

Capítulo 5. Prospectiva para la ciencia, tecnología e innovación del estado de Chihuahua

CÉSAR MODESTO ACOSTA¹

ROSA HERRERA AGUILERA²

JOSÉ MANUEL RODRÍGUEZ VILLA³



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.388.05>

Resumen

Este capítulo analiza los desafíos y oportunidades del ecosistema de ciencia, tecnología e innovación (CTI) en el estado de Chihuahua hacia el horizonte 2030. A partir de un enfoque prospectivo y documental, se examinan las condiciones estructurales del sistema regional de innovación y se proponen estrategias para transitar de un modelo manufacturero dependiente hacia uno basado en conocimiento endógeno, sostenibilidad y valor tecnológico propio. Se revisan factores como la gobernanza de la innovación, el fortalecimiento del capital humano, la digitalización industrial, la innovación abierta y la internacionalización de las capacidades científicas. La propuesta incorpora referencias a marcos internacionales como la LGMHCTI, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y las recomendaciones de la OCDE y la UNESCO. El capítulo concluye con una hoja de ruta 2025-2030 que plantea cinco ejes estratégicos para consolidar a Chihuahua como referente nacional en innovación tecnológica, transferencia de conocimiento y sostenibilidad industrial. De acuerdo con ello Chihuahua puede consolidarse como

¹ Doctor en Administración Pública. Docente-investigador en Tecnológico Nacional de México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6146-3426>; Scopus: 55319880000; correo electrónico: cesar.ma@chihuahua.tecnm.mx

² Doctora en Educación. Docente-investigadora en Tecnológico Nacional de México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7375-2973>

³ Doctorante en Administración y Gestión Tecnológica por la Universidad Autónoma de Coahuila, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0936-5228>

referente nacional en innovación aplicada y transferencia tecnológica, impulsando una economía competitiva, sostenible e inclusiva basada en ciencia y desarrollo tecnológico.

Palabras clave: *innovación regional, cadenas de valor, competitividad tecnológica.*

Introducción

El desarrollo científico y tecnológico constituye uno de los pilares más determinantes del crecimiento económico y social de las regiones. En el caso del estado de Chihuahua, su posición geoestratégica en el norte de México, junto con su fuerte base manufacturera, lo ubican como un actor clave en la nueva configuración productiva de América del Norte impulsada por el fenómeno del *nearshoring*. No obstante, el principal desafío no reside en mantener su liderazgo industrial, sino en transformarlo mediante un modelo de innovación endógena que permita generar conocimiento propio, fortalecer la complejidad económica y promover una economía basada en la sostenibilidad.

El presente capítulo tiene como propósito ofrecer una prospectiva integral de la ciencia, tecnología e innovación (CTI) de Chihuahua hacia 2030, integrando evidencia científica reciente y marcos normativos nacionales e internacionales. Se busca responder a la pregunta: ¿cómo puede Chihuahua transitar hacia un modelo de innovación tecnológica sostenible y competitivo, articulando el conocimiento local con la agenda global de desarrollo.

Metodológicamente, se adopta un enfoque documental y prospectivo, sustentado en la revisión de literatura académica indexada en Scopus, Web of Science y RedALyC, desarrollando una comparación de políticas de innovación en regiones con condiciones similares. El análisis se organiza en cinco dimensiones estratégicas: gobernanza del conocimiento, capital humano, digitalización y sostenibilidad, innovación abierta y transferencia tecnológica, y medición del impacto e internacionalización.

Este marco permite proponer una hoja de ruta estructurada que vincula la política científica regional con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

(ODS 4, 5, 9 y 13), la Ley General en Materia de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación (LGMHCTI) y las recomendaciones internacionales de la OECD (2023) y el Global Education Monitoring Report Team (2023).

Metodología

El presente capítulo se desarrolló mediante un enfoque documental, comparativo y prospectivo, sustentado en el análisis de fuentes científicas y normativas relacionadas con la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) en México y en regiones industriales con dinámicas similares. Se efectuó una revisión sistemática de literatura publicada entre 2018 y 2025 en bases de datos académicas de Scopus, Web of Science, RedALyC y ScienceDirect, priorizando artículos con DOI activos y pertinencia para el contexto mexicano.

La estrategia de búsqueda incluyó términos clave como *innovation governance*, *regional innovation systems*, *nearshoring Mexico*, *open innovation SMEs* y *technology transfer in Latin America*. Se seleccionaron fuentes entre artículos arbitrados, informes de organismos internacionales (OCDE, UNESCO, CONACYT) y documentos de política pública.

El análisis se realizó bajo un enfoque prospectivo de planeación estratégica, combinando la identificación de tendencias globales de innovación con el diagnóstico de capacidades regionales en Chihuahua. Para la interpretación se aplicó un marco teórico basado en los modelos de la triple y cuádruple hélice (Carayannis y Campbell, 2010; Etzkowitz y Leydesdorff, 2000), la teoría de capacidades dinámicas (Teece, 2018) y el enfoque de complejidad económica (Hausmann et al., 2011). Los resultados se organizaron en cinco dimensiones estratégicas:

- Gobernanza del conocimiento
- Capital humano y formación avanzada
- Digitalización y sostenibilidad
- Innovación abierta y transferencia tecnológica
- Medición del impacto e internacionalización

El diseño metodológico permitió articular la evidencia empírica y conceptual para construir una hoja de ruta 2025-2030 orientada al fortalecimiento del sistema estatal de innovación de Chihuahua, alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 4, 5, 9 y 13) y la Ley General en Materia de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación (LGMHCTI).

Profundización teórica y comparada

El fortalecimiento del sistema regional de innovación de Chihuahua requiere apoyarse en una base conceptual sólida que permita comprender cómo se generan, adaptan y sostienen las ventajas tecnológicas en contextos de cambio acelerado. Tres enfoques teóricos resultan fundamentales para este propósito: las capacidades dinámicas organizacionales, los sistemas nacionales y regionales de innovación, y la innovación como motor del desarrollo industrial.

Capacidades dinámicas y aprendizaje organizacional

David J. Teece (2018) define las capacidades dinámicas como la habilidad de una organización para integrar, construir y reconfigurar competencias internas y externas con el fin de adaptarse a entornos cambiantes. En su análisis sobre los ciclos de vida de las plataformas digitales, el autor destaca que la ventaja competitiva sostenible depende menos de los recursos tangibles y más de la capacidad de aprendizaje continuo, la innovación abierta y la rápida adaptación estratégica.

Aplicado al contexto regional, este enfoque implica que las empresas de Chihuahua, particularmente las pymes del sector manufacturero, deben desarrollar mecanismos institucionalizados de aprendizaje colectivo y vinculación tecnológica, capaces de transformar el conocimiento adquirido en innovación aplicable. Esto conecta directamente con la noción de innovación endógena, en la cual el conocimiento se produce, difunde y adapta localmente, fortaleciendo la resiliencia tecnológica del territorio.

Sistemas nacionales y regionales de innovación

Lundvall (2016) amplía esta perspectiva al considerar que la innovación no es un proceso aislado de la empresa, sino el resultado de una red compleja de relaciones entre universidades, empresas, gobierno y sociedad, donde el aprendizaje interactivo constituye el núcleo del desarrollo económico. Los sistemas nacionales de innovación (SNI) se conciben como estructuras sociales y productivas que facilitan la circulación del conocimiento y la creación de nuevas capacidades tecnológicas.

En el caso de Chihuahua, este enfoque resulta particularmente pertinente. La región forma parte de un sistema nacional de innovación con alta concentración manufacturera, pero con una débil articulación entre los actores de la hélice cuádruple. Consolidar un sistema regional de innovación (SRI) implica no solo coordinar esfuerzos entre el Instituto de Innovación y Competitividad (I²C), universidades y empresas, sino también generar políticas de gobernanza tecnológica que incentiven la colaboración y reduzcan las asimetrías en la absorción de conocimiento.

Innovación y desarrollo industrial

Christopher Freeman (1995), pionero de los estudios sobre innovación y desarrollo, argumentó que la innovación tecnológica es el motor fundamental del crecimiento industrial y de la competitividad nacional. Desde su perspectiva histórica, las economías que lograron transitar hacia modelos industriales avanzados fueron aquellas que establecieron instituciones sólidas de apoyo a la investigación, educación técnica e infraestructura científica.

Freeman subraya que los países con estrategias coordinadas de política tecnológica, inversión en I+D y transferencia efectiva de conocimiento alcanzan una capacidad endógena de cambio técnico, elemento indispensable para sostener procesos de industrialización inteligente. Este marco teórico es plenamente aplicable a Chihuahua, donde la transición del modelo maquilador hacia una economía del conocimiento demanda una política industrial articulada con la innovación científica y la formación de talento especializado.

Síntesis integradora

La convergencia de estos enfoques —Teece, Lundvall y Freeman— permite interpretar la innovación como un proceso dinámico, sistémico y contextual. Desde Teece (2018), la innovación requiere capacidades adaptativas; desde Lundvall (2016), aprendizaje colectivo e institucional; y desde Freeman (1995), políticas estructurales que orienten la transformación industrial.

Para Chihuahua, integrar estas perspectivas implica diseñar un modelo regional donde las capacidades dinámicas empresariales se inserten en un ecosistema de innovación articulado institucionalmente, y donde la innovación endógena se convierta en un factor de desarrollo sostenible. Solo así será posible generar una estructura productiva con autonomía tecnológica y competitividad global.

Enfoque prospectivo de la CTI

El estado de Chihuahua ha consolidado su papel como eje industrial del norte de México, especialmente en sectores como la electrónica, automotriz y dispositivos médicos. Sin embargo, su desafío estratégico hacia 2030 radica en transformar la base manufacturera tradicional en un modelo de innovación endógena, capaz de generar valor tecnológico propio y fortalecer la complejidad económica regional.

La transición hacia una economía del conocimiento exige repensar el carácter sistémico de la producción: no solo producir más, sino producir con mayor densidad de conocimiento. En este sentido, Porto-Gómez et al. (2019) demostraron que, en el contexto mexicano, las diferencias regionales en resultados de innovación se explican menos por el volumen de gasto en I+D y más por la calidad de las interacciones entre universidad, empresa, gobierno y sociedad, donde la falta de sinergias limita la generación de conocimiento compartido.

Para Chihuahua, esto implica que aumentar el gasto en investigación no basta; se requiere una gobernanza de la CTI que integre redes de colaboración, infraestructura científica y mecanismos efectivos de transferencia tec-

nológica que permitan convertir la base manufacturera en innovación localmente apropiada.

Innovación endógena, capacidades dinámicas y adopción empresarial

Desde la perspectiva empresarial, avanzar de la adopción tecnológica a la generación de conocimiento requiere fortalecer las capacidades dinámicas y la cultura organizacional de innovación.

Valdez-Juárez y Castillo-Vergara (2021) evidenciaron que, en las pymes mexicanas, las capacidades tecnológicas internas impactan significativamente la ecoinnovación y la innovación abierta, las cuales, a su vez, mejoran el rendimiento corporativo. Asimismo, Pinzón-Castro y Maldonado-Guzmán (2023) confirman que la adopción simultánea de innovación abierta y ecoinnovación en la manufactura incrementa el desempeño empresarial y promueve la competitividad sostenible.

Para Chihuahua, estos hallazgos implican la necesidad de políticas regionales orientadas a resultados, tales como diagnósticos de madurez tecnológica adaptados al contexto local, esquemas de coinversión público-privada en I+D+i, y programas de licenciamiento y certificación tecnológica desde etapas tempranas. Con ello, el estado podría transitar de una *maquila adoptiva* a una innovación generativa, capaz de agregar valor desde el conocimiento propio.

Capital humano, brechas de género y metodologías activas

El capital humano es un pilar estructural de la competitividad tecnológica. Sin embargo, las brechas de género en disciplinas STEM continúan limitando la participación de las mujeres en la ciencia y la innovación.

Verdugo-Castro et al. (2023) demostraron que los estereotipos culturales, la falta de referentes femeninos y las condiciones laborales desiguales

son los principales factores que restringen su permanencia en carreras tecnológicas.

Los programas de mentoría y acompañamiento, no obstante, generan impactos positivos en el desarrollo de vocaciones científicas y tecnológicas. Por otra parte, la formación de competencias para el futuro requiere metodologías activas, donde los enfoques STEAM y la robótica educativa fomenten la creatividad, la resolución de problemas y el aprendizaje colaborativo. Ouyang y Xu (2024) documentaron que la robótica educativa produce efectos moderados-positivos en la motivación y el desarrollo técnico de los estudiantes, especialmente cuando se vincula con proyectos reales y ferias científicas.

En consecuencia, Chihuahua debe promover programas educativos duales entre empresas tractoras y universidades tecnológicas, y crear políticas que fortalezcan la inclusión de mujeres y grupos subrepresentados en la formación STEAM.

***Nearshoring*, electromovilidad y oportunidades estratégicas**

El *nearshoring* está reconfigurando las cadenas de valor globales en América del Norte, y Chihuahua se posiciona como un nodo estratégico gracias a su base manufacturera y ubicación fronteriza. No obstante, para aprovechar plenamente esta oportunidad, el estado debe elevar su nivel tecnológico, desarrollar proveedores locales certificados y articular sus capacidades de I+D con la industria automotriz y de electromovilidad.

Salgado-Conrado et al. (2024) señalan que la electromovilidad en México representa una oportunidad estructural para integrar innovación, sostenibilidad y reindustrialización. Sin embargo, el éxito depende de contar con infraestructura tecnológica, políticas de incentivo fiscal y formación técnica especializada. De igual manera, González et al. (2025), Li et al. (2025) y Rodríguez et al. (2025) sostienen que la relocalización industrial puede generar transferencia tecnológica y empleos calificados si las regiones anfitrionas logran consolidar ecosistemas de innovación abiertos y redes proveedoras locales.

Por tanto, la hoja de ruta 2025-2030 de Chihuahua debe establecer metas sectoriales basadas en niveles de madurez tecnológica (TRL), inversión mixta público-privada y mecanismos de licenciamiento tecnológico desde el diseño, garantizando que el impacto del *nearshoring* sea sostenido y transformador.

Desempeño económico y competitividad regional

El desempeño económico y científico-tecnológico de Chihuahua está íntimamente ligado a su fortaleza manufacturera y concentración de capacidades industriales. No obstante, la estructura territorial de la innovación en México es altamente desigual. Según Álvarez-Aros y Bernal-Torres (2021), las regiones del norte del país —incluyendo Chihuahua y Nuevo León— concentran infraestructura industrial avanzada y capital humano especializado, pero muestran baja transferencia tecnológica y escasa vinculación sistemática con universidades. Esto genera una paradoja: alta inversión productiva, pero baja generación de conocimiento endógeno.

El marco teórico de la complejidad económica (Hausmann et al., 2011) aporta una lectura complementaria. Las economías que diversifican su producción hacia bienes de alto valor tecnológico tienden a incrementar su resiliencia y su capacidad de aprendizaje colectivo. En el caso de Chihuahua, la especialización en exportaciones automotrices y electrónicas refleja un sistema productivo avanzado, aunque dependiente de conocimiento importado. De ahí la necesidad de integrar I+D empresarial con investigación aplicada y fortalecer la cooperación internacional para escalar la complejidad exportadora.

En complemento al análisis anterior, los indicadores recientes de ciencia, tecnología e innovación confirman que, aunque Chihuahua mantiene una base manufacturera sólida, existen brechas estructurales respecto al promedio nacional en materia de inversión en I+D, generación de patentes y participación de mujeres en disciplinas STEM.

En la tabla 5.1 se resume los principales indicadores comparativos del ecosistema de innovación estatal frente al promedio nacional. Estos resul-

Tabla 5.1. *Indicadores comparativos del ecosistema de innovación estatal frente al promedio nacional*

<i>Indicador</i>	<i>Chihuahua (2023)</i>	<i>Promedio Nacional</i>	<i>Fuente</i>
Inversión en I+D (% PIB)	0.34	0.45	CONACYT (2024)
Patentes solicitadas por millón de habitantes	3.2	7.1	IMPI (2025)
Empresas con departamento de I+D (%)	12.4	18.7	INEGI (2023)
Mujeres en STEM (%)	27	34	Global Education Monitoring Report Team (2023)

Fuente: elaboración propia con base en datos de CONACYT (2024), IMPI (2025), INEGI (2023) y Global Education Monitoring Report Team (2023).

tados evidencian la necesidad de fortalecer la inversión público-privada en investigación aplicada, profesionalizar las oficinas de transferencia de tecnología (OTT) y diseñar políticas de equidad de género que impulsen la participación de mujeres en sectores estratégicos de ciencia e ingeniería.

Asimismo, las pymes que adoptan prácticas de innovación abierta y ecoinnovación exhiben mejor desempeño competitivo y acceso a mercados internacionales, como muestran Valdez-Juárez y Castillo-Vergara (2021).

En consecuencia, la política industrial del estado debe centrarse en crear mecanismos de aprendizaje interorganizacional, redes de colaboración universidad-empresa y servicios tecnológicos especializados que eleven la absorción de conocimiento.

La competitividad económica debe estar alineada con la sostenibilidad. Barragán-Hernández et al. (2024) demostraron que las pymes mexicanas que integran prácticas ecoinnovadoras logran eficiencia energética y reducción de impactos ambientales, condiciones indispensables para regiones industriales con alta demanda hídrica y energética como Chihuahua.

Ecosistema estatal y transferencia de conocimiento (TC)

El fortalecimiento del ecosistema de ciencia, tecnología e innovación (CTI) de Chihuahua depende en gran medida de la efectividad de sus mecanis-

mos de transferencia de conocimiento (TC) y de la densidad de interacciones entre los sectores académico, industrial, gubernamental y social.

Los sistemas regionales de innovación más exitosos se caracterizan por redes densas, infraestructura compartida y gobernanza colaborativa. Fitriari et al. (2024) sostienen que los ecosistemas tecnológicos con gobernanza distribuida y liderazgo técnico compartido logran mejores resultados de innovación.

En México, Porto-Gómez et al. (2019) identificaron una carencia de sinergias entre universidades y empresas, reflejo de la debilidad institucional de la triple hélice. En Chihuahua, esta falta de articulación se manifiesta en la baja proporción de patentes locales y la dependencia tecnológica externa. Superar este desfase requiere OTT profesionalizadas, portafolios tecnológicos sectoriales y contratos de licenciamiento que involucren a las empresas desde la fase de diseño del proyecto.

Valdez-Juárez y Castillo-Vergara (2021) señalan que la innovación abierta es el principal catalizador de la ecoinnovación y del rendimiento organizacional cuando existe colaboración interinstitucional.

A nivel sistémico, el modelo de la cuádruple hélice (Carayannis y Campbell, 2010) amplía la perspectiva al incluir a la sociedad civil como actor clave en la generación de valor social a partir de la innovación tecnológica.

Así también, Calderon y García-Quevedo (2013) enfatizan la importancia de medir el impacto institucional mediante indicadores multicriterio que combinen productividad científica, adopción tecnológica y beneficio social, evitando reducir la transferencia al mero conteo de patentes.

Innovación, exportaciones y cadenas globales de valor

El dinamismo exportador de Chihuahua se apoya en sectores intensivos en tecnología —electrónica, dispositivos médicos y automotriz— que han impulsado su posicionamiento como polo industrial del norte de México. No obstante, el reto consiste en transitar de un modelo dependiente de insumos importados hacia un esquema de innovación tecnológica propia, generadora de patentes y productos de alto valor agregado.

García-Gonzalez y Márquez Mendoza et al. (2025) destacan que el fenómeno del *nearshoring* está reconfigurando las rutas productivas de Norteamérica y posicionando a Chihuahua como nodo estratégico dentro del corredor México-Estados Unidos. Sin embargo, el verdadero impacto dependerá de la capacidad para desarrollar proveedores innovadores y manufactura inteligente.

Hausmann et al. (2011) demostraron que las regiones que diversifican su producción hacia bienes complejos alcanzan mayores tasas de crecimiento sostenible. Ghobakhloo et al. (2023) agregan que las cadenas de valor 4.0 requieren digitalización, trazabilidad y sostenibilidad, elementos que solo pueden garantizarse mediante la adopción de tecnologías disruptivas como inteligencia artificial, robótica colaborativa, manufactura aditiva y gemelos digitales.

Para Chihuahua, estas transformaciones demandan políticas de infraestructura digital, programas de capacitación avanzada y esquemas de coconversión tecnológica. Asimismo, las pymes deben ser acompañadas por políticas de certificación tecnológica y sostenibilidad industrial, asegurando su integración en mercados verdes y digitales.

Retos estratégicos y hoja de ruta 2025-2030

De cara a la próxima década, el estado de Chihuahua enfrenta el desafío de consolidar un modelo de innovación regional sostenible, inclusivo y competitivo, capaz de integrar el desarrollo tecnológico con la sustentabilidad social y ambiental.

La hoja de ruta 2025-2030 propone cinco ejes estratégicos que articulan los pilares de la economía del conocimiento: gobernanza del conocimiento, capital humano, digitalización y sostenibilidad, innovación abierta y transferencia tecnológica, y medición de impacto e internacionalización.

Gobernanza del conocimiento

La construcción de un ecosistema de innovación eficaz exige una gobernanza distribuida, con liderazgo técnico compartido y coordinación interinstitucional. Fitriasari et al. (2024) sostienen que los ecosistemas basados en colaboración universidad-empresa-gobierno generan mayor densidad de innovación cuando la gestión se orienta a resultados y existe rendición de cuentas.

Por ello, se propone crear el Consejo Estatal de Transferencia e Innovación (CETI), que opere como órgano articulador de agendas, fondos y políticas de CTI, con representación del Instituto de Innovación y Competitividad (I²C), el sector privado, el TecNM, universidades estatales y centros de investigación nacionales.

El CETI debería implementar una plataforma digital estatal de innovación, interoperable con bases de datos nacionales (CONAHCYT, IMPI, OECD), que permita registrar proyectos, licencias, indicadores de madurez tecnológica (TRL) y métricas de impacto social.

Modelos comparables, como los de los consejos de innovación en Corea del Sur (Japan Science and Technology Agency, 2021) y Finlandia (Kautonen, 2012), demuestran que la gobernanza basada en evidencia y cooperación público-privada puede aumentar la productividad de la innovación en más de un 30 %.

Capital humano y formación avanzada

El capital humano constituye el núcleo del sistema de innovación. Según la Global Education Monitoring Report Team (2023), las competencias digitales y científicas serán determinantes para la empleabilidad y la sostenibilidad económica en regiones en desarrollo.

Chihuahua debe impulsar centros de innovación educativa dual, integrando universidades tecnológicas y empresas tractoras en proyectos de investigación aplicada. Estos espacios permitirán que los estudiantes desarrollen capacidades en inteligencia artificial, robótica, automatización y gestión energética bajo esquemas de aprendizaje activo.

Además, es necesario implementar un programa estatal de becas en I+D+i con perspectiva de género, dirigido a mujeres en ingeniería, ciencias de datos, energía limpia y manufactura sustentable.

La investigación de Verdugo-Castro et al. (2023) destaca que los programas de mentoría y acompañamiento reducen la brecha de género en STEM y mejoran la retención de mujeres en sectores tecnológicos.

De forma complementaria, Ouyang y Xu (2024) demostraron que la robótica educativa y las metodologías STEAM mejoran la motivación y las habilidades técnicas cuando se articulan con proyectos reales, evidencia clave para diseñar programas educativos en colaboración con la industria.

Digitalización y sostenibilidad

La digitalización industrial es una condición indispensable para mantener la competitividad de Chihuahua en el marco del *nearshoring* y la industria 4.0. Barragán-Hernández et al. (2024) destacan que la adopción de plataformas digitales de trazabilidad, gestión energética y certificación verde mejora la ecoeficiencia y la resiliencia de las pymes mexicanas.

De manera complementaria, Ghobakhloo et al. (2023) subrayan que las cadenas de valor 4.0 demandan sistemas de producción digitalizados, basados en datos y sostenibilidad, lo que requiere alianzas estratégicas entre gobierno, universidades y centros tecnológicos para compartir infraestructura digital.

Chihuahua puede adoptar una estrategia estatal de digitalización industrial (EEDI) que combine sensores inteligentes, manufactura aditiva y analítica de datos, promoviendo la transición hacia cadenas circulares de valor. La integración de certificaciones ambientales (ISO 14001, ISO 50001) y plataformas *blockchain* para trazabilidad de insumos fortalecerá la confianza internacional de sus exportaciones.

Innovación abierta y transferencia tecnológica

La consolidación de una cultura de innovación abierta es esencial para incrementar la competitividad del ecosistema estatal. Calderon y García-Quevedo (2013) analizaron la transferencia tecnológica en centros públicos de investigación mexicanos y demostraron que su eficacia depende de indicadores integrados: productividad científica, adopción tecnológica y beneficio social.

Se propone la creación de un Fondo Estatal de Innovación Abierta (FEIA) que financie proyectos con potencial de licenciamiento, *spin-offs*, *startups* tecnológicas y consorcios universidad-industria.

Asimismo, las oficinas de transferencia de tecnología (OTT) deben recibir apoyo estructural y formación especializada para gestionar portafolios de patentes y contratos de *joint development*. Experiencias exitosas como las de Tecnalia (España) o Fraunhofer (Alemania) pueden servir como referentes para adaptar modelos de transferencia sustentados en coinversión y propiedad compartida.

Medición de impacto e internacionalización

La implementación de un sistema estatal de indicadores de Innovación (SEII) permitirá medir el progreso del ecosistema chihuahuense con base en estándares internacionales. El marco metodológico debe alinearse con la OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023, que recomienda combinar indicadores cuantitativos (inversión en I+D, patentes licenciadas, número de *startups* de base tecnológica) con métricas cualitativas (impacto ambiental, inclusión y desarrollo territorial). Además, se propone establecer alianzas binacionales con Texas, Nuevo México y Arizona, orientadas a la movilidad científica, la coinversión en electromovilidad y la creación de laboratorios transfronterizos de innovación.

García-González y Márquez-Mendoza (2025) destacan que las regiones que vinculan el *nearshoring* con programas de investigación conjunta obtienen mayores retornos de inversión tecnológica y fortalecen su capacidad de absorción de conocimiento externo.

Conclusión

El análisis ha demostrado que el principal desafío estructural de Chihuahua no es mantener su capacidad de manufactura local, sino transformarla en un sistema regional de innovación, uno con mayor autonomía tecnológica y capacidad para la generación de conocimiento tecnológico.

La combinación de los métodos de capacidades dinámicas, sistemas regionales de innovación y política tecnológica estructural nos lleva a la conclusión de que la competitividad sostenible depende del nivel de articulación institucional, de la densidad de redes colaborativas y de la capacidad del territorio para la absorción tecnológica. Hay una paradoja evidente en Chihuahua: alta integración en cadenas de valor globales, pero limitada producción de conocimiento endógeno y baja transferencia tecnológica.

Los indicadores de análisis revelan un rezago en la inversión en I+D, en la generación de patentes, en la profesionalización de la transferencia, así como en la participación femenina en STEM. Estas brechas no son tanto una debilidad, sino puntos de intervención que reorientarían el modelo productivo hacia una economía más compleja.

La hoja de ruta 2025-2030 exige una transformación basada en cinco ejes interdependientes: gobernanza del conocimiento, capital humano avanzado e inclusivo, digitalización sostenible, innovación abierta con transferencia tecnológica efectiva y medición de impacto con proyección internacional. Si se articulan, estos ejes permitirían una transición de un modelo de “maquila adoptiva” a un paradigma de “innovación generativa” donde el conocimiento local se transforma en valor agregado.

El *nearshoring* es una oportunidad histórica, pero sus efectos serán estructurales solo si se acompañan de políticas de madurez tecnológica, co-inversión público-privada en I+D+i y la creación de oficinas de transferencia de tecnología.

Esta estrategia el desarrollo regional de Chihuahua dependería de su gobernanza basada en evidencia, colaboración público-privada y una evaluación sistemática del impacto. La transición hacia una economía basada en el conocimiento no es un lujo, sino un requisito previo para la competitividad, sostenibilidad e inclusividad para 2030.

Referencias

- Álvarez-Aros, E. L. y Bernal-Torres, C. A. (2021). Technological competitiveness and emerging technologies in Industry 4.0 and Industry 5.0. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93(1), e20191290. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120191290>
- Barragán-Hernández, A. D., Morales-Reynoso, A. y Salazar-Rebaza, C. (2024). Strategic dimensions of eco-innovation adoption in Mexican SMEs. *Systems*, 12(7), 246. <https://doi.org/10.3390/systems12070246>
- Calderon, G. y García-Quevedo, J. (2013). Knowledge transfer and university patents in Mexico. *Academia Revista Latinoamericana de Administración*, 26(1), 33-60. <https://doi.org/10.1108/ARLA-05-2013-0039>
- Carayannis, E. G. y Campbell, D. F. (2010). Triple helix, quadruple helix and quintuple helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other? *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 1(1), 41-69. <http://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/jesd.2010010105>
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2024). *Informe de actividades 2024 - 1er trimestre*. SISNAI. <https://sisnai.secihti.mx/bitnami/wordpress/wp-content/uploads/Normatividad/Informes%20Conahcyt/05%20Informe%20de%20actividades/Informe%20de%20actividades%202024%201er%20trimestre.pdf>
- Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109-123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- Fitriasari, N. S., Sensesuse, D. I., Hidayat, D. S. y Purwaningsih, E. H. (2024). A systematic literature review on university collaboration in open innovation: Trends, technologies, and frameworks. *Electronic Journal of Knowledge Management*, 22(1), 40-57. <https://doi.org/10.34190/ejkm.22.1.3407>
- Freeman, C. (1995). The “National System of Innovation” in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19(1), 5-24. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.cje.a035309>
- García-González, O. A. y Márquez-Mendoza, M. A. (2025). Relocation implications in China and North America: Measuring spillover and feedback effects by potential changes on interregional trade in the electronics industry. *Regional Science Policy & Practice*, 17, 100165. <https://doi.org/10.1016/j.r spp.2024.100165>
- Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Foroughi, B., Tseng, M.-L., Nikbin, D. y Khanfar, A. A. (2023). Industry 4.0 digital transformation and opportunities for supply chain resilience: A comprehensive review and a strategic roadmap. *Production Planning & Control*, 36(1), 61-91. <https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2252376>
- Global Education Monitoring Report Team. (2023). *Global education monitoring report 2023*. UNESCO. <https://doi.org/10.54676/UZQV8501>
- González Lozano, J. A., Gómez Tobías, R., Cabeza Llanos, L. V., Vaquera Salazar, R. A. y Okoye, K. (2025). *Interactive technology and smart education*. Emerald Publishing. <https://doi.org/10.1108/ITSE-02-2025-0029>

- Hausmann, R., Hidalgo, C., Bustos, S., Coscia, M., Chung, S., Jimenez, J., Simoes, A. y Yıldırım, M. (2011). *The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity*. Harvard CID & MIT Media Lab. <https://growthlab.hks.harvard.edu/publication/the-atlas-of-economic-complexity-mapping-paths-to-prosperity/>
- Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial [IMPI]. (2025). *IMPI en cifras. Gobierno de México*. <https://www.gob.mx/impi/documentos/instituto-mexicano-de-la-propiedad-industrial-en-cifras-impi-en-cifras>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2025). *Investigación, desarrollo tecnológico e innovación*. https://en.www.inegi.org.mx/temas/ciencia/?utm_source=chatgpt.com
- Japan Science and Technology Agency. (2021). *South Korea's Science and Technology in the era of the Fourth Industrial Revolution*. Asia and Pacific Research Center, JST. https://spap.jst.go.jp/investigation/downloads/2022_rr_07_en.pdf
- Kautonen, M. (2012). Balancing competitiveness and cohesion in regional innovation policy: The case of Finland. *European Planning Studies*, 20(11), 1925-1943. <https://doi.org/10.1080/09654313.2012.737991>
- Li, Y., Xia, X., Wang, C. y Huang, Q. (2025). Manufacturing supply chain resilience amid global value chain reconfiguration: An enhanced bibliometric-systematic literature review. *Systems*, 13(10), 873. <https://doi.org/10.3390/systems13100873>
- Lundvall, B.-Å. (2016). *The learning economy and the economics of hope*. Anthem Press. https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/31613/1/626406.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OECD]. (2023). *Science, Technology and Innovation Outlook 2023: Adapting to the future of work and green transitions*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-2023_0b55736e-en.html
- Ouyang, F. y Xu, W. (2024). The effects of educational robotics in STEM education: A multilevel meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 11(7). <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00469-4>
- Pinzón-Castro, S. Y. y Maldonado-Guzmán, G. (2023). Open innovation effects in eco-innovation and business performance in Mexican manufacturing firms. *Scientia et PRAXIS*, 3(6), 1-19. <https://doi.org/10.55965/setp.3.06.a1>
- Porto-Gómez, I., Zabala-Iturriagagoitia, J. M. y Leydesdorff, L. (2019). Innovation systems in México: A matter of missing synergies. *Technological Forecasting and Social Change*, 148, e119721. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119721>
- Rodríguez Ochoa, D. Nieves A., & Arroyabe, M. F. (2025). Assessing regional innovation strategies (RIS3) through participation metrics and benchmarking innovation networks. *Economies*, 13(71). <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/329351/1/economies-13-00071.pdf>
- Salgado-Conrado, L., Álvarez-Macías, C., Loera-Palomo, R. y García-Contreras, C. P. (2024). *Progress, challenges and opportunities of electromobility in Mexico*. *Sustainability*, 16(9), 3754. <https://doi.org/10.3390/su16093754>

- Teece, D. J. (2018). Business models and dynamic capabilities. *Long Range Planning*, 51(1), 40-49. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2017.06.007>
- Valdez-Juárez, L. E. y Castillo-Vergara, M. (2021). Technological capabilities, open innovation and eco-innovation in Mexican SMEs. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(1), 8. <https://doi.org/10.3390/joitmc7010008>
- Verdugo-Castro, S., Sánchez-Gómez, M. C. y García-Holgado, A. (2023). Factor associated with the gender gap in the STEM sector. *Education Sciences*, 13(3), 307. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17499>