados de investigaciones que resulten controvertidas, sobre todo en temáticas de Humanidades y Ciencias Sociales, no tendrían la misma oportunidad de distribución que las investigaciones que sigan las líneas popularmente aceptadas por el público y la academia.

Otra ventaja de Reddit vinculada a su impacto social es que tanto sus políticas generales, como las reglas de cada subreddit, han impedido la proliferación de discursos de odio, práctica que se esperaría en este tipo de foros abiertos (Medvedev *et al.*, 2019).

Adicionalmente, Staudt Willet y Carpenter (2020) muestran que ya existen diversos subreddits de transferencia de conocimiento educativo, con miles de suscriptores e interacciones.

Relación entre las interacciones de Reddit y las requeridas por los CPI

La estructura actual de Reddit —con base en karma— fomenta que un número pequeño de redditors tengan influencia cuyo resultado son los cambios sociales (Anand y Pathak, 2021). Estos redditors son un pequeño número especialmente comprometido con la red de comunicación de su subreddit (Lucchini *et al.*, 2022).

Lo anterior implica que Reddit no es precisamente un medio de comunicación multilateral equitativo, como algunos podrían esperar de un foro abierto de temas varios, sino una red en la que un número limitado de participantes son los emisores de la información, mientras que la mayoría fungen como receptores y evaluadores de ella. Buntain y Golbeck (2014) destacan que los redditors promedio se delimitan en ciertos roles y se desenvuelven en subreddits específicos.

Haciendo paralelismos con los investigadores como los generadores de la ciencia y tecnología, y el resto de la sociedad como receptores y usuarios, los CPI podrían entrar en el sistema de Reddit ya establecido como publicadores de contenido, esperando que la sociedad receptora de ciencia reciba y comente su información.

Las investigaciones realizada por los CPI podrían ser consideradas demasiado complejas para el público en general. Sin embargo, como se ha señalado anteriormente, el público cada vez está más preparado para procesar información con altos niveles de abstracción (Flynn, 2007). Progresivamente, además, los ciudadanos desean participar en las decisiones en materia de ciencia y tecnología (López Pérez, 2015).

La Internet, en la que se desenvuelve Reddit, resulta idónea para acercar la ciencia a los «nativos digitales» (López Pérez y Olvera Lo-

bo, 2015). Inclusive, Glassman y Kuznetcova (2022) destacan incluso resaltan, en el caso de GameStop, la posición de Reddit como parte de los medios nuevos *open source* contra las posiciones de validez histórica de los medios del pasado (2022).

Modelo propuesto

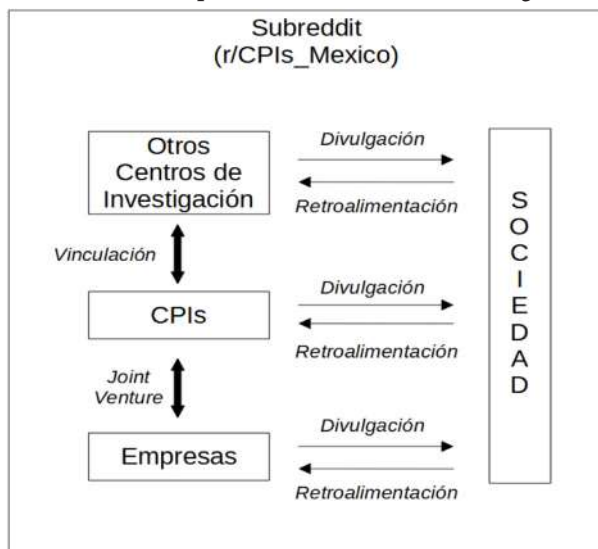
Considerando los requerimientos y objetivos de los Centros Públicos de Investigación, así como las características de la red social Reddit, se propone la creación de un subreddit para los CPI («r/CPIs_Mexico», por ejemplo).

Mediante este subreddit, se motivará la publicación de resultados y avances de las investigaciones de los Centros Públicos de Investigación, y se invitará a otros centros de investigación, así como al sector privado, a que comenten las investigaciones de los CPI y a que en algún momento publiquen sus propios avances y resultados, así como pruebas piloto u otros materiales de investigación, ya sea en el mismo subreddit de los CPI, subs propios o ambos.

Estas interacciones fomentarán la vinculación de esfuerzos entre distintos centros de investigación, así como el desarrollo de *joint ventures* entre los CPIs y el sector empresarial; éstos últimos permitiendo la entrada de nuevos recursos para los Centros Públicos.

Por último, se invitará al público en general a que participe de estas discusiones, comentando, votando, y premiando las investigaciones que resulten de su preferencia. De esta forma, los CPI concretan su objetivo de difusión científica, además de recibir valiosa retroalimentación por parte de la sociedad. La Figura 1 muestra un modelo hipotético con los distintos actores y sus interacciones

Figura 1. Modelo hipotético de promoción y transferencia de conocimiento mediante Reddit para Centros Públicos de Investigación



Fuente: García Gutiérrez (2022)

Metodología

Con base en el análisis de la literatura referente a los Centros Públicos de Investigación hispanos y su transferencia de tecnología, así como información de la mecánica de funcionamiento de Reddit y sus mayores impactos sociales a través de los años, se elaboró un modelo hipotético de promoción y transferencia de conocimiento a través de la red social, resaltando las interacciones entre los Centros Públicos de Investigación y el resto de grupos de interés participantes de su promoción y resultados.

Resultados previstos

Incremento de la sinergia entre Centros Públicos de Investigación: Un foro en el que distintos Centros de Investigación Científica

sean capaces de compartir los avances y resultados de sus investigaciones permitiría incrementar el trabajo en equipo, el mejor aprovechamiento de los recursos limitados y la combinación de *expertise* de diversos centros de investigación y empresariales, mejorando la generación de conocimiento e innovación (Carlile, 2004) y reduciendo la redundancia en las investigaciones.

Retroalimentación social: Aunque la realización de investigaciones en un estado de aislamiento del resto de la sociedad puede brindar resultados de validez científica considerable, corre el peligro de generar conocimiento que no sea relevante para la sociedad que indirectamente está pagando por ellos (considerando que son los impuestos de la sociedad los que permiten que exista el presupuesto para que operen los Centros Públicos de Investigación).

Si los Centros Públicos de Investigación se mantienen en contacto con la sociedad y el resto de los grupos de interés, si los mantienen actualizados de sus actividades, la sociedad puede expresar sus opiniones sobre esas actividades, la perspectiva y usos potenciales que encuentra en ellos. Esta aproximación entre generador de conocimiento y usuario disminuiría la brecha entre teoría y práctica (Thompson *et al.*, 2006).

Democratización de los objetivos científicos: Uno de los grandes triunfos de Reddit es la democratización de contenidos a través del sistema que le permite votar por cada publicación y comentario, aumentando su relevancia.

Utilizando este mismo sistema, los investigadores de los Centros Públicos de Investigación podrían conocer de una forma simple y transparente las investigaciones que le resultan más relevantes a la sociedad y resto de grupos de interés. La propia sociedad podría aprobar o desaprobado las investigaciones que le resultan trascendentes de una forma más democrática. Además, con el sistema de Reddit, los investigadores podrían conocer cuándo sus investigaciones generan interés, pero un interés de carácter controversial.

Viralización de resultados: Una de las principales características de Reddit es la viralización de sus contenidos (Anderson, 2015), ya que los contenidos de especial relevancia son vistos incluso por integrantes de otros subreddits, y su impacto social llega a ser tal que permea al resto de la Internet, y aun hacia la sociedad *mainstream*. Este poder de impacto potencial aplicado a la ciencia permitiría que los resultados de los Centros Públicos de Investigación llegaran más allá de los medios de divulgación científica tradicionales.

Ese impacto beneficiaría directamente a la sociedad, que podría aplicar ese conocimiento de una forma inmediata. Sin embargo, también beneficiaría a los propios Centros Públicos de Investigación, llamando la atención de otros investigadores que apoyen sus esfuerzos. Adicionalmente, es posible que también atraiga la atención del sector privado, que pudiera estar interesado en apoyar económicamente el continuo desarrollo de esos conocimientos.

Interés del sector empresarial: Un proceso de promoción que trascienda más los medios de divulgación científica tradicionales llegaría con mayor facilidad al sector empresarial, que podría encontrar un uso comercial a esas investigaciones, aportando fondos y haciéndolas llegar a la sociedad por canales distintos.

El aumento de fondos allegados a los Centros Públicos de Investigación les permitiría llevar a cabo un mayor número de investigaciones y contar con un mayor número de investigadores capacitados. En su momento, esas investigaciones serían divulgadas y valoradas por la sociedad y otros grupo de interés, de modo que continuaría el círculo virtuoso de investigación y divulgación social de la ciencia.

Discusión

La presente propuesta de modelo aporta el desarrollo de métodos y conceptos que pueden tener relevancia tanto teórica como práctica, así como algunas observaciones que vale la pena recalcar.

Aportación Teórica

Es importante que investigadores y académicos reconozcan el impacto de Internet y las redes sociales como Reddit en la discusión académica y la sociedad. La presente investigación expone diversos ejemplos en los que movimientos que comenzaron en Internet llegaron a tener un impacto importante fuera de ella, así como las funcionalidades de plataformas en Internet que ocasionaron esos efectos.

Existe poca investigación sobre el potencial de transferencia de conocimiento académico de Reddit (Staudt Willet y Carpenter, 2020). Esta investigación expone la existencia tanto de comunidades especializadas en todo tipo de temas que pueden aportar a los investigadores valiosas fuentes de información y retroalimentación como de comunidades educativas y académicas que ya han puesto a prueba el valor potencial de Reddit en la transferencia de conocimiento científico.

Aportación Práctica

La aportación práctica de Reddit puede sintetizarse del siguiente modo: reducción de costos, facilitación de redes de transferencia de conocimiento y un alcance más cercano a los grupos de interés de las investigaciones e incremento del impacto social de dichas investigaciones.

Sin embargo, es importante considerar que no se recomienda que Reddit sea el único método de difusión científica, ya que Reddit cuenta con limitaciones para difusión de sus contenidos hacia el público que habita fuera de esta red, sobre todo cuando se trata de contenidos complejos que requieren ser simplificados para un consumo masivo (Mitchell y Lim, 2018).

Por otra parte, diferentes subreddits de transferencia de conocimiento actuales han demostrado una marcada heterogeneidad en cuanto a la naturaleza de sus interacciones (Staudt Willet y Carpenter, 2020), por lo que una estrategia de divulgación de conocimiento

mal planeada o ejecutada puede limitar la generación de resultados satisfactorios esperados.

Aunque este trabajo está basado en literatura científica y casos de éxito reales que presentan paralelismos con la implementación potencial de un subreddit de Centros Públicos de Investigación, queda meramente a un nivel de modelo hipotético. Por otra parte, considerando otros casos en los que Reddit no ha permitido la divulgación de contenidos o lo ha conseguido de formas distintas a las planeadas, no se conocerá el éxito de este modelo hipotético hasta que no se haya implementado.

Sin embargo, Reddit es una plataforma gratuita con pocas barreras de entrada; además, muchos de los resultados de las investigaciones de los CPI se conservan en formatos digitales; los costos de una implementación de este modelo, o por lo menos de algunas pruebas iniciales, serían mínimos en contraste con los beneficios potenciales que una implementación exitosa pudiera generar.

Conclusiones

Desde una perspectiva epistemológica, la ciencia por la ciencia misma quizá nos ayude a los seres humanos como especie a aproximarnos cada vez más a la realidad; sin embargo, para que la ciencia llegue a tener un impacto directo en la sociedad, no puede quedarse en los laboratorios y tiene que llegar a la sociedad.

Esta obligación es aún mayor para los Centros Públicos de Investigación, que existen gracias a la sociedad. Mediante el pago de impuestos, la sociedad permite que ellos operen y espera que esa inversión le rinda frutos.

Por lo dicho, los Centros Públicos de Investigación no pueden limitar su promoción a medios de divulgación científica tradicionales, que suelen ser consumidos exclusivamente por otros investigadores y cuyos resultados tardan años en llegar a la sociedad y otros grupos de interés (si es que algún día llegan). El uso de medios que brotan de la sociedad y han sido validados por ella misma, como las redes so-

ciales, le permitiría a las investigaciones de los CPI llegar más rápido a todos los interesados, incrementando la velocidad y profundidad de su impacto en la sociedad.

Además, el uso de estas redes sociales les permitiría a los CPI tener una relación más cercana entre ellos y con otros centros de investigación científica; la compartición de avances y resultados de forma sinérgica incrementaría la validez y eficiencia de las investigaciones, y al mismo tiempo disminuiría sus costos; por otra parte, la participación del sector empresarial en estos foros científicos permitiría a los Centros Públicos de Investigación obtener otras fuentes de ingresos y canales adicionales de impacto social.

Sin embargo, el previsible impacto más radical sería la democratización de la ciencia mediante el uso de una herramienta que ha probado la «democratización de contenidos». A través del uso de un sistema que permite calificar la relevancia y controversialidad de las investigaciones, el público interesado tendría un mayor control sobre la ciencia, participaría en ella y, de una forma más directa y natural, la haría suya.

Bibliografía

- Amaya, A., Bach, R., Keusch, F. y Kreuter, F. (2019): «New Data Sources in Social Science Research: Things to Know Before Working with Reddit Data», *Social Science Computer Review*, 39(5), 943-960 [en línea] <doi:10.1177/0894439319893305>.
- Anand, A. y Pathak, J. (2021): «The Role of Reddit in the GameStop Short Squeeze», *IIM Bangalore Research Paper*, WP No. 644 [en línea] <doi:10.2139/ssrn.3873099>.
- Anderson, K. E. (2015): «Ask me anything: what is Reddit?», *Library Hi Tech News*, 32(5), 8-11 [en línea] <doi:10.1108/lhtn-03-2015-0018>.
- Argote, L. y Ingram, P. (2000): «Knowledge Transfer: A Basis for Competitive Advantage in Firms», *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 82(1), 150-169 [en línea] <doi:10.1006/obhd.2000.2893>.
- Baumgartner, J., Zannettou, S., Keegan, B., Squire, M. y Blackburn, J. (2020): «The Pushshift Reddit Dataset», *Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media*, 14(1), 830-839 [en línea] <https://ojs.aaai.org/index.php/ICWSM/article/view/7347>.

- Buntain, C. y Golbeck, J. (2014): «Identifying social roles in reddit using network structure», *Proceedings of the 23rd International Conference on World Wide Web - WWW '14 Companion* [en línea] <doi:10.1145/2567948.2579231>.
- Buyukozturk, B., Gaulden, S. y Dowd-Arrow, B. (2018): «Contestation on Reddit, Gamergate, and movement barriers», *Social Movement Studies*, 17(5), 592-609 [en línea] doi:10.1080/14742837.2018.1483227
- Carlile, P. R. (2004): «Transferring, Translating, and Transforming: An Integrative Framework for Managing Knowledge Across Boundaries», *Organization Science*, 15(5), 555-568 [en línea] <doi:10.1287/orsc.1040.0094>.
- Chesbrough, H. W. (2003): «The era of open innovation», *MIT Sloan Management Review*, 44(3), 35-41.
- Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (2020): Ley de Ciencia y Tecnología, México: *Diario Oficial de la Federación*.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2002): Programa Especial de Ciencia y Tecnología, México: *Diario Oficial de la Federación*.
- Di Muzio, T. (2021): «GameStop Capitalism. Wall Street vs. The Reddit Rally (Part I)» *The Bichler and Nitzan Archives*, Toronto [en línea] <http://bnarchives.yorku.ca/673/>.
- Flynn, J. R. (2007): *What is intelligence? Beyond the Flynn effect*, Cambridge: Cambridge University Press [en línea] <https://doi.org/10.1017/CBO9780511605253>.
- Fuentes Esparrell, J. A., Ortega Carrillo, J. A. y Lorenzo Delgado, M. (2005): «Tecnofobia como déficit formativo: investigando la integración curricular de las TIC en centros públicos de ámbito rural y urbano», *Educación*, 36, 169-180 [en línea] <doi:10.5565/rev/educar.203>.
- Gick, M. L. y Holyoak, K. J. (1987): «The Cognitive Basis of Knowledge Transfer», *Transfer of Learning*, 9-46 [en línea] <doi:10.1016/b978-0-12-188950-0.50008-4>.
- Glassman, M. y Kuznetcova, I. (2022): «The GameStop saga: Reddit communities and the emerging conflict between new and old media» *First Monday*, 27(7) [en línea] <https://doi.org/10.5210/fm.v27i7.11766>.
- Grady, R. (2021): «How a Reddit community can have an impact: A close look at r/WallStreetBets (research essay)», *Understanding Literacy in our Lives* [en línea] <https://pressbooks.ulib.csuohio.edu/>.
- Guede Cid, M. R. (2011): *La eficiencia de los centros públicos de investigación en el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología* [Disertación doctoral, Universidad Rey Juan Carlos]. [en línea] <http://hdl.handle.net/10115/11651>.

- Hatzell, A., Jackson, B. y Pinchot, J. (2021): «Source credibility in social media: A case study of a reddit community», *Issues in Information Systems*, 22(3), 212-223 [en línea] <doi:10.48009/3_iis_2021_230-241>.
- Hernández-Vázquez, S. y Ortega-Rubio, A. (2013): «La gestión ambiental de un centro de investigaciones del Sistema de Centros Públicos del CONACYT y su impacto en la sociedad: avances y perspectivas», *Sociedad y Ambiente*, 1(1), 77-95 [en línea] <<https://www.redalyc.org/>>.
- Jamnik, M. R. y Lane, D. J. (2017): «The Use of Reddit as an Inexpensive Source for High-Quality Data. Practical Assessment», *Research, and Evaluation*, 22(5), 1-10 [en línea] <doi:10.7275/j18t-c009>.
- López Pérez, L. (2015): *Comunicación de la ciencia 2.0 en España: El papel de los centros públicos de investigación y de la ediciones digitales de los periódicos de mayor audiencia* [Disertación doctoral, Universidad de Granada] [en línea] <<https://dialnet.unirioja.es/>>.
- López Pérez, L. y Olvera-Lobo, M. D. (2015): «Comunicación de la ciencia 2.0 en España: el papel de los centros públicos de investigación y de medios digitales», *Revista Mediterránea de Comunicación*, 6(2), 1-15 [en línea] <doi:10.14198/MEDCOM2015.6.2.08>.
- Lucchini, L., Aiello, L. M., Alessandretti, L., De Francisci Morales, G., Starnini, M. y Baronchelli, A. (2022): «From Reddit to Wall Street: the role of committed minorities in financial collective action», *Royal Society Open Source*, 9(4) [en línea] <1-12. doi:10.1098/rsos.211488>.
- Medvedev, A. N., Lambiotte, R. y Delvenne, J.-C. (2019): «The Anatomy of Reddit: An Overview of Academic Research», *Springer Proceedings in Complexity*, 183-204 [en línea] <doi:10.1007/978-3-030-14683-2_9>.
- Mejía Trejo, J. y Aguilar Navarro, C. (2019): «A Proposed Conceptual Model Relating Knowledge Management and Management of Innovation in a Public Research Organization as a Booster of Competitiveness in Mexico», *Competition Forum; Indiana*, 17(1), 60-78.
- Mitchell, S. S. D. y Lim, M. (2018): «Too crowded for crowdsourced journalism: Reddit, portability, and citizen participation in the Syrian crisis», *Canadian Journal of Communication*, 43, 399-419 [en línea] <doi:10.22230/cjc.2018v43n3a3377>.
- Moore, C. y Chuang, L. (2017): «Redditors Revealed: Motivational Factors of the Reddit Community», *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences*, 2313-2322. [en línea] <<http://hdl.handle.net/10125/41434>>.
- Padalkar, N. R. (2021): «“Stonks to the Moon”: Evidence from Reddit posts and Corresponding Market Manipulation», *AMCIS 2021 Proceedings*, 4 [en línea] https://aisel.aisnet.org/amcis2021/social_computing/social_computing/4

- Proferes, N., Jones, N., Gilbert, S., Fiesler, C., & Zimmer, M. (2021): «Studying Reddit: A Systematic Overview of Disciplines, Approaches, Methods, and Ethics», *Social Media + Society*, 7(2), 205630512110190 [en línea] <doi:10.1177/20563051211019004>.
- Reagans, R. y McEvily, B. (2003): «Network Structure and Knowledge Transfer: The Effects of Cohesion and Range», *Administrative Science Quarterly*, 48(2), 240 [en línea] <doi:10.2307/3556658>.
- Roozenbeek, J. y Salvador Palau, A. (2017): «I Read It on Reddit: Exploring the Role of Online Communities in the 2016 US Elections News Cycle», *Social Informatics*, 192-220 [en línea] <doi:10.1007/978-3-319-67256-4_16>.
- Staudt Willet, K. B. y Carpenter, J. P. (2020): «Teachers on Reddit? Exploring contributions and interactions in four teaching-related subreddits», *Journal of Research on Technology in Education*, 52(2), 216-233 [en línea] <doi:10.1080/15391523.2020.1722978>.
- Statista (2022): «Most popular social networks worldwide as of January 2022, ranked by number of monthly active users», *Social Media & User-Generated Content* [en línea] <statista.com>.
- Thompson, G. N., Estabrooks, C. A., & Degner, L. F. (2006): «Clarifying the concepts in knowledge transfer: a literature review», *Journal of Advanced Nursing*, 53(6), 691701 [en línea] <doi:10.1111/j.1365-2648.2006.03775.x>.
- Szulanski, G. (2000): «The Process of Knowledge Transfer: A Diachronic Analysis of Stickiness», *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 82(1), 9-27 [en línea] <doi:10.1006/obhd.2000.2884>.
- Van De Ven, A. H. y Johnson, P. E. (2006): «Knowledge for Theory and Practice. *Academy of Management Review*, 31(4), 802-821 [en línea] <doi:10.5465/amr.2006.22527385>.
- Vázquez González, E. R. (2014): «La relación entre la divulgación y la transferencia del conocimiento y de la tecnología en Centros Públicos de Investigación del CONACYT en México», *Derecom*, 17, 73-86.

