

REVISTA ELECTRÓNICA TRIMESTRAL
VOL. 10. NÚM. 1 (2026)

ISSN: 2594-0937

DEBATES SOBRE INNOVACIÓN

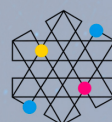
MEMORIAS ACADEMIA - DOCTORADO Y
SEMINARIO LALICS (RIO DE JANEIRO, 2025)
(VOLUMEN 1)



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Unidad Xochimilco



DMEGI

DEBATES SOBRE INNOVACIÓN. Volumen 10, Número 1, enero-marzo 2026, es una publicación trimestral de la Universidad Autónoma Metropolitana a través de la Unidad Xochimilco, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Producción Económica. Prolongación Canal de Miramontes 3855, Col. Ex-Hacienda San Juande Dios, Alcaldía Tlalpan, C.P.14387, Ciudad de México y Calzada del Hueso 1100, Col.Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, C.P.04960, Ciudad de México. Teléfono 55 54837200, ext.7279. Página electrónica de la revista <https://revistadebates.xoc.uam.mx/index.php/debinnovacion/issue/view/17> y dirección electrónica: noticiaslalics@gmail.com Editor responsable: Dra. Gabriela Dutrénit Bielous. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo de Título **No. 04-2022-101113015800-102. ISSN 2594-0937**, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Dra. Maribel García Barrientos y Dr. Guillermo Andrés Alpízar, Departamento de Producción Económica, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Col.Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04960, Ciudad de México. Fecha de última modificación: 17 de agosto de 2026. Tamaño del archivo: 3.5 MB Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma Metropolitana.

INDICE

1. Innovación para el desarrollo en América Latina: sostenibilidad ambiental, económica y social en la democracia.	3
2. Liderazgos que innovan: mérito, confianza y vinculación directiva en la gestión pública colombiana	4
3. Cultura de innovación en la gran empresa desde un enfoque cualitativo	12
4. Discurso e instrumentos frente a los marcos analíticos: la coherencia entre las capas de racionalidad en la política de ciencia, tecnología e innovación en México (2006-2012).	23
5. Conocimiento y la relocalización industrial de empresas multinacionales de la industria automotriz en México.....	29
6. Colaboración pública en sectores intensivos en conocimiento: propuesta metodológica aplicada a la biotecnologías cubana y mexicana	39
7. Sandboxes regulatorios para la inteligencia artificial: capacidades y dinámicas de adaptación institucional	52
8. Modos de innovación DUI y STI en las empresas manufactureras colombianas: relación individual y complementariedad condicionada en los resultados de innovación (2019-2020).....	63
9. Robótica e tecnologías emergentes: Implicações de Política nas trajetórias tecnológicas para os Estados Unidos e a China	72
10. Motivaciones para adoptar la Industria 4.0 en el sector eléctrico. El caso de Grupo Beta ..	86

1. Innovación para el desarrollo en América Latina: sostenibilidad ambiental, económica y social en la democracia.

Maribel García Barrientos, Guillermo Andrés Alpízar

Este volumen de la Revista Debates sobre Innovación surge a partir de la VI Conferencia Internacional de la Red Latinoamericana para el estudio de los Sistemas de Aprendizaje, la Innovación y el Desarrollo de Competencia (LALICS) el cual es el capítulo latinoamericano de GLOBELICS.

En 2025 la Red se reunió en Río de Janeiro del 8 al 10 de septiembre, Bajo el lema: “Innovación para el Desarrollo en América Latina: Sostenibilidad Ambiental, Económica y Social en la Democracia” se realizaron dos eventos: 1) la Academia de Doctorado y 2) el Seminario de Investigación.

Los participantes, estudiantes de doctorado e investigadores principalmente de América Latina y el Caribe, debatieron sobre temas enfocados a: la sostenibilidad y los recursos naturales, digitalización e inteligencia artificial, desarrollo y sus implicaciones en la región, agroindustrias, género, innovación empresarial, salud, políticas industrial y científica, tecnología e innovación, redes, territorios y conocimiento, digitalización, relaciones academia-universidad, y trayectorias nacionales y sectoriales.

El objetivo fue dialogar para analizar y compartir experiencias de los países de América Latina y el Caribe orientado hacia la innovación para el desarrollo de la región con un enfoque de sostenibilidad ambiental, económica y con un diálogo social, para promover los resultados de las diferentes investigaciones que puedan apoyar al país receptor así como a la región en conjunto.

El diálogo, está dividido en dos números, 1 y 2. En el número 1 se comparten las experiencias y resultados preliminares de las tesis de los alumnos de doctorado que participaron en la academia. En el número 2 se presentan los resultados en diferentes etapas de las investigaciones de los participantes del Seminario.

Los artículos presentados en ambos números 1) Academia de Doctorado 2) Seminario de investigación representan el diálogo y los esfuerzos continuos que se hacen para generar capacidades para el desarrollo de América Latina y el Caribe.

2. Liderazgos que innovan: mérito, confianza y vinculación directiva en la gestión pública colombiana

Luis Enrique Garcés Pedrozo
Universidad del Norte, Doctorado en Administración, Colombia
E-mail: legarces@uninorte.edu.co

1. Introducción

Innovar en el sector público no depende únicamente de adoptar tecnologías, expedir nuevas normas o crear programas de modernización. También depende de las personas que lideran las organizaciones, de la forma como llegaron a ocupar posiciones de dirección y de la legitimidad que sus equipos les reconocen para impulsar cambios. En contextos como el colombiano, esta pregunta adquiere una importancia especial, porque la profesionalización de la gestión pública convive con prácticas relacionales, políticas, personales y familiares que pueden influir en la conformación de los equipos directivos.

Este trabajo sobre el efecto de los criterios de vinculación en la gestión pública colombiana para la innovación parte de esa tensión. Teniendo como propósito principal comprender la relación que existe entre los criterios de vinculación de directivos, la percepción sobre su gestión por parte de sus equipos de trabajo y la propensión tienen por impulsar prácticas de innovación en el sector público. Por ello la pregunta de investigación consiste en entender: ¿qué relación existe entre los criterios de vinculación de directivos, la percepción sobre su gestión, liderazgo y la promoción de prácticas de innovación en instituciones públicas en Colombia?

La importancia de esta investigación se sostiene en dos ideas principales. La primera es que la innovación pública es necesaria para mejorar los procesos de gestión, responder a demandas ciudadanas, fortalecer la transparencia pública, distribuir mejor los recursos y generar valor. La segunda idea es que buena parte de la literatura sobre innovación pública se concentra en factores externos, normativos o institucionales, dejando espacio para ampliar la discusión teórica acerca de la manera como la vinculación de los líderes puede favorecer o limitar las condiciones internas para innovar.

El argumento de fondo no procura plantear una oposición tajante entre mérito y confianza. Es preciso reconocer que la confianza interpersonal puede otorgar margen de acción, respaldo y libertad para asumir riesgos. No obstante, también muestra que cuando los vínculos políticos, personales o familiares sustituyen la idoneidad técnica, la experiencia y las competencias profesionales, pueden erosionar la percepción del liderazgo y reducir la capacidad organizacional para promover escenarios innovadores. En esa tensión se ubica el aporte de este estudio, comprender cómo se relacionan los criterios de vinculación de directivos con la gestión, el liderazgo y la innovación percibida en entidades públicas tomando como unidad de análisis el contexto colombiano.

A continuación, se presentan los principales elementos conceptuales, metodológicos y empíricos de la investigación. Primero, se sintetiza la revisión de literatura que conecta innovación pública, equipos directivos y teoría del escalón superior (*Upper Echelon Theory*). Posteriormente

describe la metodología cuantitativa empleada con datos de la Encuesta sobre Ambiente y Desempeño Institucional (EDI). Posteriormente expone los principales resultados y sus implicaciones. Finalmente, plantea reflexiones para la gestión pública y para futuras investigaciones.

2. Revisión de la literatura realizada

La revisión de literatura se organiza alrededor de dos grandes campos: la innovación en las organizaciones y la innovación en el sector público. En el primer campo, la innovación se entiende como un fenómeno organizacional que no surge de manera aislada, sino como resultado de condiciones macro, meso y micro. A nivel macro es determinante el entorno institucional, condiciones gubernamentales, aspectos culturales, sociales, económicos y sectoriales, también la inversión en investigación y desarrollo y las condiciones de infraestructura, tecnología y formación. A nivel meso surgen como determinantes las estructuras organizacionales, los recursos disponibles, las capacidades dinámicas, el aprendizaje y la gestión del conocimiento, la comunicación, la cultura y las buenas prácticas. A nivel micro, se destaca la creatividad de los equipos, el liderazgo, el bienestar laboral, el clima de trabajo, factores como el compañerismo y la proyección profesional.

Esta mirada en múltiples niveles es relevante porque impide reducir la innovación pública a un asunto de tecnología o de proyectos individualizados, la innovación demanda condiciones institucionales, recursos, aprendizajes y culturas organizacionales que favorezcan la identificación de problemas, proponer soluciones y sostener una cultura apoyada en el cambio. Dentro de esas condiciones, la gestión aparece como un determinante, es decir, las decisiones de los líderes pueden habilitar o restringir la participación, la confianza, el aprendizaje y la experimentación en los entornos de trabajo.

La investigación incorpora la *Upper Echelons Theory*, propuesta por Hambrick y Mason (1984), como marco para comprender la influencia de los equipos directivos sobre las decisiones estratégicas y los resultados organizacionales. Esta teoría plantea que las organizaciones reflejan, en parte, las características, trayectorias y bases cognitivas de aquellos que las dirigen. Sin embargo, es conveniente advertir que esta perspectiva necesita una adaptación para América Latina, donde la profesionalización del ejercicio público convive con redes de confianza, lealtades políticas y vínculos personales y/o familiares.

En un contexto del sector público la innovación es importante puesto que se presenta como un medio para mejorar la prestación de servicios, fortalecer la legitimidad institucional y responder con mayor acierto a las demandas ciudadanas. No obstante, las organizaciones públicas suelen enfrentar barreras relacionadas con su tradicional rigidez burocrática, aversión al riesgo, presión política, restricciones en la destinación de recursos y culturas organizacionales poco abiertas para operar en una cultura de cambio. Por ello, el liderazgo directivo resulta de interés ya que es capaz de traducir reglas generales en prácticas concretas, abrir espacios para la participación y respaldar iniciativas de mejora.

La revisión de literatura también aborda la tensión entre la meritocracia y el clientelismo en la dirección pública. Los criterios profesionales o meritocráticos se asocian con formación académica, experiencia previa y competencias profesionales. Los criterios no profesionales o

relacionales se vinculan con redes personales, familiares, políticas o de amistad que pueden intervenir en las decisiones de vinculación. Entre ambos aparece una tercera categoría, los criterios mixtos, donde coexisten elementos técnicos y relacionales.

Este trabajo no desconoce que la confianza puede cumplir un papel organizacional positivo, esto quiere decir que un directivo que cuenta con respaldo político o personal puede tener mayor libertad para actuar, gestionar cambios y asumir riesgos. No obstante, la evidencia analizada respalda que, si la confianza se separa de la idoneidad técnica, pueden surgir efectos adversos sobre el desempeño, la legitimación del liderazgo y la disposición de los equipos a apoyar procesos innovadores. Por eso, este analiza empíricamente si los criterios de vinculación profesionales, no profesionales y mixtos se relacionan de manera diferente con la percepción del liderazgo y por consiguiente con el impulso a la innovación.

Partiendo de esta discusión, la investigación plantea tres hipótesis. La primera sostiene que la vinculación de directivos basada en criterios profesionales se asocia positivamente con una mejor percepción de la gestión y liderazgo del jefe inmediato y, por consiguiente, con mayor impulso de prácticas de innovación. La segunda plantea que los criterios no profesionales se asocian negativamente con esas percepciones. La tercera propone que los criterios mixtos pueden tener un efecto positivo moderado: menor que el de los criterios exclusivamente profesionales, pero superior al de los criterios predominantemente no profesionales.

3. Metodología

La investigación toma un enfoque cuantitativo, positivista e hipotético-deductivo. Su diseño es no experimental, transversal y de alcance correlacional-explicativo. En lugar de producir información primaria mediante entrevistas o encuestas propias, el estudio trabaja con datos secundarios provenientes de la Encuesta sobre Ambiente y Desempeño Institucional (EDI), elaborada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

La EDI recoge percepciones de servidores públicos sobre el ambiente institucional, el desempeño de sus entidades, la gestión de sus jefes, el uso de tecnologías, la cultura organizacional, la transparencia, la rendición de cuentas y la promoción de innovación. Esta fuente resulta adecuada para el propósito de la tesis porque permite observar, con una base amplia y comparable, cómo los servidores públicos valoran tanto las condiciones organizacionales como las prácticas de liderazgo en entidades estatales. La base integrada de la investigación comprende los años 2021, 2022 y 2023, con 79.630 observaciones iniciales de servidores públicos pertenecientes a 201 organizaciones estatales del nivel nacional. El estudio trabaja con un conjunto amplio de variables, principalmente de naturaleza ordinal, y realiza un proceso de depuración, armonización y construcción de indicadores para hacer comparables las mediciones entre los años analizados.

La unidad de análisis principal son los servidores públicos encuestados. Sin embargo, la estructura de los datos permite reconocer que esos servidores están agrupados en entidades; lo anterior es particularmente importante dado que las percepciones individuales no son netamente independientes, quienes están vinculados a una misma organización pueden compartir algunos rasgos culturales, prácticas de gestión, prácticas internas o condiciones de trabajo. Es por ello que la investigación recurre a técnicas de análisis individual con modelos que reconocen la existencia de aspectos diferentes entre entidades públicas.

La variable dependiente central es conceptualizada como impulso a prácticas innovadoras en la organización pública. Esta noción no está limitada a la adopción de herramientas tecnológicas, también incluye la capacidad de promover nuevas ideas, procesos, servicios, mejoras, formas de participación y cambios orientados a incrementar la eficiencia, la calidad y el valor en lo público. En términos operacionales, la innovación se aborda mediante constructos latentes derivados de ítems agrupados de la EDI relacionados con satisfacción, compromiso e innovación organizacional.

La variable explicativa principal es la gestión y liderazgo del jefe inmediato. Este constructo integra percepciones sobre asignación equitativa de cargas de trabajo, consideración de aportes del personal, motivación, confianza en las decisiones, liderazgo bajo el ejemplo, interés por el bienestar de colaboradores, comunicación de estándares éticos, reconocimiento al desempeño e impulso a la transformación digital. La lógica del estudio es que el jefe inmediato actúa como un canal organizacional cercano a través del cual los criterios de vinculación directiva se traducen en condiciones favorables o desfavorables para innovar.

Las variables independientes principales son los criterios de vinculación, los profesionales agrupan formación, experiencia y competencias. Los no profesionales agrupan ayudas familiares, personales y/o políticas. Los criterios mixtos reconocen la coexistencia de elementos técnicos y relacionales. Para evaluar estas relaciones, el trabajo aplica análisis factorial exploratorio, análisis factorial confirmatorio, modelos de ecuaciones estructurales, regresión lineal múltiple, regresión logística ordinal y modelos multinivel. Esta triangulación de métodos estadísticos permite contrastar los hallazgos desde distintos supuestos metodológicos y fortalecer la robustez de la interpretación de los resultados.

4. Análisis de resultados

Los resultados en primer lugar muestran, que la innovación percibida en las entidades públicas no es dependiente de un solo factor. El análisis factorial exploratorio permitió organizar los datos en siete factores latentes: satisfacción, compromiso e innovación con la organización; bienestar y recursos para el trabajo; condiciones de seguridad y salud en el trabajo; clima laboral positivo; gestión y liderazgo del jefe inmediato; liderazgo y cultura institucional; y gestión del conocimiento organizacional. Esta estructura fue posteriormente respaldada por el análisis factorial confirmatorio, que mostró cargas factoriales adecuadas y niveles altos de confiabilidad para los constructos utilizados.

El modelo de ecuaciones estructurales permitió identificar cómo se relacionan estos factores con el constructo vinculado a la satisfacción, el compromiso y la innovación. El resultado de mayor peso se observa en el liderazgo y la cultura institucional, con un coeficiente estandarizado de 0,284. A este le siguen el bienestar y los recursos laborales, con 0,175; el clima laboral positivo, también con 0,175; y la gestión y liderazgo del jefe inmediato, con 0,167. Por su parte, las condiciones de seguridad y salud en el trabajo presentan una incidencia menor, aunque significativa, con un coeficiente de 0,126. Finalmente, la gestión del conocimiento organizacional muestra una relación más limitada, con un valor de 0,017. En conjunto, estos resultados evidencian que el modelo logra explicar el 55,9 % de la varianza del constructo analizado.

Estos resultados demuestran que, para la gestión pública, innovar no es sólo gestionar conocimiento formal. También importa el clima, el bienestar, los recursos, la cultura institucional y, de manera más concreta, la calidad del liderazgo. La innovación aparece como un fenómeno social y organizacional, no únicamente técnico, las personas se comprometen más con la mejora cuando perciben liderazgo, confianza, apoyo, condiciones de trabajo adecuadas y una cultura institucional favorable.

El segundo grupo de resultados se concentra en los criterios de vinculación; el modelo de regresión lineal muestra que los criterios profesionales se asocian de manera positiva y significativa con la percepción de gestión y liderazgo del jefe inmediato. El coeficiente estimado para estos criterios es 0,533, con significancia estadística. En contraste, los criterios no profesionales presentan una asociación negativa, con coeficiente de -0,065. Los criterios mixtos muestran una asociación positiva, de 0,175, aunque menor que la observada para los criterios profesionales. El modelo alcanza un R^2 de 0,37, lo que indica una capacidad explicativa importante para este tipo de fenómeno perceptual.

Lo anterior implica que, cuando los servidores perciben que sus jefes llegaron por educación, experiencia y competencias, también tienden a valorar mejor su gestión y liderazgo. Cuando perciben que la vinculación se explica por ayudas familiares, personales o políticas, la valoración disminuye. Cuando ambos criterios se combinan, el resultado puede ser favorable, pero no alcanza el peso de la vinculación plenamente profesional.

La regresión logística ordinal permite observar el fenómeno desde otro ángulo, la probabilidad de ubicar al jefe en niveles más altos de promoción de innovación. En este modelo, los criterios profesionales funcionan como referencia. Frente a ellos, los criterios no profesionales presentan un coeficiente negativo de -1,64648, lo que indica una menor probabilidad de valorar al jefe como promotor de innovación. Los criterios mixtos también se ubican por debajo de los profesionales, con un coeficiente de -0,28545, aunque la magnitud negativa es mucho menor. Esto refuerza la idea de que lo mixto no equivale a lo meritocrático pleno, pero tampoco se comporta igual que lo predominantemente relacional.

El análisis multinivel contribuye con un elemento clave, no todas las diferencias se explican por percepciones individuales. El modelo nulo identifica que cerca del 8 % de la variabilidad se ubica entre entidades, lo que justifica reconocer el componente organizacional. En los modelos posteriores, las competencias aparecen como el criterio profesional más fuerte; la experiencia y la educación también mantienen efectos positivos. Cuando se incorporan criterios no profesionales, las ayudas políticas y familiares presentan efectos negativos. En el modelo más completo, el criterio mixto conserva un efecto positivo, pero inferior al de los criterios profesionales. La Tabla 1 sintetiza los resultados centrales por técnica estadística y muestra cómo cada análisis contribuye al argumento principal del estudio.

Tabla 1. Síntesis de los principales hallazgos metodológicos y empíricos

Técnica	Aporte central para el artículo
AFE y AFC	Identifican y confirman siete factores latentes: satisfacción, compromiso e innovación; bienestar y recursos; seguridad y salud; clima positivo; gestión y liderazgo del jefe; liderazgo y cultura institucional; y gestión del conocimiento.
SEM	Muestra que la innovación percibida se explica por un conjunto de condiciones organizacionales. El modelo alcanza 55,9 % de varianza explicada y ubica el liderazgo inmediato como un factor positivo relevante.
Regresión lineal	Evidencia que los criterios profesionales se asocian positivamente con la gestión y liderazgo del jefe inmediato ($\beta = 0,533$), mientras los no profesionales muestran asociación negativa ($\beta = -0,065$).
Regresión logística ordinal	Confirma que, frente a los criterios profesionales, los criterios no profesionales reducen la probabilidad de valorar al jefe como promotor de innovación; los criterios mixtos presentan una reducción menor.
Modelo multinivel	Reconoce diferencias entre entidades públicas y confirma que educación, experiencia y competencias tienen efectos favorables, mientras ayudas políticas y familiares presentan efectos adversos.

Fuente: Elaboración propia con base en la investigación.

Los métodos utilizados convergen en una conclusión, los criterios profesionales importan; la formación, la experiencia y las competencias se relacionan con una mejor percepción del liderazgo y con mayor impulso de prácticas innovadoras. Los criterios no profesionales si deterioran esa relación. Los criterios mixtos pueden tener un comportamiento intermedio, siempre que el componente técnico no quede subordinado a la discrecionalidad política, familiar o personal.

La investigación también permite matizar el debate. No se trata de negar la confianza como dimensión del liderazgo. La confianza puede facilitar respaldo, coordinación y margen de acción. El problema aparece cuando la confianza se convierte en sustituto de la idoneidad. En otras palabras, la gestión pública no necesita escoger entre competencia y confianza; necesita construir formas de vinculación donde la confianza se apoye en mérito, capacidades verificables y legitimidad ante los equipos de trabajo.

5. Reflexiones finales

Este trabajo contribuye al debate sobre innovación pública en Colombia, muestra que la manera como se vinculan los directivos no es un asunto administrativo solamente, sino una condición que puede influir en la percepción del liderazgo y el impulso de prácticas innovadoras. En este sentido, la vinculación de líderes públicos debe entenderse como una política de innovación institucional.

La primera reflexión es que la meritocracia tiene efectos organizacionales, no se limita únicamente a cumplir un principio normativo o ético; también se relaciona con la capacidad de los equipos para reconocer legitimidad, confiar en la dirección y participar en procesos de

cambio; cuando los líderes son percibidos como técnicamente idóneos, con experiencia y competencias, se fortalecen las condiciones para gestionar mejor y promover innovación.

La segunda reflexión es que las prácticas relacionales no son neutras, las ayudas políticas, familiares o personales pueden afectar negativamente la percepción del liderazgo, especialmente cuando desplazan la formación, la experiencia o las competencias. Esto no significa que toda relación de confianza sea perjudicial, significa que la confianza, para ser productiva en la gestión pública, debe estar acompañada de criterios profesionales verificables.

La tercera reflexión es que la innovación pública requiere mirar más allá de proyectos, laboratorios o tecnologías. La innovación también se construye en la relación cotidiana entre jefes y equipos, en la forma como se asignan cargas, se reconocen aportes, se comunica el sentido del trabajo, se promueve la transformación digital y se genera un clima favorable para proponer mejoras. Sin liderazgo cercano, legítimo y competente, la innovación puede quedar reducida a narrativas y discursos.

En términos de política pública, los hallazgos invitan a fortalecer concursos de méritos, perfiles basados en competencias, evaluaciones objetivas de experiencia y formación, mecanismos de rendición de cuentas sobre nombramientos y procesos de desarrollo directivo posteriores a la vinculación. La profesionalización no debe terminar en el ingreso; debe continuar con formación en liderazgo, gestión del cambio, transformación digital, ética pública y construcción de culturas innovadoras.

La investigación reconoce algunas limitaciones, al trabajar con datos transversales y perceptuales, no permite afirmar causalidad definitiva. Además, sus resultados se ubican en el contexto de entidades públicas colombianas del nivel nacional y no necesariamente se generalizan de manera automática a otros países o niveles de gobierno. También se requiere profundizar en mayor medida con variables mediadoras y moderadoras, como cultura organizacional, recursos, capacidades digitales, presión ciudadana, incentivos institucionales y estilos específicos de liderazgo.

En futuras investigaciones, se sugiere avanzar hacia estudios longitudinales, análisis comparativos entre países, diseños mixtos, estudios de caso e indagaciones cualitativas que permitan comprender cómo se viven en la práctica los procesos de vinculación, legitimidad y liderazgo. También sería valioso analizar reformas específicas antes y después de su implementación, para observar si los cambios en los sistemas de selección directiva producen transformaciones sostenidas en la innovación pública.

La investigación sostiene que las instituciones públicas tienen mayores posibilidades de innovar cuando sus liderazgos logran combinar competencia, legitimidad y confianza. El mérito no elimina la necesidad de confianza; más bien, la orienta y le da fundamento. Del mismo modo, la confianza no sustituye al mérito, sino que debe apoyarse en él para generar decisiones sólidas y responsables. En esta relación se encuentra una clave importante para construir liderazgos públicos capaces de crear valor, fortalecer la legitimidad institucional y abrir nuevas rutas de innovación en la gestión pública.

Referencias

- Bason, C. (2018). *Leading public sector innovation: Co-creating for a better society* (2.a ed.). Policy Press.
- Bearfield, D. A. (2009). What is patronage? A critical reexamination. *Public Administration Review*, 69(1), 64-76.
- Brown, L., & Osborne, S. P. (2013). *Managing change and innovation in public service organizations*. Routledge.
- Chudnovsky, M. (2017). La tensión entre mérito y confianza en la Alta Dirección Pública de América Latina. *Revista del CLAD Reforma y Democracia*, (69), 5-40.
- Dahlström, C., & Lapuente, V. (2017). *Organizing leviathan: Politicians, bureaucrats, and the making of good government*. Cambridge University Press.
- Damanpour, F., & Schneider, M. (2009). Characteristics of innovation and innovation adoption in public organizations: Assessing the role of managers. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 19(3), 495-522.
- Demircioglu, M. A., & Audretsch, D. B. (2017). Conditions for innovation in public sector organizations. *Research Policy*, 46(9), 1681-1691.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2024). Encuesta sobre ambiente y desempeño institucional nacional (EDI): Metodología y resultados 2024 [Boletín técnico]. DANE.
- Edmondson, A. (1999). Psychological safety and learning behavior in work teams. *Administrative Science Quarterly*, 44(2), 350-383.
- Hambrick, D. C., & Mason, P. A. (1984). Upper echelons: The organization as a reflection of its top managers. *Academy of Management Review*, 9(2), 193-206.
- Lapuente, V., & Suzuki, K. (2020). Politicization, bureaucratic legalism, and innovative attitudes in the public sector. *Public Administration*, 98(1), 85-101. <https://doi.org/10.1111/padm.12610>
- Osborne, S. P., & Brown, L. (2011). Innovation, public policy and public services delivery in the UK. The word that would be king? *Public Administration*, 89(4), 1335-1350.
- Perry, J. L., & Wise, L. R. (1990). The motivational bases of public service. *Public Administration Review*, 50(3), 367-373. <https://doi.org/10.2307/976618>
- Riaño, J. F. (2022). Bureaucratic nepotism. King Center for Global Development Working Paper No. 2030. Universidad de Stanford.
- Toral, G. (2024). How patronage delivers: Political appointments, bureaucratic accountability, and service delivery in Brazil. *American Journal of Political Science*, 68(2), 797-815.

3. Cultura de innovación en la gran empresa desde un enfoque cualitativo

María Bernardeth Lambros Moreno
Doctoranda, Universidad Autónoma Metropolitana, México.
E-mail: maber899@gmail.com

Resumen

En el presente artículo se presenta el marco teórico y la metodología de una tesis doctoral que estudia la cultura de innovación y su interrelación con la acumulación de capacidades tecnológicas (CT) para promover la sustentabilidad corporativa en la gran empresa desde un enfoque cualitativo. Esto para contribuir al análisis de la cultura de innovación desde un enfoque cualitativo, ya que, el marco de referencia de este concepto está compuesto principalmente por un marco de análisis cuantitativo. En esta dirección, el presente análisis busca adoptar herramientas cualitativas por su utilidad para capturar los matices de la cultura organizacional. Para ello, la investigación adapta y combina los marcos de Dobni (2008) y de Hogan y Coote (2014), y los aplica mediante un estudio de caso único exploratorio de la empresa Grupo Bimbo, una multilatina mexicana de panificación.

Palabras clave: cultura de innovación, capacidades tecnológicas, sustentabilidad corporativa, metodología cualitativa, estudio de caso, Grupo Bimbo.

1. Introducción

En un contexto marcado por el agotamiento de los recursos naturales y las presiones del Antropoceno, las grandes empresas enfrentan una exigencia doble, tienen que seguir siendo competitivas y, al mismo tiempo, tienen que transformar sus procesos hacia la sustentabilidad. Ese doble reto requiere de una gobernanza orientada a la innovación y a la sustentabilidad, articulada a través de diversos elementos organizacionales, entre los que destaca la cultura de innovación. ¿Por qué algunas grandes empresas logran traducir sus capacidades tecnológicas en soluciones sustentables, mientras otras, con recursos similares, no lo consiguen? Buena parte de la respuesta está en algo que no aparece en los reportes financieros, que son los valores compartidos, las rutinas y los supuestos que determinan cómo una organización se relaciona con la sustentabilidad y la innovación. En esta dirección, el objetivo de la investigación que aquí se presenta es mostrar una propuesta metodológica de tipo cualitativo para analizar la influencia mutua entre la cultura de innovación, el desarrollo de CT y la promoción de la sustentabilidad corporativa. De manera particular, se muestra la metodología para analizar el papel de la cultura de innovación en los procesos de acumulación de capacidades tecnológicas y la sustentabilidad en la gran empresa, a través de un estudio de caso único de tipo exploratorio de la empresa Grupo Bimbo como unidad de observación.

2. Revisión de la literatura

Cultura de innovación

La cultura de innovación tiene que ver con la promoción de la innovación desde la cultura de una organización particular, en este caso de las grandes empresas, y ésta a su vez se relaciona con los procesos de acumulación de CT y la sustentabilidad. Por esto, a continuación, se detallan los elementos teóricos que componen el concepto de cultura de innovación y su relación con la sustentabilidad y las CT, para después revisar las formas de medición de la cultura de innovación para caracterizarla en empresas y organizaciones, y describir las bases metodológicas a partir de las cuales se estudia y caracteriza la cultura de innovación en la presente investigación cualitativa.

Definición y componentes de la cultura de innovación

La cultura organizacional es el conjunto de valores compartidos, creencias y suposiciones que influyen en el comportamiento, las interacciones y las decisiones dentro de una organización, por lo que es un marco que guía cómo los empleados piensan, actúan y perciben su entorno, lo cual impacta directamente en la capacidad de la organización para innovar y adaptarse a cambios (Tan, Lee y Chiu, 2008). De acuerdo con Schein (2010), la cultura consiste en supuestos básicos que un grupo ha desarrollado en el proceso de adaptarse a su entorno y gestionar sus procesos internos. Los elementos fundamentales que constituyen la cultura organizacional incluyen valores, normas, símbolos y prácticas. En esta dirección, en Schein (2010) se divide a la cultura organizacional en tres niveles: artefactos visibles (como lo son rituales, símbolos y comportamientos observables), valores compartidos (que son la guía de las decisiones y acciones) y suposiciones básicas (creencias inconscientes sobre la forma en que funciona el mundo).

Por su parte, de acuerdo con Tan, Lee y Chiu (2008), existen cuatro tipos de cultura organizacional: burocrática, de apoyo, eficiente y de innovación. Las culturas burocráticas son rígidas; las culturas de apoyo crean un ambiente propicio para el intercambio de ideas; las culturas eficientes se centran en la productividad; por último, las culturas de innovación valoran la creatividad y la experimentación, por lo que promueven la innovación continua. En esta línea, la cultura de la innovación debe considerarse como un derivado independiente pero especializado de la cultura organizacional, ya que parte de los elementos culturales que favorecen la innovación en las organizaciones. Por lo que la cultura organizacional ofrece un marco central de valores, creencias y comportamientos sobre los que se construye la cultura de la innovación.

El concepto de cultura de innovación ha ido evolucionando principalmente en décadas recientes. Entre las contribuciones principales se encuentra Dobni (2008), quien argumenta que la cultura de innovación se compone de varias dimensiones que se relacionan entre sí, las cuales son: la intención de innovar, la infraestructura para apoyar la innovación, la influencia del mercado y orientación al valor, y el contexto de implementación. Este enfoque plantea que para el desarrollo y consolidación de una cultura de innovación se requiere de un esfuerzo en todas las dimensiones, por lo que es un modelo que permite evaluar la capacidad innovadora de las empresas.

Esta perspectiva se complementa con el estudio de Rao y Weintraub (2013), quienes desarrollaron el modelo de bloques de construcción para una cultura innovadora. En dicho modelo identifican seis elementos clave que son, recursos, procesos, valores, comportamientos, clima y éxito. Este modelo demuestra que la cultura de innovación es el resultado de la interacción compleja entre estos elementos. En este sentido, para Kelley (2013), la base de una cultura de innovación parte de la democracia en la organización, a partir de la creencia de que todos los miembros de la organización tienen el potencial de ser creativos e innovadores.

De acuerdo con este planteamiento, Johansen (2020) hace énfasis en la importancia de la dirección corporativa para la cultura de innovación, por lo que la cultura de innovación en el ámbito corporativo se manifiesta como un conjunto de valores, prácticas y procesos que fomentan la creatividad, la experimentación y la toma de riesgos calculados, que parte desde el nivel más alto hacia todos los niveles de la organización. En esta dirección, Tellis, Prabhu y Chandy (2009), encontraron que las empresas con una fuerte cultura de innovación tienden a superar a su competencia por su propensión a innovar.

Esto significa que una cultura de innovación eficaz, como se demuestra en los casos de Apple y Huawei, se refleja en mucho más que la simple integración de unos pocos elementos aislados. Esto lo describe Okanga (2023), quien muestra que una fuerte cultura de innovación ofrece mucho a las empresas, ya que, aumenta la creatividad de los empleados y da como resultado mejoras permanentes en productos, procesos y modelos de negocio, es decir, innovaciones; permite la creación de una ventaja competitiva sustentable a través de la diferenciación. Estos factores, ayudan a mejorar el rendimiento empresarial para favorecer la supervivencia en el negocio.

El caso de Apple ilustra cómo una cultura de innovación enfocada en la excelencia y la calidad puede motivar a los empleados a crear productos premium por los que los consumidores están dispuestos a pagar un precio superior. La empresa ha desarrollado una cultura que enfatiza “pensar y hacer lo impensable”, respaldada por procesos estructurados de desarrollo de productos y una inversión significativa en I+D. Por su parte, Huawei demuestra cómo la cultura de innovación puede catalizar mayores niveles de creatividad e innovación en diferentes funciones empresariales, convirtiéndose en una práctica cotidiana que define la forma en que se realizan todas las actividades (Okanga, 2023). En suma, estos estudios muestran que una cultura de innovación efectiva no surge espontáneamente, sino que debe ser cultivada de manera consciente a través de prácticas específicas de gestión, sistemas de incentivos apropiados y un liderazgo que modele los comportamientos deseados.

En esta dirección, de acuerdo con Vera-Cruz (2004), en un estudio sobre empresas cerveceras mexicanas, encontró que la cultura de innovación está directamente relacionada con el desarrollo de innovaciones en las grandes empresas, además de que es un factor muy importante para la determinación de su comportamiento tecnológico y sus procesos de acumulación de CT. En esta dirección, Pisano (2019) encontró que la eficacia de la cultura de innovación depende de su alineación con los fundamentos de la cultura organizacional, por lo que una cultura de innovación con impacto tangible debe respaldarse con base en los fundamentos de distintivos de la cultura organizacional.

Lo anterior muestra que el papel de una cultura de innovación en la construcción de CT y sustentabilidad corporativa es un debate abordado en la literatura. Tellis et al. (2009) argumentan que el desarrollo de una fuerte cultura de innovación era uno de los determinantes de la competitividad de una empresa. La cultura de innovación posibilita la innovación en sí misma y permite a la empresa acumular y aprovechar sus CT en esta perspectiva (Chesbrough, 2003). Sin embargo, investigadores como Pisano (2019) cuestionan esto al decir que la innovación requiere algo más que una cultura creativa, sino que requiere de una alineación estratégica con los sistemas y estructuras de una organización. Asimismo, Assoratgoon y Kantabutra (2023) estudian a la cultura de innovación en su relación con la sustentabilidad, y a partir de una revisión de literatura proponen un marco que liga directamente a la cultura con la capacidad de la empresa de ser sustentable.

Sin embargo, a pesar de que existen varios modelos que abordan la cultura de innovación y la sustentabilidad, todavía es necesario el desarrollo de estudios que integren estos conceptos en profundidad, y que ayuden a desarrollar métricas para evaluar la efectividad de la cultura de innovación y su relación con las CT y su impacto en la sustentabilidad corporativa.

Medición de la cultura de innovación

En la literatura de cultura de innovación se han desarrollado diversos enfoques para su medición en las organizaciones. Estas medidas se basan en enfoques cualitativos y cuantitativos para comprender la dinámica innovadora de una organización a partir de rasgos culturales hacia la innovación. Las escalas de innovación y los índices de medición son las técnicas cuantitativas más aplicadas. Por el contrario, los enfoques cualitativos, a través de entrevistas en profundidad y la observación participante, sirven como instrumento para ilustrar las características tangibles e intangibles de la cultura de innovación, elementos que no se pueden captar únicamente con herramientas cuantitativas.

Entre los autores que abordan la cultura de innovación a nivel cuantitativo se encuentra Dobni (2008), quien incorpora cuatro dimensiones en su modelo, que son, voluntad de innovar, infraestructura que apoya las innovaciones, influencia del mercado con orientación hacia el valor y contexto de implementación, a partir de un instrumento de 70 ítems medidos en una escala Likert. Otra contribución es el trabajo de Hogan y Coote (2014), quienes se basan en el modelo de Schein de tres niveles de cultura organizacional aplicado al contexto de la innovación. Sin embargo, como esta investigación es de tipo cualitativo, se adaptaron ambos enfoques (Dobni, 2008; Hogan y Coote, 2014), como marco de análisis de la cultura de innovación a partir de una adaptación que combina elementos de ambos. Esto porque tienen marcos sólidos de análisis que ofrecen una comprensión integral de los fenómenos asociados con una cultura de innovación en un contexto empresarial.

De acuerdo con Dobni (2008), la cultura de la innovación se ha conceptualizado a lo largo de cuatro dimensiones interdependientes que son, la capacidad de innovación, que se refiere a la orientación estratégica de la organización hacia la innovación, y el grado en que la innovación es parte de su misión, objetivos y operaciones, incluido el compromiso de la alta dirección y la promoción del pensamiento innovador en todos los niveles de la organización; las infraestructuras relacionadas con la innovación, los sistemas, las estructuras y los procesos que están destinados a apoyar las actividades innovadoras, abarcando mecanismos de aprendizaje y

desarrollo de capacidades; la atracción del mercado y la orientación al valor, la cual captura la capacidad de una organización para identificar y responder a las necesidades del mercado a través de la innovación; y el contexto de implementación, que se refiere al entorno organizacional dentro del cual la práctica de las innovaciones podría ser efectiva, específicamente la gestión del cambio y los sistemas de incentivos.

Por su parte, el trabajo de Hogan y Coote (2014) parte de la adaptación de los tres niveles de Schein a la cultura organizacional en el contexto de la innovación. En este modelo se plantean valores innovadores, como la apertura, la flexibilidad y la propensión al aprendizaje, en oposición a las demandas normativas de innovación, como las expectativas de comportamiento innovador y los estándares de colaboración. De esta manera se separan los artefactos innovadores, como las historias, los rituales y el espacio creativo, de los comportamientos innovadores particulares, como la generación e implementación de nuevas ideas.

3. Diseño metodológico general

Justificación de la elección metodológica

En la investigación cualitativa, Yin (2018) es uno de los principales referentes teóricos en cuanto al desarrollo y sistematización de la metodología de estudio de caso. Este autor identifica tres tipos principales de estudios de caso, exploratorio, descriptivo y explicativo. El estudio de caso exploratorio se utiliza cuando se investiga un fenómeno poco estudiado o en un contexto donde las relaciones entre variables no están claramente definidas; su objetivo principal es generar hipótesis y proposiciones para futuras investigaciones. Por otro lado, el estudio descriptivo busca presentar un relato preciso de la situación estudiada, mientras que el estudio explicativo busca establecer relaciones causales entre variables cuando se tienen teorías bien desarrolladas sobre el fenómeno en estudio.

El estudio de caso de tipo exploratorio fue seleccionado para esta investigación debido a que permite una exploración en profundidad de las dinámicas empresariales como lo son la cultura de innovación y los procesos de acumulación de CT, así como su influencia en la sustentabilidad, además del cómo y por qué funcionan. Asimismo, da lugar a la flexibilidad en el diseño metodológico para realizar ajustes en el enfoque de investigación, para poder profundizar en nuevos temas surgidos durante el desarrollo de la investigación (Merriam y Tisdell, 2015).

En particular, como señala Alvesson (2002), la cultura de innovación, uno de los conceptos centrales de esta investigación, requiere de una comprensión profunda y contextual que los métodos cuantitativos por sí solos no pueden capturar en su totalidad. Asimismo, Creswell y Poth (2018) remarcan el hecho de que las preguntas de cómo y por qué son más apropiadas para ser resueltas a través de la investigación cualitativa, ya que requieren una exploración detallada de los procesos y mecanismos subyacentes. Además, de acuerdo con Corbin y Strauss (2015), los enfoques cualitativos son muy útiles para el estudio de áreas poco exploradas en la literatura, debido a su flexibilidad para adaptarse a nuevos temas durante el proceso de investigación.

Otro elemento a destacar es la capacidad del estudio exploratorio para generar proposiciones teóricas. Dado que el objetivo principal de esta investigación es comprender cómo se influyen mutuamente la cultura de innovación y las CT para promover la sustentabilidad, un enfoque

exploratorio es el que permite generar dichas proposiciones para comprender el fenómeno a profundidad en el contexto de la gran empresa.

Unidad de análisis y de observación

La unidad de observación para este estudio es Grupo Bimbo, una empresa multilatina líder en la industria de la panificación. La selección de Grupo Bimbo está basada en los siguientes elementos: es una empresa líder en su sector y que tiene diversas innovaciones; es una empresa multilatina, de gran tamaño; y su estrategia de sustentabilidad robusta y cultura organizacional de largo alcance han permitido innovar con enfoque sustentable. Grupo Bimbo posee una estrategia de sustentabilidad que aplica a todos sus procesos y procedimientos, la cual está basada en los tres pilares de Bake for You, Bake for Nature y Bake for Life.

La unidad de análisis de la presente investigación son los mecanismos de influencia mutua entre las CT y la cultura de innovación para promover la sustentabilidad corporativa. Esta elección se justifica con la propuesta de Bell (2005) de que la unidad de análisis debe ser lo suficientemente específica como para permitir un examen detallado, pero lo suficientemente amplia como para capturar la complejidad del fenómeno a estudiar.

Proposiciones teóricas

Yin (2018) establece que el desarrollo de proposiciones teóricas es una parte muy importante del diseño de la investigación, esto porque las proposiciones proporcionan orientación al investigador durante el proceso de investigación en relación con la recopilación de datos, el análisis de datos y el análisis de resultados. Las proposiciones teóricas del presente estudio se describen a continuación:

1. Las CT acumuladas en las grandes empresas fortalecen y desarrollan la cultura de innovación, generando un ciclo de retroalimentación positiva. Dicha proposición se basa en que las empresas evolucionan a partir de la naturaleza del aprendizaje a través de sus desarrollos tecnológicos (Bell y Figueiredo, 2012).
2. La cultura de innovación en la gran empresa puede funcionar como un facilitador de la creación y acumulación de CT. Esto es apoyado por Naranjo-Valencia et al. (2016) y Brix (2019), quienes observan que una cultura de valoración y apoyo a la innovación crea un entorno favorable para la acumulación de CT.
3. La cultura de innovación y las CT tienen impactos bidireccionales en la gran empresa, lo cual promueve prácticas de sustentabilidad corporativa y mejores resultados en torno a esta. Este supuesto se apoya en estudios recientes que sugieren que la innovación es un motor clave para la sustentabilidad corporativa (Dangelico et al., 2017; Awan et al., 2021).

Fuentes de información para las CT y la sustentabilidad corporativa

Las principales fuentes de información de este estudio de caso provendrán de tres métodos principales que son, análisis documental, entrevistas semiestructuradas y observación directa. Esto por ser las más adecuadas para responder a la pregunta de investigación. El análisis documental abarca sitios web, informes anuales y referencias científicas relevantes, por su parte, las entrevistas semiestructuradas se realizan con informantes clave dentro de la empresa, con un diseño con base en objetivos específicos y adaptándose iterativamente según sea necesario. La observación directa se llevará a cabo mediante visitas a plantas de producción.

La selección de estas tres fuentes de información es debido a su complementariedad dentro de los métodos cualitativos, además de que su unión proporcionará una visión completa de cómo la cultura de innovación y las CT se influyen mutuamente para promover la sustentabilidad corporativa en la unidad de observación que es Grupo Bimbo (Yin, 2018). Esto debido a que las entrevistas permiten acceder a las percepciones, experiencias y motivaciones de los miembros de la organización, mientras que la observación directa da la oportunidad de capturar comportamientos y prácticas en su contexto (Flick, 2018). Por su parte, el análisis documental proporciona una perspectiva histórica y oficial de la organización, lo que da contexto para interpretar los datos obtenidos a través de los otros métodos (Bowen, 2009).

Fases del estudio de caso

Este estudio de caso se realiza a partir de tres fases principales que permiten una aproximación sistemática al fenómeno de estudio.

Fase 1. Análisis de base. Esta primera fase está enfocada en comprender los tres elementos que componen el marco analítico del presente estudio de caso: a) análisis de CT con un análisis del proceso de acumulación de CT y su relación con la sustentabilidad, identificación de nivel de CT e hitos en el proceso de la unidad de observación; b) análisis de cultura de innovación con la caracterización de la cultura de innovación de Grupo Bimbo, hitos en su desarrollo, elementos principales y su relación con la sustentabilidad; y c) análisis de resultados de sustentabilidad corporativa a partir de la evaluación detallada de los resultados de sustentabilidad corporativa y la estrategia de sustentabilidad de la unidad de observación.

Fase 2. Análisis de influencias mutuas. En esta fase se realiza un segundo análisis de contenido a partir de: a) el mapeo preliminar de influencias mutuas entre CT y cultura de innovación para la sustentabilidad; b) la identificación de influencias mutuas mediante el registro de interacciones recurrentes, la identificación de secuencias causales y el mapeo de influencias mutuas; y c) el desarrollo de matrices de relación bidireccional.

Fase 3. Identificación de mecanismos de influencia mutua. Esta fase busca establecer conexiones entre las influencias mutuas identificadas y los resultados en sustentabilidad, a partir de la identificación de mecanismos de influencia mutua y como se expresan en proyectos de la empresa, así como su impacto para favorecer la sustentabilidad corporativa.

4. El análisis metodológico de la cultura de innovación

El estudio de la cultura de innovación de Grupo Bimbo se aborda mediante tres estrategias complementarias: su operacionalización en variables e indicadores observables, la definición de fuentes de información específicas para acceder a ella, y una codificación que permite analizarla en sus distintos niveles.

Operacionalización de la cultura de innovación

La operacionalización de conceptos permite traducir los constructos teóricos en variables e indicadores medibles y observables en el contexto empírico. El propósito de esta operacionalización es proporcionar una guía clara y sistemática para la recolección y análisis de datos, para examinar de manera más precisa las relaciones entre los diferentes elementos de la investigación. La tabla 1 presenta la operacionalización del concepto de cultura de innovación.

Tabla 1. Operacionalización de la cultura de innovación

Variable	Indicadores
Valores	Grado de innovación en misión/visión corporativa; número de iniciativas para explorar nuevas tecnologías iniciadas en el último año; tiempo promedio desde la identificación de una nueva tecnología hasta su implementación; porcentaje del presupuesto de I+D asignado a proyectos experimentales
Normas	Existencia de sistema formal de innovación; porcentaje de presupuesto destinado a experimentación; existencia de procesos para gestión de ideas innovadoras; frecuencia de actualizaciones de habilidades tecnológicas (mensual, trimestral, anual); número de plataformas o herramientas utilizadas para compartir conocimientos tecnológicos
Artefactos	Número de espacios dedicados a innovación; frecuencia de eventos/rituales de innovación; número de canales para proponer ideas; frecuencia de eventos internos de innovación
Infraestructura de soporte a la innovación	Porcentaje del presupuesto total dedicado a I+D; número de empleados dedicados a tiempo completo a innovación por cada 100 empleados; existencia de un proceso formal para asignar recursos a proyectos innovadores; existencia de un sistema de recompensas para ideas innovadoras
Implementación de prácticas innovadoras	Frecuencia de colaboración interdepartamental; porcentaje de empleados participando en innovación; tiempo promedio de respuesta a cambios tecnológicos significativos en el mercado; número de productos lanzados en el último año que incorporan nuevas tecnologías del mercado

Fuente: elaboración propia.

Esta tabla de operacionalización funciona como guía de cómo se recopilan los datos de los indicadores, incluyendo entrevistas semiestructuradas, observación directa y análisis de documentos, además de ser una guía de análisis de contenido. En esta dirección, los indicadores

facilitan el diseño de preguntas específicas para las entrevistas, focos para los puntos de observación y el establecimiento de criterios para el análisis documental. Cabe señalar que, aunque esta operacionalización proporciona una estructura que guía el análisis, se mantiene flexibilidad para incorporar hallazgos emergentes durante el desarrollo del estudio de caso exploratorio.

Codificación y categorización de la cultura de innovación

El enfoque principal para la realización del análisis de la información de este estudio es el análisis de contenido, el cual permite examinar sistemáticamente el material textual proveniente de entrevistas, observaciones y documentos (Krippendorff, 2018). Para hacer este análisis se hace uso de los software Maxqda y Atlas. Ti, que se especializan en el análisis cualitativo para la codificación, categorización y visualización de datos (Frieze, 2019).

Para la cultura de innovación, la estructura de codificación distingue tres códigos básicos: CI_VAL (valores y supuestos básicos), CI_NOR (normas organizacionales) y CI_ART (artefactos). A partir de estos códigos, las actividades de análisis de datos correspondientes a la cultura de innovación en la fase de análisis de base consisten en la identificación, codificación y categorización de valores, normas y artefactos culturales identificados; la identificación de patrones en las prácticas de innovación; el mapeo de la evolución histórica de la cultura de innovación; el análisis de narrativas sobre innovación en documentos corporativos; y el análisis de cómo se manifiesta la cultura de innovación en diferentes niveles de la empresa.

La categorización sirve para agrupar los códigos en categorías más amplias que se alineen con el marco teórico de la investigación. Para esto se utilizan las funciones de Maxqda y Atlas. Ti para crear familias de códigos que representen estas categorías más amplias, lo que ayuda a visualizar y a analizar las relaciones entre los diferentes aspectos de la cultura de innovación, las CT y la sustentabilidad en Grupo Bimbo.

La cultura de innovación en el análisis de influencias mutuas

Una vez codificada y categorizada, la cultura de innovación se incorpora al análisis de co-ocurrencias mediante la utilización de Atlas. Ti y Maxqda para identificar patrones de co-ocurrencia entre los códigos de cultura y los códigos de CT, así como el desarrollo de redes semánticas que visualicen las conexiones. Para ello se desarrollan mapas básicos de relaciones (cultura de innovación hacia CT, y CT hacia cultura de innovación) y una matriz de influencia mutua que cruza los tres niveles de la cultura de innovación (valores, normas y artefactos) con los niveles de acumulación de CT (básicas, intermedias y avanzadas).

Esta matriz permite ver cómo los diferentes elementos de la cultura de innovación interactúan con las CT y cómo estas interacciones se manifiestan en las prácticas de sustentabilidad de la empresa, lo que constituye el núcleo del análisis de influencias mutuas planteado en la segunda fase del estudio de caso.

5. Reflexiones finales

La presente adaptación teórica para analizar la cultura de innovación desde el enfoque cualitativo, integra las perspectivas de Dobni (2008) y Hogan y Coote (2014), las cuales se operacionalizan mediante indicadores, fuentes de información específicas y una estrategia de codificación propia para los elementos que componen la cultura de innovación. Por lo que la que ofrece una ruta metodológica que permite capturar tanto la estructura como los matices simbólicos de la cultura de innovación de la gran empresa, y comprender, dentro del diseño metodológico más amplio que articula también a las CT y a la sustentabilidad corporativa, cómo estos tres elementos se relacionan a nivel empírico y teórico.

Referencias

- Alvesson, M. (2002). *Understanding organizational culture*. SAGE Publications.
- Awan, U., Nauman, S., & Sroufe, R. (2021). Exploring the effect of buyer engagement on green product innovation: Empirical evidence from manufacturers. *Business Strategy and the Environment*, 30(1), 463–477.
- Bell, J. (2005). *Doing your research project: A guide for first-time researchers in education, health and social science* (4th ed.). Open University Press.
- Bell, M., & Figueiredo, P. N. (2012). Innovation capability building and learning mechanisms in latecomer firms: Recent empirical contributions and implications for research. *Canadian Journal of Development Studies*, 33(1), 14–40.
- Brix, J. (2019). Innovation capacity building: An approach to maintaining balance between exploration and exploitation in organizational learning. *The Learning Organization*, 26(1), 12–26.
- Corbin, J., & Strauss, A. (2015). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory* (4th ed.). SAGE Publications.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Dangelico, R. M., Pujari, D., & Pontrandolfo, P. (2017). Green product innovation in manufacturing firms: A sustainability-oriented dynamic capability perspective. *Business Strategy and the Environment*, 26(4), 490–506.
- DeWalt, K. M., & DeWalt, B. R. (2011). *Participant observation: A guide for fieldworkers* (2nd ed.). AltaMira Press.
- Dobni, C. B. (2008). Measuring innovation culture in organizations: The development of a generalized innovation culture construct using exploratory factor analysis. *European Journal of Innovation Management*, 11(4), 539–559.
- Friese, S. (2019). *Qualitative data analysis with ATLAS.ti* (3rd ed.). Sage Publications.
- Hogan, S. J., & Coote, L. V. (2014). Organizational culture, innovation, and performance: A test of Schein's model. *Journal of Business Research*, 67(8), 1609–1621.
- Johansen, D. (2020). The impact of leadership behaviors on innovation culture: A case study of a high-tech organization. *Journal of Leadership Studies*, 14(1), 47–59.
- Kelley, T., y Kelley, D. (2013). *Confianza creativa: Cómo liberar el potencial creativo que todos llevamos dentro*. Crown Currency.
- Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology* (4th ed.). Sage Publications.
- Longhurst, R. (2003). Semi-structured interviews and focus groups. En N. Clifford, M. Cope, T. Gillespie, & S. French (Eds.), *Key methods in geography* (pp. 143–156). SAGE Publications.
- Merriam, S. B., & Tisdell, E. J. (2015). *Qualitative research: A guide to design and implementation* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Naranjo-Valencia, J. C., Jiménez-Jiménez, D., & Sanz-Valle, R. (2016). Studying the links between organizational culture, innovation, and performance in Spanish companies. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 48(1), 30–41.
- Okanga, B. (2023). Innovation culture as a driver of a firm's innovation excellence: Evidence from Apple and Huawei. *Future of Business Administration*, 2(2), 26–53. <https://doi.org/10.33422/fba.v2i2.534>

- Rao, J., & Weintraub, J. (2013). How innovative is your company's culture? *MIT Sloan Management Review*, 54(3), 29–37.
- Schein, E. H. (2010). *Organizational culture and leadership* (4th ed.). Jossey-Bass.
- Tan, B. S., Lee, C. K., & Chiu, H. C. (2008). The impact of organizational culture and structure on technology adoption. *Journal of Computer Information Systems*, 48(4), 43–54.
- Tellis, G. J., Prabhu, J. C., y Chandy, R. K. (2009). Innovación radical en las naciones: La preeminencia de la cultura corporativa. *Journal of Marketing*, 73(1), 3–23.
- Vera-Cruz, A. O. (2004). *Cultura de la empresa, aprendizaje y CT. El caso de las cerveceras mexicanas*. UAM/ADIAT/Miguel Ángel Porrúa.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). Sage Publications.

4. Discurso e instrumentos frente a los marcos analíticos: la coherencia entre las capas de racionalidad en la política de ciencia, tecnología e innovación en México (2006-2012).

Arturo Conejo Sotelo

Universidad Autónoma Metropolitana, Doctorado en Ciencias Sociales

Área Economía y Políticas de Innovación, México.

E-mail: arturo.conejosotelo@gmail.com

1. Introducción

En el estudio de las políticas públicas, la distancia entre lo que una política declara en su discurso y lo que ejecuta a través de sus instrumentos constituye un problema analítico de primer orden, pues de la correspondencia entre ambos niveles depende, en buena medida, su coherencia y, con ella, su capacidad de incidir sobre los problemas que pretende atender. El discurso (los planes, los programas y los objetivos formales) y los instrumentos (las convocatorias, los fondos y los sistemas de incentivos) no son ámbitos ajenos, constituyen distintos niveles de una misma política, que pueden orientarse por un mismo paradigma o, por el contrario, responder a paradigmas distintos. Cuando coinciden, la política resulta coherente; cuando divergen, se manifiestan tensiones que iluminan el modo en que opera el Estado.

Esta cuestión adquiere particular relevancia en el campo de la política de ciencia, tecnología e innovación (CTI), cuyo análisis se apoya en dos planos conceptuales que conviene no confundir. Por un lado, las capas de racionalidad (meta, intermedia y específica) señalan el nivel de la política en el que se decide, desde los principios de largo plazo hasta el diseño concreto de los instrumentos. Por otro lado, los marcos analíticos (lineal, sistémico y transformativo) señalan el paradigma con el que cada capa se alinea. Analizar una política consiste, en consecuencia, en observar qué marco predomina en cada capa y si las capas resultan coherentes entre sí. En países de desarrollo como México, donde la incorporación de estos marcos ha ocurrido con rezago y donde ciertos instrumentos exhiben una notable continuidad institucional, este examen permite comprender por qué las orientaciones declaradas no siempre se traducen en transformaciones efectivas del sistema de innovación.

El presente artículo aborda esta problemática mediante el análisis de la política de CTI de la administración federal 2006-2012. La pregunta que orienta el estudio es la siguiente: ¿existe coherencia entre las capas de racionalidad de la política de CTI del periodo y congruencia con los marcos analíticos que predomina en el discurso y las prioridades (capas meta e intermedia) con el que se materializa en los instrumentos (capa específica)? El argumento que se sostiene es que dicha coherencia fue solo parcial: mientras las capas superiores se alineaban predominantemente con el marco lineal —la ciencia concebida como inversión orientada a la competitividad y el crecimiento—, la capa específica, en la que residen los instrumentos, mostraba mayor congruencia con el marco sistémico, centrado en la articulación de actores y la conformación de redes, heredado del andamiaje institucional consolidado en la Ley de Ciencia y Tecnología de 2002.

El análisis contribuye a evidenciar que la orientación efectiva de una política de CTI se aprecia con mayor precisión en la capa de sus instrumentos que en su discurso, y que dichos instrumentos poseen una inercia capaz de materializar un marco distinto del que enuncia el nivel programático. El texto se organiza como sigue: Tras esta introducción, el segundo apartado presenta el marco conceptual —los tres marcos analíticos de la política de innovación y la noción de coherencia entre capas de racionalidad—; el tercero describe la estrategia metodológica; el cuarto expone los resultados parciales del sexenio 2006-2012; el quinto discute sus implicaciones; y el sexto plantea los siguientes pasos de una investigación de mayor alcance.

2. Marco conceptual: marcos analíticos, racionalidad y coherencia

El análisis contemporáneo de la política de CTI se apoya, en buena medida, en la propuesta de Schot y Steinmueller (2018), quienes identifican tres marcos analíticos que coexisten en el debate actual. El primero, denominado marco lineal o de “innovación para el crecimiento”, asume que la inversión en ciencia genera crecimiento económico de manera relativamente directa; en él, el Estado financia la investigación para corregir fallas de mercado y el conocimiento se desplaza de forma secuencial desde la investigación básica hasta la comercialización. El segundo, el marco de los sistemas de innovación, concibe la innovación como un proceso interactivo que depende de las redes entre empresas, universidades y gobierno, de las capacidades de aprendizaje y del entramado institucional. El tercero, el marco transformativo, de formulación más reciente, orienta la innovación hacia la atención de grandes desafíos sociales y ambientales.

Estos marcos no son mutuamente excluyentes, sino que coexisten dentro de una misma política. En el caso latinoamericano, y particularmente en el mexicano, su incorporación ha ocurrido con cierto rezago. Como documenta Dutrénit (2024), el marco lineal predominó desde la creación del CONACYT en 1970; los componentes sistémicos se consolidaron a partir de la Ley de Ciencia y Tecnología de 2002; y los elementos asociados al marco transformativo se incorporaron únicamente hacia el final de la década de 2010.

El contraste entre discurso e instrumentos exige, asimismo, distinguir las capas de racionalidad de una política, entendidas como los niveles en los que esta se justifica y se decide. Laranja et al. (2008) diferencian una capa meta —integrada por los principios ideológicos y los objetivos de largo plazo— de una capa específica —correspondiente al diseño concreto de los instrumentos—. Entre ambas, la literatura posterior sitúa una capa intermedia (Jung, 2016), en la que las orientaciones generales se traducen en prioridades programáticas y se negocian entre los actores. La capa meta responde a la justificación última de la intervención; la intermedia, a la definición de prioridades; la específica, a la selección de instrumentos.

La noción de coherencia articula estos elementos. Cejudo y Michel (2016) advierten que la coherencia no es un atributo intrínseco, sino relacional: una política resulta coherente cuando sus capas se orientan en una misma dirección, desde el objetivo general hasta los instrumentos. Se trata, además, de una condición dinámica y no garantizada, sujeta a las discontinuidades propias de los cambios de administración. En suma, capas y marcos operan en planos distintos y complementarios: las capas señalan dónde se decide; los marcos, con qué paradigma; y la coherencia se evalúa observando si un mismo marco atraviesa las tres capas.

3. Estrategia metodológica

El estudio aborda la administración 2006-2012 mediante un estudio de caso de carácter cualitativo. El material se procesó con el programa de análisis cualitativo MAXQDA y se sintetizó en una matriz de alineación que expresa, en una escala de 1 a 3, la intensidad con que cada marco analítico se manifiesta en cada capa de racionalidad. El procedimiento se desarrolló en las siguientes etapas:

1. Conformación de la estructura, integrado por documentos oficiales del periodo (el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI) 2008-2012 y las reglas de operación de los principales instrumentos) y por entrevistas semiestructuradas con ex funcionarios que ocuparon posiciones directivas en el CONACYT durante el sexenio.
2. Definición del sistema de categorías a partir de dos ejes: los tres marcos analíticos (lineal, sistémico y transformativo) y las tres capas de racionalidad (meta, intermedia y específica).
3. Codificación de los segmentos pertinentes en MAXQDA, asignando cada fragmento tanto a un marco analítico como a una capa de racionalidad.
4. Agregación y ponderación de la evidencia codificada para cada combinación de capa y marco, según su densidad y relevancia.
5. Normalización de los valores en una escala de 1 a 3 mediante un procesamiento en hoja de cálculo basado en un coeficiente de similitud tipo Jaccard, donde 1 indica alineación débil y 3, alineación fuerte.
6. Construcción de la matriz de alineación (heatmap), que permite leer la intensidad relativa de cada marco a lo largo de las tres capas.

Procede formular dos precisiones interpretativas. En primer lugar, la afinidad de la política con un marco determinado no implica su adopción deliberada por parte de los formuladores, sino una correspondencia identificada mediante el análisis retrospectivo. En segundo lugar, un alto grado de correspondencia entre capas denota coherencia de diseño, y no necesariamente eficacia ni resultados favorables.

4. Resultados: predominio del marco lineal en el discurso y del marco sistémico en los instrumentos

En la capa meta-racional predomina de manera nítida el marco lineal. La ciencia se concebía primordialmente en clave económica, como acumulación de capacidades orientada a la competitividad y el crecimiento. Un rasgo institucional resulta ilustrativo: la conducción del sector recaía en la Secretaría de Economía y no en una instancia de naturaleza científica. Los testimonios recabados coinciden en que no existía una definición ideológica sobre la orientación de la ciencia emanada de la Presidencia, sino una preocupación heredada desde 1970 por el fortalecimiento de las capacidades científicas nacionales. Uno de los entrevistados describió, incluso, una expectativa de carácter estrictamente lineal, conforme a la cual el incremento en el número de investigadores debía traducirse de forma directa en empleo o en producto interno bruto, supuesto que la evidencia no confirma.

En la capa intermedia, la orientación económica del PECiTI se mantiene, si bien comienza a manifestarse la afinidad con un marco distinto. Uno de los responsables de la planeación del periodo caracterizaba la función del Estado no como agente de intervención directa, sino como instancia encargada de establecer las condiciones para que la actividad científica y tecnológica se desarrollara mediante una planeación distribuida. Tal concepción —la de un Estado articulador— corresponde, en términos analíticos, al marco sistémico y no al lineal.

El desplazamiento más relevante se localiza en la capa específica, la de los instrumentos. En contraste con el discurso, el marco con el que esta capa muestra mayor congruencia no es el lineal, sino el sistémico. Los fondos mixtos y sectoriales exigían la concurrencia de gobiernos estatales, centros de investigación y dependencias federales; el Programa de Estímulos a la Innovación, instituido en 2009, condicionaba el apoyo a la vinculación entre empresas y academia; y en torno a ellos operaban parques tecnológicos, incubadoras, agrupamientos productivos y oficinas de transferencia de resultados de investigación. Por su propio diseño, tales instrumentos imponían la colaboración en red entre actores heterogéneos.

La Tabla 1 sintetiza la configuración del periodo. Su lectura por columnas confirma el contraste señalado: el marco lineal alcanza su máxima intensidad en las capas superiores (meta e intermedia) y cede terreno en la operación, mientras que el marco sistémico describe una trayectoria ascendente que culmina en la capa específica. El marco transformativo, en cambio, permanece en el mínimo de la escala en las tres capas.

Tabla 1. Intensidad de alineación entre las capas de racionalidad y los marcos analíticos, administración 2006-2012

Capa de racionalidad	Marco lineal	Marco sistémico	Marco transformativo
Meta	3.0	2.3	1.2
Intermedia	3.0	2.8	1.2
Específica	2.8	3.0	1.2

Fuente: elaboración propia con base en codificación en MAXQDA y procesamiento en Excel. La escala 1-3 expresa la intensidad de la alineación (1 = débil; 3 = fuerte).

La interpretación de este contraste remite al origen de la afinidad de los instrumentos con el marco sistémico, que no constituyó una convicción adoptada por la conducción del sexenio, sino una herencia institucional. La Ley de Ciencia y Tecnología de 2002 había formalizado la noción de “Sistema” e institucionalizado la participación de múltiples agentes en el diseño de la política. Para el periodo 2006-2012, dichos mecanismos se encontraban ya en operación, de modo que la administración no los originó, sino que los recibió en funcionamiento. De ahí la caracterización que sintetiza el periodo: un discurso alineado con el marco lineal superpuesto a una operación crecientemente congruente con el marco sistémico.

El marco transformativo, por su parte, resultó prácticamente ausente, por dos razones. La primera es de orden cronológico: su formulación articulada se consolidó con Schot y Steinmueller en

2018, seis años después de concluido el sexenio, por lo que no constituía un referente conceptual disponible; sus antecedentes, como la propuesta de Weber y Rohrer (2012) sobre la direccionalidad de la innovación, apenas comenzaban a circular en la literatura especializada. La segunda es de índole política: no existía una orientación explícita de la política científica hacia misiones sociales o ambientales, y las escasas referencias a la sostenibilidad presentes en los documentos carecían de articulación.

La coherencia de diseño no equivale, sin embargo, a eficacia, distinción que el caso ilustra con claridad. Los dos instrumentos emblemáticos del periodo —el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y las becas de posgrado— funcionaban como un núcleo protegido, sostenido por un amplio consenso político. El crecimiento sostenido del número de miembros y de becas, no acompañado de un incremento proporcional del presupuesto global, condujo a que dicho núcleo absorbiera una fracción creciente de los recursos del CONACYT. De manera simultánea, el Consejo General —máxima instancia de coordinación de la política— sesionó de forma excepcional durante el sexenio, y el gasto en investigación y desarrollo permaneció considerablemente por debajo de la meta del 1% del PIB establecida desde 2002, sin superar cifras cercanas al 0.5%. La configuración resultante corresponde a una estructura coherente en su diseño, pero de escala insuficiente para incidir en el conjunto del sistema de innovación.

Conviene subrayar que las capas no se contraponían de manera abierta, sino que operaban de forma complementaria. Los instrumentos —congruentes con el marco sistémico— constituían, en última instancia, mecanismos para la consecución de objetivos propios del marco lineal: la producción de publicaciones, la formación de posgraduados y la transferencia tecnológica. El periodo puede describirse, en consecuencia, como un gradiente de hibridación, caracterizado por el predominio del marco lineal en el nivel discursivo y por una congruencia creciente con el marco sistémico conforme se desciende hacia los instrumentos.

5. Discusión

Los hallazgos admiten una lectura que trasciende el periodo analizado. Por una parte, la comprensión de una política de CTI no puede limitarse al discurso y por otra parte, los instrumentos exhiben una inercia propia, pueden anticipar el marco dominante —como los instrumentos congruentes con el marco sistémico que en 2006-2012 operaban bajo un discurso alineado con el marco lineal— o persistir pese a los cambios de orientación declarada. El propio núcleo inercial identificado en este periodo —el SNI y las becas— reaparece, con distintas denominaciones, en las administraciones subsecuentes, con independencia de la retórica predominante. El reconocimiento de dicha inercia resulta indispensable para el diseño de políticas de CTI capaces de sostener la coherencia entre sus capas.

6. Siguientes pasos

El presente análisis constituye un resultado parcial de una investigación doctoral de mayor alcance, orientada a comparar las tres administraciones recientes 2006-2012, 2012-2018 y 2018-2024 y a examinar el SNI, actualmente Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII), en tanto instrumento de particular continuidad a lo largo de los cambios de gobierno. Las etapas subsecuentes contemplan la aplicación del mismo procedimiento analítico a los dos periodos restantes, con el propósito de determinar si la divergencia entre discurso e

instrumentos se amplía, se reduce o se invierte; la profundización en el estudio del SNII como componente inercial de la política científica mexicana; y la discusión de las implicaciones de estos hallazgos para el diseño de una política de CTI que preserve la coherencia entre sus capas a lo largo del tiempo. La comparación en su conjunto permitirá contrastar el caso aquí expuesto con periodos en los que el discurso adquiere una ambición considerablemente mayor mientras los instrumentos conservan la congruencia con el marco que los ha caracterizado desde su origen.

Referencias

- Borrás, S., & Edquist, C. (2013). The choice of innovation policy instruments. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(8), 1513-1522.
- Cejudo, G. M., & Michel, C. L. (2016). Coherencia y políticas públicas: metas, instrumentos y poblaciones objetivo. *Gestión y Política Pública*, 25(1), 3-31.
- Dutrénit, G., Puchet, M., Tagüña Julia. (2024). Del desmantelamiento a la reconstrucción del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación. En Cabrero, M, E., Seade, K,J, A. *Propuestas y reflexiones sobre el futuro de la política de ciencia, tecnología e innovación en México* (pp. 99). Instituto de Investigación en Políticas Públicas.
- Flanagan, K., Uyarra, E., & Laranja, M. (2011). Reconceptualising the 'policy mix' for innovation. *Research Policy*, 40(5), 702-713.
- Jung, W, S y Hyunsoo, K. (2016). Bureaucratic Rationale and Use of an Academic Concept in Policy-Making: The Rise and Fall of the Regional Innovation System in South Korea. *Regional Studies*, 50(3), 540-552. <https://doi.org/10.1080/00343404.2015.1052061>
- Laranja, M., Uyarra, E., & Flanagan, K. (2008). Policies for science, technology and innovation: Translating rationales into regional policies in a multi-level setting. *Research Policy*, 37(5), 823-835.
- Schot, J., & Steinmueller, W. E. (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*, 47(9), 1554-1567.
- Weber, K. M., & Rohracher, H. (2012). Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change. *Research Policy*, 41(6), 1037-1047.

5. Conocimiento y la relocalización industrial de empresas multinacionales de la industria automotriz en México

Daniel Chávez Galeana

Departamento de Producción Económica, UAM Xochimilco
Centro de Estudios Internacionales, El Colegio de México A.C.

E-mail: hchavez@correo.xoc.uam.mx

Resumen

Este estudio presenta datos empíricos a nivel de proyectos sobre el proceso de relocalización geográfica de Empresas Multinacionales (EMN) del sector automotriz en México. Clasificamos los proyectos por tipo de tecnología (vehículos convencionales y vehículos eléctricos, intensidad tecnológica de los productos, *headquarter* de la empresa matriz y localización geográfica de la inversión. Asimismo, debatimos sobre cómo las nuevas demandas de conocimiento asociadas a la industria emergente de vehículos eléctricos han supuesto cambios profundos dentro de la configuración de la cadena de valor y de suministro, promoviendo nuevas estrategias corporativas en las firmas que operan dentro de esta industria.

Abstract

This study presents project-level empirical evidence on the geographic relocation process of multinational enterprises (MNEs) in Mexico's automotive sector. We classify projects by technology type (internal combustion vehicles and electric vehicles), technological intensity of products, headquarters location of the parent company, and geographic location of the investment. We also discuss how new knowledge requirements associated with the emerging electric vehicle industry have driven profound changes in the configuration of the value and supply chain, fostering new corporate strategies among firms operating within this industry.

Keywords: relocalización geográfica; industria automotriz; EMNs; vehículos eléctricos; cadena de valor

1. Introducción

En años recientes, a raíz de coyunturas combinadas (pandemia y cierre fronteras, interrupción de cadenas de suministro, incremento de costos de transporte, escasez de materias primas por conflictos armados, entre otros), se ha ido evidenciando una desaceleración en la producción internacional. Hoy en día el término desglobalización se encuentra siendo enunciado con mayor frecuencia en los reportes de los organismos internacionales líderes en la discusión y promoción de la industria (UNCTAD y PNUD)¹. La llamada desglobalización (Labaj & Majzlikova, 2023) es acompañada por un conjunto de incentivos gubernamentales en los grandes países por reindustrializar sus economías al interior de sus fronteras.

¹ En paralelo, la literatura sobre las CGV ha comenzado a definir este nuevo proceso bajo la noción de las llamadas cadenas regionales de valor (CRV).

De acuerdo con UNCTAD (2018), tanto la pérdida de empleos como la incertidumbre política y financiera global han incentivado a los países desarrollados a restaurar su base manufacturera y, en paralelo, a apuntalar industrias tecnológicamente avanzadas (Estados Unidos, Reino Unido, Francia y la República de Corea son algunos de estos países). En este sentido, las políticas industriales² en dichos países se encuentran actuando en dos sentidos: 1) en la reindustrialización (con la repatriación o relocalización cercana de la manufactura) y en el 2) impulso de industrias específicas de alta tecnología³ (electromovilidad, inteligencia artificial, salud, nanotecnologías, nuevos materiales, energías renovables, TIC, etc.).

Entre estas industrias, el sector automotriz sigue siendo un poderoso sector estratégico para las grandes economías de nuestro tiempo, sujeto ampliamente a legislaciones, incentivos y mecanismos relacionados tanto con (1) la regionalización de la manufactura como con (2) la renovación sectorial de dicha industria.

Sobre el primer punto, el Presidente Donald Trump ha establecido aranceles que han aumentado el costo de las piezas de automóviles chinas en un 25%. Estos aranceles inciden en las ganancias de las grandes empresas ubicadas en China e incitan a las empresas a buscar medidas alternativas para evitarlos, como la ubicación de sitios de fabricación alternativos en países como Vietnam, la India o México (Gantz, 2020). Asimismo, ha otorgado importantes subsidios para la regionalización de la manufactura vinculada a esta industria que ascienden hasta los 30,000 dólares en subsidios por fábrica reubicada. En dicho sentido, la estrategia de EE.UU. se ha enfocado en hacer más doméstica la cadena de suministro de esta industria clave.

Sobre el segundo punto, el paradigma de la electromovilidad ha impulsado cambios estructurales de mayor alcance dentro de las cadenas de valor automotrices, con los consecuentes cambios tecnológicos en los procesos productivos y en varios de los componentes (suscitándose cambios profundos en los diseños y los materiales de los vehículos). Lo anterior ha ido modificando la trayectoria tecnológica de algunas empresas, sobre todo las de proveedores que fabrican componentes complejos y directamente vinculados con la motricidad eléctrica de los vehículos y un consecuente reordenamiento de la estructura y la distribución geográfica de los eslabones de la cadena de valor.

La interrelación de todos estos aspectos supone retos para el análisis de dicha industria no antes debatidos ni abordados en México. En principio, la regionalización de la producción automotriz hacia México incentivada por los factores de diferente orden supone un reto metodológico y teórico-conceptual, dado que un proceso de esta naturaleza no se había documentado antes, en tanto que: los cambios en las Cadenas Globales de Valor (CGV) automotrices no solo se están perpetuando en la dimensión geográfica, sino también al interior de las firmas que las componen, de las tecnologías que se emplean, y, aún más relevante, respecto al peso de los diferentes factores e insumos que las configuran.

Hoy día las cadenas se están volviendo más intensivas en conocimientos y dependientes de mano de obra calificada (Grazzi & Pietrobelli, 2016; Pietrobelli & Rabelloti, 2011) y la convergencia de la industria con otros sectores (como la inteligencia artificial, I4.O, energías renovables)

² Las economías desarrolladas han generado estrategias para afrontar la desindustrialización y la disminución en la competitividad industrial (Andreoni et al., 2018).

³ Por ejemplo, el *Inflation Act* en USA y el *Green Policy* en la UE.

presupone cambios explícitos en las estrategias corporativas de localización industrial de las EMN de dicha industria, que no han sido del todo debatidas ni conceptualizadas en profundidad en los modelos teóricos tradicionales (como el ciclo de vida del producto de Vernon o el propio enfoque de las CGV).

A partir del análisis de los patrones de re-localización industrial de las EMN que participan en la CGV automotriz, en esta investigación buscamos demostrar que: los cambios tecnológicos profundos por los que atraviesa la industria han inducido patrones de localización industrial diferenciados entre las EMN que participan en esa misma CGV. Donde el conocimiento localizado emerge como un factor de mayor centralidad para un tipo particular de empresas y productos, particularmente central para las EMN que participan en una tecnología emergente como la electromovilidad y en la producción de componentes sofisticados y tecnológicamente complejos.

Dado que las externalidades del conocimiento están geográficamente acotadas por su naturaleza tácita (Nelson & Rosenberg, 1999), es casi una obviedad que las EMN de la CGV automotriz que se están relocalizando en el país, y que requieren de insumos específicos de conocimiento, lo harán en clústeres industriales automotrices donde otras empresas del mismo sector ya son tecnológicamente activas, no obstante, existen profundas asimetrías en las bases de conocimiento entre los diferentes clústeres automotrices del país, que son resultado de las propias trayectorias tecnológicas de las empresas y de las regiones, por ello, las EMN tenderán a localizarse en los que: (1) cumplan con sus demandas de conocimiento, pero también de: (2) proveeduría (si es el caso), y en aquellos donde el conocimiento exista a la par de otros factores de atracción específicos como i. infraestructura, ii. mecanismos institucionales, iii. seguridad, iv. recursos hídricos y otros de naturaleza similar, etc.

En dicho sentido, en esta investigación se busca demostrar empíricamente el peso que los diferentes factores de atracción (entre los que se incluye el conocimiento localizado) de los territorios en México tiene respecto a las decisiones de localización de las EMN que participan en la cadena de valor automotriz. Diferenciando entre tipos de empresas y tipos de productos.

En particular, en este estudio se considera que los parámetros principales de la competencia entre empresas, hoy en día, no pueden capturarse completamente dentro de un marco tradicional basado en ventajas relativas de costos (Marlberg et al., 2021), sino que el conocimiento tecnológico localizado y el tejido industrial local son ahora esquemas de importancia tanto en términos competitivos como de decisiones de localización de actividades productivas y tecnológicas sofisticadas.

2. Revisión de la literatura

La industria automotriz, las cadenas globales de valor y el conocimiento tecnológico

La industria automotriz es considerada una industria global y un ejemplo paradigmático de la geografía cambiante de la producción. En los últimos 30 años se ha intensificado en el mundo la migración de la producción de vehículos desde los países desarrollados hacia las economías emergentes. Dicho proceso ha sido resultado de tres aspectos conjuntos: (i) las estrategias de *offshoring* de las empresas líderes (OEMs), (ii) la presión sobre estas mismas por instalar

operaciones en los principales mercados, incluyendo los de los países en desarrollo con mayor crecimiento (como Brasil, China e India) (Golini et al., 2016), y (iii) la internacionalización de los proveedores de primer nivel (T1) (Sturgeon & Van Biesebroeck, 2011).

Estos procesos han generado que crezca la densidad de las relaciones y la complejidad de esta cadena particular, el carácter global de la industria ha incentivado una mayor participación de empresas domésticas y locales dentro de la cadena. La discusión teórica sobre las cadenas ha clasificado a la cadena de valor automotriz dentro de las impulsadas por productores. En esta literatura se distinguen dos tipos principales de cadenas: (1) las cadenas impulsadas por productores y (2) las cadenas impulsadas por compradores.

En el primer tipo se incluyen industrias de bienes duraderos intensivos en capital y tecnología, como la automotriz, la aeroespacial y la de maquinaria eléctrica, en las cuales las empresas líderes se caracterizan por participar directamente en eslabones asociados con la manufactura. En contraste, las cadenas impulsadas por compradores se asocian con empresas líderes que operan en sectores como el textil, conocen completamente la red de proveedores y se especializan en los eslabones de la cadena asociados con actividades como la comercialización y el marketing (Mahutga, 2011).

La cadena de valor de esta industria presenta relaciones de poder altamente asimétricas, en específico, las OEM organizan y coordinan las actividades productivas que se constituyen a lo largo de la cadena (Sturgeon et al., 2008); al estar a cargo del diseño del producto (Masiero et al., 2017) suelen difundir estándares técnicos, información compleja no codificada y conocimiento tácito sobre estos a los proveedores (Sturgeon et al., 2008), estos vínculos entre empresas líderes y sus proveedores ha derivado en un modo de gobernanza del tipo relacional donde la empresa líder mejora su stock de conocimiento mediante un control sobre los proveedores (Lampón et al., 2018) y en el escalamiento industrial e internacional de muchos proveedores. Además del mejoramiento de las capacidades técnicas y productivas, algunos proveedores de primer nivel (Delphi) lograron internacionalizar sus actividades bajo las presiones de las empresas líderes, co-localizándose en los países y regiones en los que las OEM se dispersaban.

Estos procesos de co-localización al interior de los países fueron generando clústeres con instituciones de apoyo y mercados laborales especializados en dicha industria (Sturgeon et al., 2008). El enorme poder de compra de los fabricantes automotrices ha configurado por años la geografía económica de la industria de forma que (1) la fabricación de partes voluminosas, pesadas y específicas de los modelos (p.ej. motores, transmisiones, asientos y piezas interiores) se concentró cerca de las plantas de ensamblaje final para asegurar entregas Just in Time (JIT) (Kim & McCann, 2008), mientras que (2) la producción de las partes más ligeras y genéricas se distribuyó extraterritorialmente y a distancia para aprovechar economías de escala y bajos costos laborales (p.ej. llantas, baterías, arneses) (Sturgeon et al., 2008).

Este segundo aspecto es el que ha configurado geográficamente el ensamblaje y la producción de arneses y componentes electrónicos automotrices en la frontera norte de México, región que se ha especializado por años en la producción de autopartes intensivas en mano de obra (Sturgeon & Van Biesebroeck, 2011). En este discurso de ideas, la dimensión geográfica, y en específico la proximidad, es una dimensión que ha tomado importancia dentro del estudio de esta industria específica.

Aunque la industria ha alcanzado una escala global, la actividad manufacturera solo se ha concentrado en unas pocas regiones industriales dentro de los países, estas aglomeraciones de OEMs, proveedores globales y empresas locales han tomado las características de clústeres, y en ciertas ocasiones se han especializado en aspectos específicos de la cadena de valor, como el diseño del vehículo, el ensamblaje final o la manufactura de piezas. La co-localización y la proximidad geográfica varía según el tipo de componente, las etapas de producción y la complejidad de este (Sturgeon & Van Biesebroeck, 2011).

Estas dimensiones incluso se vuelven aún más necesarias cuando emergen nuevos diseños de vehículos (Kim & McCann, 2008) a medida que los ciclos de vida de los productos se acortan (Miller, 1994). Aunque la co-localización no es el requisito absoluto ni suficiente para que se formalicen los procesos de transferencia de conocimiento tácito (Bathelt et al., 2004), suele ser imprescindible para las empresas proveedoras localizarse en el clúster donde opera la OEM para involucrarse en los proyectos y programas de desarrollo de nuevos vehículos que se gestan a lo largo de varios meses o incluso años (Sturgeon et al., 2008). En el ámbito de la innovación y de las actividades de I+D, la producción automotriz se ha visto siempre beneficiada de los sistemas geográficamente concentrados (Boschma & Wenting, 2007), la naturaleza y las externalidades del conocimiento han inducido una mayor concentración espacial de las actividades de mayor valor agregado en esta industria; aunque las tecnologías de la información y comunicación han permitido el desarrollo de productos en colaboración con proveedores de todo el mundo, existen aún bienes y componentes de alta complejidad cuyos procesos de producción son difíciles de codificar y por tanto requieren la proximidad espacial, la colaboración estrecha y los contactos cara cara (Golini et al., 2016; Salerno et al., 2009). En este proceso de organización espacial han surgido regiones ganadoras y perdedoras (Kim & McCann, 2008). Aquellas regiones ganadoras se caracterizan por clústeres industriales bien conectados a la información técnica y de mercado externa, pero no tan densamente enlazados como para que las redes locales se diluyan (Sturgeon et al., 2008).

Además de las profundas inversiones en la generación de capital físico y humano que se constituyen para incentivar la industria, los clústeres automotrices regionales tienden a ser ampliamente duraderos porque se ven acompañados de recursos novedosos no disponibles dentro del clúster (Sturgeon et al., 2008) a los que tienen acceso por la característica global de las empresas que lo componen y la propia organización de la producción que ha seguido la industria a través de las CGV. Dicho esto, es plausible inferir dos cuestiones teóricas relevantes sobre esta industria: (1) en términos de mantenimiento, desarrollo e intercambio de conocimiento tácito, los supuestos teóricos de la literatura sobre clústeres resultan plenamente pertinentes para esta industria (Sturgeon et al., 2008) y (2) la organización y la gobernanza que se gesta al interior de la CGV ha promovido que los clústeres industriales en esta misma industria hayan logrado constituirse y mantenerse en el tiempo, en tanto que inducen al clúster en dinámicas de acceso de conocimiento que no estaría disponible si se constituyera como un sistema cerrado.

En este sentido, las EMN son altamente consientes de que las características de los espacios locales en los que se territorializan son ampliamente importantes para la competitividad global. Por ello, tienden a buscar territorios donde puedan beneficiarse de las externalidades y los spillovers tecnológicos (Boschma & Lambooy, 1999). Las cuales, cabe señalar, están geográficamente acotadas por las características propias del conocimiento mencionadas anteriormente.

Dentro de esta correlación de ideas no debe obviarse el poderoso hecho de que la proximidad espacial ayuda a las empresas en los procesos de intercambio de información y difusión de conocimiento, ya ampliamente señalados en la literatura. Estos y otros factores han llevado a que las empresas (1) concentren tipos particulares de actividades de VA dentro de un número limitado de ubicaciones al interior de los países o (2) a dispersarlas en varias ubicaciones (Cantwell & Janne, 1999). En dicho sentido, el conocimiento debe considerarse como uno de los ejes articuladores que definen los clústeres industriales al interior de los países y a las configuraciones de las CGV a nivel internacional.

3. Metodología

Al momento no hay datos públicos sistematizados en gran escala que reflejen el avance del proceso de *nearshoring* en el país, en este estudio acudimos (1) a los anuarios y reportes de inversión de empresas automotrices del Directorio Automotriz, posteriormente (2) a la prensa empresarial especializada para determinar si dicha inversión se cataloga o define como inversión *nearshoring*.

De los proyectos se ha podido capturar información estadística y cualitativa relevante, como los montos de las inversiones, la localización geográfica de las plantas, las empresas y sus países de origen, los tipos de productos y la naturaleza de la inversión: si las inversiones se destinarán hacia ampliaciones de plantas ya existentes, el aumento del volumen de producción, la diversificación de productos o hacia la instalación de una nueva factoría.

De los proyectos se ha podido capturar información estadística y cualitativa relevante, como los montos de las inversiones, la localización geográfica de las plantas, las empresas y sus países de origen, los tipos de productos y la naturaleza de la inversión: si las inversiones se destinarán hacia ampliaciones de plantas ya existentes, el aumento del volumen de producción, la diversificación de productos o hacia la instalación de una nueva factoría.

4. Primeros hallazgos

Al revisar 181 proyectos anunciados bajo la etiqueta de *nearshoring* en el sector automotriz, un patrón salta a la vista: más de la mitad (104 casos) corresponden a productos de tecnología intermedia —piezas como volantes, asientos y sus estructuras, motores, o vehículos de combustión interna. En otras palabras, el grueso de esta ola de inversión llega para instalar la líneas de producción en áreas que ya domina buena parte de la cadena de suministro automotriz global.

En cuanto a la forma que toma esta inversión, seis de cada diez proyectos implican levantar instalaciones desde cero —ya sea una planta de manufactura o un centro dedicado a investigación, desarrollo tecnológico o soporte técnico. El resto se destina a ampliar operaciones ya existentes: más líneas de producción, mayor volumen, o la incorporación de nuevos productos dentro de plantas que ya operaban en el país.

Cuadro 1. Patrones identificados de proyectos nearshoring automotriz en México

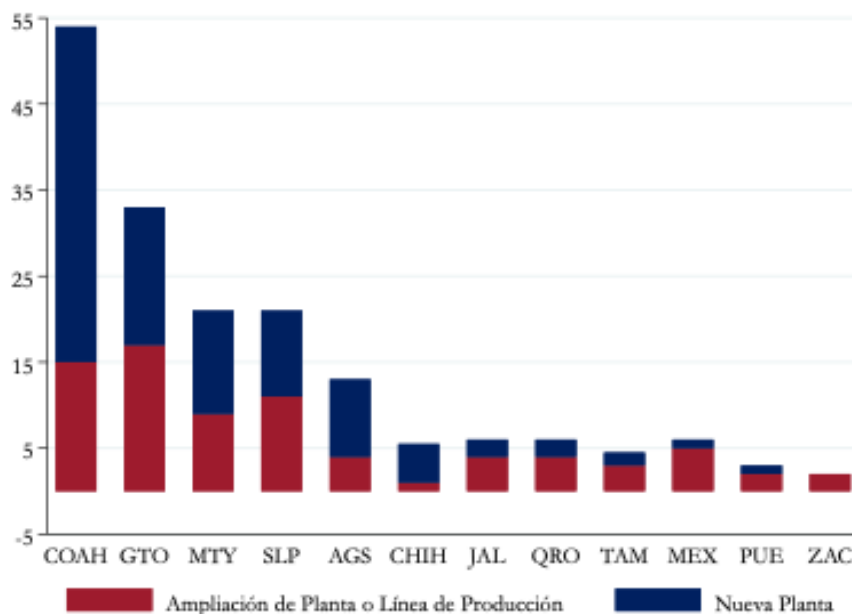
TIPO DE EMPRESA Y PROYECTO		Intensidad tecnológica de los productos			Cantidad de proyectos por tipo
		Baja	Media	Alta	
Empresa de reciente llegada, posterior al inicio de la pandemia.	Nueva factoría	5	24	5	34
	Nuevo centro I+D, tecnológico o técnico	-	-	3	3
Empresa con trayectoria productiva, previa al inicio de la pandemia.	Ampliación de planta, líneas de producción	16	42	17	75
	Nueva fábrica	17	38	10	65
	Nuevo centro I+D, tecnológico o técnico	-	-	4	4
Cantidad de proyectos por intensidad tecnológica		38	104	39	181

Fuente: Elaboración propia con base en Directorio Automotriz y la prensa empresarial

Esta oleada de relocalización no llega de manera pareja al territorio nacional: varía según el tipo de empresa, su país de origen y la estrategia detrás de cada inversión. Y como la mayoría de los anuncios corresponde a nuevas plantas de ensamble, no resulta casual que se concentren en un puñado de estados: Coahuila, Guanajuato, Nuevo León, San Luis Potosí y Aguascalientes lideran por mucho el número de proyectos captados.

La explicación tiene raíces históricas. Estas entidades llevan décadas construyendo su vocación automotriz: Nissan llegó a Aguascalientes en 1982, General Motors se instaló en Coahuila en 1981 y en Guanajuato en 1995, Kia eligió Nuevo León en 2015, y BMW arrancó operaciones en San Luis Potosí apenas en 2019. Con el tiempo, esa presencia fue generando clústeres industriales consolidados —proveedores especializados, mano de obra capacitada, infraestructura logística— que hoy funcionan como imán natural para nuevas inversiones del mismo sector.

Figura 1. Proyectos nearshoring automotriz por entidad de localización y tipo de inversión



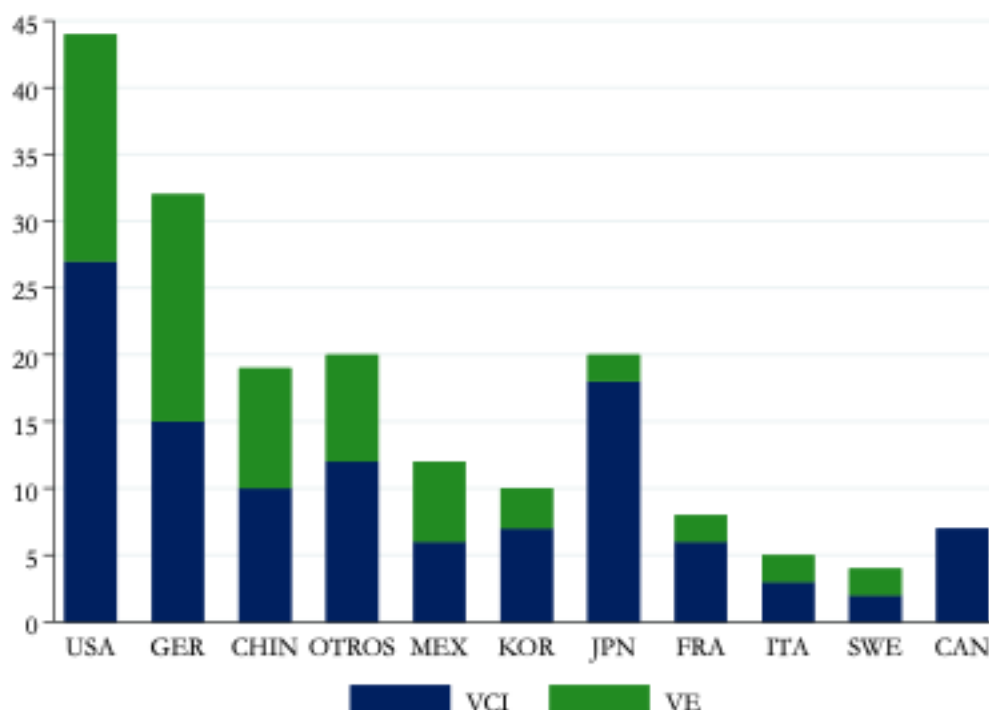
Fuente: Elaboración propia con base en Directorio Automotriz y la prensa empresarial

¿De dónde vienen estas inversiones y hacia qué tipo de vehículo apuntan combustión interna o eléctricos? Las empresas estadounidenses encabezan el conteo, seguidas por firmas alemanas y chinas (ver Figura 2).

Asimismo, buena parte de las compañías chinas identificadas están entrando al mercado mexicano por primera vez. Es el caso de Paslin, Hisun, Xusheng Group y Jiahua Chemical, que se instalaron en Coahuila; Noah Itech y Etron, en Nuevo León; o PGI y Sunmental Products, en San Luis Potosí. Un fenómeno similar se observa entre firmas alemanas —Festo, Voss, Harting Technology Group, Pass Automotive, Eberspächer— y japonesas —Tokai Rika, Kraube, Midori Nanjo, Mitsui High Tech, Penstone—, todas con presencia reciente en el país.

Este flujo de empresas debutantes o de reciente llegada en México no es casualidad: responde a las reglas de contenido regional que impone el T-MEC. Para las armadoras y proveedores de países sin tratado comercial vigente con Estados Unidos, instalarse en México se ha vuelto una vía para integrarse a las cadenas de suministro de las ensambladoras y proveedores Tier 1 y 2 que ya operan aquí, y así evitar los aranceles u otras barreras que Washington impone a las importaciones directas.

Figura 2. Proyectos nearshoring por headquarter de la empresa y tipo de vehículo (VCI vs VE)



Fuente: Elaboración propia con base en Directorio Automotriz y la prensa empresarial

5. Conclusiones

Este trabajo clasificó un conjunto amplio de anuncios de inversión automotriz, tomados de directorios especializados, notas de prensa empresarial y los propios sitios web de las empresas. Todos estos proyectos han sido identificados, por sus propias empresas o por la prensa, como parte del fenómeno de nearshoring. Encontramos que la mayoría se vincula con productos de tecnología media, y que buena parte de las empresas que ya operaban en México antes de la pandemia han invertido recientemente para ampliar sus operaciones y líneas de proveeduría en el país.

Una de las ideas que guió este análisis es que la electromovilidad exige tecnología más compleja que la manufactura tradicional de vehículos de combustión interna, tanto en los productos como en los componentes y módulos nuevos que se fabrican en el país. Esto debería reflejarse en el tipo de inversión que llega (más intensiva en tecnología) y en el valor agregado nacional que genera. Los resultados confirman parte de esta idea: la mayoría de las inversiones con mayor contenido tecnológico sí están relacionadas con vehículos eléctricos, pero este tipo de inversión todavía es escaso. Por eso es necesario diseñar incentivos que atraigan proyectos de mayor intensidad tecnológica. A continuación, presentamos algunas propuestas de política pública:

1. Impulsar la capacitación del personal en las tecnologías y campos técnicos que hoy son clave para la industria.
2. Crear incentivos específicos para atraer a los eslabones más críticos y tecnológicos de la cadena de valor automotriz.
3. Apoyar el escalamiento industrial y tecnológico de las empresas mexicanas, junto con cambios normativos que faciliten la transferencia de tecnología de las empresas extranjeras hacia los proveedores nacionales.

Como siguiente paso de esta investigación, buscaremos analizar la relación entre el conocimiento disponible en cada territorio y su capacidad para atraer proyectos con componentes de alto contenido tecnológico.

Referencias

- Andreoni, A., Chang, H. J., Konzelmann, S., & Shipman, A. (2018). La dinámica de la renovación económica e industrial en las economías maduras. *Cambridge Journal of Economics*, 42(6).
- Bathelt, H., Malmberg, A., & Maskell, P. (2004). Clusters and knowledge: local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation. *Progress In Human Geography*, 28(1), 31-56. <https://doi.org/10.1191/0309132504ph469oa>
- Boschma, R. A., & Lambooy, J. G. (1999). Evolutionary economics and economic geography. *Journal of Evolutionary Economics*, 9(4), 411-429. <https://doi.org/10.1007/s001910050089>
- Boschma, R. A., & Wenting, R. (2007). The spatial evolution of the British automobile industry: Does location matter? *Industrial And Corporate Change*, 16(2), 213-238. <https://doi.org/10.1093/icc/dtm004>
- Cantwell, J., & Janne, O. (1999). Technological globalisation and innovative centres: The role of corporate technological leadership and locational hierarchy. *Research Policy*, 28(2-3), 119-144. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(98\)00118-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(98)00118-8)
- Gereffi, G., & Korzeniewicz, M. (Eds.). (1994). *Commodity chains and global capitalism*. Bloomsbury Academic.
- Golini, R., Caniato, F., & Kalchschmidt, M. (2016). Linking global value chains and supply chain management: evidence from the electric motors industry. *Production Planning & Control*, 27(11), 934-951. <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1170225>
- Grazzi, M. & Pietrobelli, C. (2016). *Firm Innovation and Productivity in Latin America and the Caribbean. The Engine of Economic Development*. Palgrave.
- Kim, H. Y., & McCann, P. (2008). Supply chains and locational adjustment in the global automotive industry. *Policy Studies*, 29(3), 255-266. <https://doi.org/10.1080/01442870802159855>
- Mahutga, M. C. (2011). When do value chains go global? A theory of the spatialization of global value chains. *Global Networks*, 12(1), 1-21. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0374.2011.00322.x>
- Miller, R. (1994). Global R & D networks and large-scale innovations: The case of the automobile industry. *Research Policy*, 23(1), 27-46. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(94\)90025-6](https://doi.org/10.1016/0048-7333(94)90025-6)
- Nelson, R.R. & Rosenberg, N. (1999). Science, technological advance and economic growth. En A.D. Chandler, P. Hagström & Ö. Sölvell (Eds.), *The Dynamic of Technology, Strategy, Organization, and Regions* (pp. 45-59). Oxford University Press.
- Pietrobelli, C., & Rabellotti, R. (2011). Global value chains meet innovation systems: Are there learning opportunities for developing countries? *World Development*, 39(7), 1261-1269. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.05.013>
- Salerno, M. S., Marx, R., Zilbovicius, M., & Dias, A. V. C. (2009). The importance of locally commanded design for the consolidation of local supply chain: the concept of design headquarters. *International Journal Of Manufacturing Technology And Management*, 16(4), 361. <https://doi.org/10.1504/ijmtm.2009.023753>
- Sturgeon, T.J., Van Biesebroeck, J., & Gereffi, G. (2008). Value chains, networks and clusters: reframing the global automotive industry. *Journal of Economic Geography*, 8(3), 297-321.
- Sturgeon, T.J. & Van Biesebroeck, J. (2011). Global value chains in the automotive industry: an enhanced role for developing countries? *International Journal of Automotive Technology and Management*, 4(1/2/3), 181-205.

6. Colaboración pública en sectores intensivos en conocimiento: propuesta metodológica aplicada a la biotecnologías cubana y mexicana

Alexander González-Seijo
Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México
E-mail: asesorcubano@gmail.com

Juan Manuel Corona Alcántar
Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México
E-mail: jmcorona@correo.xoc.uam.mx

Mario Cimoli
Universidad de Santa Anna, Italia
E-mail: mariocimoli@outlook.com

Daniel Villavicencio Carbajal
Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México
E-mail: dvillavic@correo.xoc.uam.mx

Héctor Rodríguez
Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México
E-mail: hdiaz@correo.xoc.uam.mx

Ana Cristina Baute-Abreu
Universidad Central de Las Villas, Cuba
E-mail: annybauteabreu97@gmail.com

1. Introducción

En América Latina y el Caribe (ALC), el sector público concentra el 79% de los investigadores de tiempo completo, frente al 18.9% del sector empresarial (RICYT, 2024). Esta proporción modifica el diagnóstico habitual sobre innovación en la región: el reto no es solo vincular la universidad a la empresa privada, sino revitalizar los enlaces entre gobierno, comunidad científica y sector productivo de carácter público. El sector público comparte incentivos, marcos regulatorios y objetivos de política nacional, que facilitan sinergias entre sus integrantes. En México el 92% de los especialistas registrados en el Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras (SNII) están adscritos a instituciones públicas (SECIHTI, 2026), y en Cuba el 100%.

Este reporte presenta una metodología creada para que gobiernos, organizaciones públicas de innovación (OPI) y universidades puedan diagnosticar las redes de colaboración en Sectores Intensivos en Conocimiento (SIC). Como resultado se facilita el diseño de estrategias basadas en evidencias medibles, complementadas con análisis interpretativos de actores claves del sector.

La propuesta no descarta los marcos de vinculación tradicionales (Dutrénit y De Fuentes, 2012; Etzkowitz y Leydesdorff, 1995), pero los amplía. Mantiene el rol central del estado en las inversiones de alto riesgo en I+D (Mazzucato, 2023), ofreciendo una ruta alternativa al estudio de

la colaboración más allá de los diagnósticos bibliométricos y patentométricos, poco adaptados a la realidad de ALC.

El reporte muestra el rol de la colaboración en el desarrollo de la biotecnología en el sector público de la economía, y expone la metodología para su diagnóstico. Las preguntas que lo motivan son: ¿Cuál ruta metodológica facilita un panorama integral de los mecanismos de colaboración en SIC como la biotecnología? ¿Qué instrumentos de investigación deben aplicarse en cada fase metodológica acorde a los públicos a los que van dirigidos? Como objetivo general se propone: examinar una metodología por fases que permita la evaluación integral de los mecanismos de colaboración en SIC como la biotecnología.

Este artículo se estructura en cinco partes: la revisión y exposición de los principios teóricos, apuntes sobre los contextos de aplicación, la metodología general utilizada, los resultados de la aplicación a Cuba, México y un estado de México de la metodología, y por último las reflexiones finales para la generalización de resultados.

2. Análisis teórico a los modelos convencionales

En las últimas décadas, el enfoque teórico-metodológico ha priorizado la vinculación universidad-empresa, descuidando los enlaces en el sector público. Esto limita el análisis de la colaboración en I+D debido, entre otros, a: los modelos teóricos importados de otras regiones, admisión de los espacios de comunicación como espontáneos y eventuales, uso de las patentes y publicaciones de alto impacto como medida de la colaboración, sobrevaloración de la comunicación informal sin evidencia de su impacto, canales de información fragmentados, financiamiento enfocado a capacidades individuales y no a enlaces estratégicos, débil cultura emprendedora académica, escasa coordinación entre actores públicos y un tejido empresarial público insuficiente para completar ciclos de I+D (González-Seijo; Corona, Cimoli y Villavicencio, 2026a).

El escenario explica por qué los estudios de caso exitosos en la región suelen leerse como anécdotas difíciles de replicar: falta una ruta práctica y “tropicalizada” que permita evaluar y gestionar la colaboración de forma integral. A esto se suma una confusión conceptual persistente entre “información” y “comunicación” en buena parte de la literatura sobre vinculación en ALC (Pérez, 1999; De Fuentes y cols., 2017). Esto dificulta el consenso entre especialistas y termina afectando tanto el diseño de políticas nacionales como la evaluación de redes de colaboración existentes.

Este estudio parte del modelo de “triple hélice” (Etzkowitz y Leydesdorff, 1995), que describe la innovación como resultado de la interacción entre gobierno, empresa y universidad. Tres décadas después, los propios límites entre esos actores se han vuelto borrosos: el gobierno impulsa investigación como parte de sus programas de desarrollo, y el sector productivo (público y privado) la incorpora como una ventaja competitiva.

Se propone un enfoque “holístico” de la triple hélice que propone un sistema donde los roles se intercambian constantemente y el comportamiento del conjunto solo se explica por sus interacciones, no por sus partes aisladas. Esta mirada elimina las “barreras formales” entre gobierno, universidad y empresa para enfocarse en algo más útil para la gestión: los mecanismos

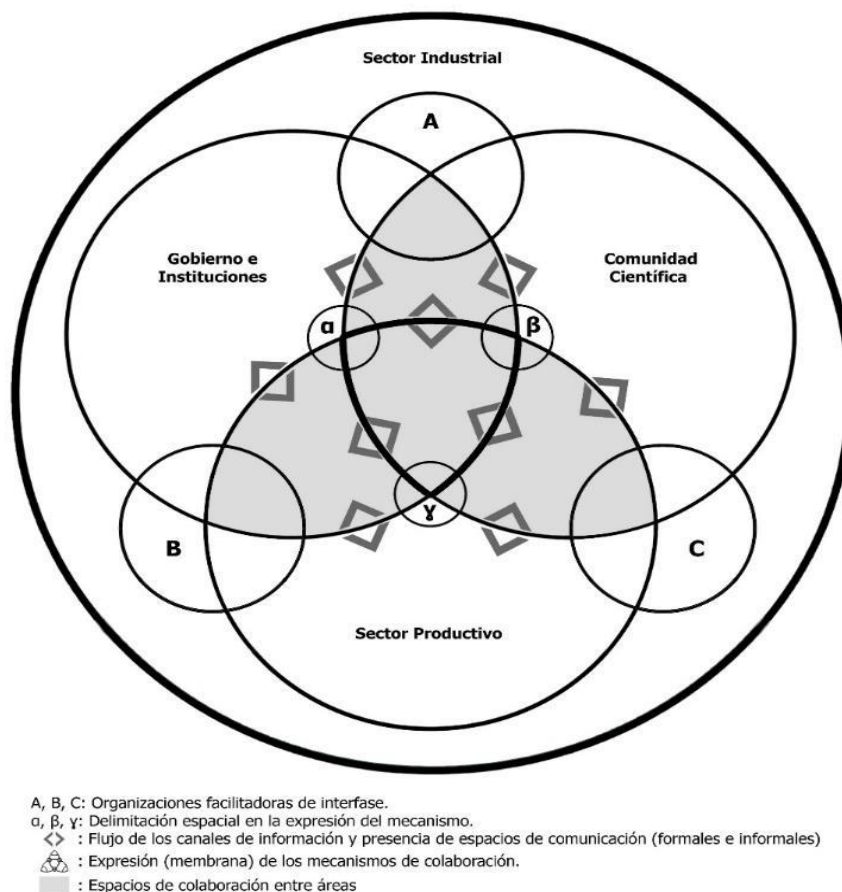
concretos que hacen posible la colaboración entre la comunidad científica, el gobierno y el sector productivo.

Esta propuesta identifica seis mecanismos de colaboración cuyo estudio es recurrentemente fragmentado, y consideran los siguientes indicadores:

- Formación: programas de formación de pregrado y posgrado, sistema de categorización docente, mentorías y otros programas coordinados entre instituciones.
- Investigación conjunta: evalúa la madurez científica de una especialidad, las capacidades territoriales, publicaciones, patentes, proyectos conjuntos y la vinculación.
- Recursos financieros: incentivos financieros a la colaboración y fuentes de fondeo.
- Recursos tecnológicos e infraestructura compartida: acceso compartido a infraestructura, instalaciones, laboratorios, equipamiento e insumos.
- Coordinación: estructuras institucionales, canales de información y espacios de comunicación multilaterales.
- Gobierno e instituciones: incentivos gubernamentales, políticas públicas y marco regulatorio del sector.

Cada mecanismo se despliega dentro de un territorio determinado (clústeres, región, sistema sectorial o nacional de innovación), pues se considera que la proximidad geográfica facilita los procesos de comunicación e información entre organizaciones e individuos y, con ello, la colaboración (Katz, 1993). Para un administrador público, esto tiene una implicación directa: no basta con financiar investigación; hay que gestionar deliberadamente los canales de coordinación y los incentivos institucionales, porque la colaboración no surge espontáneamente entre organizaciones públicas y público-privadas. La propuesta reformula el alcance de los actores, considerando las rutinas de producción científica más recientes y las amplias posibilidades que abren las tecnologías de la información y la comunicación de la mano de la inteligencia artificial (Ver *Figura 1*).

Figura 1. Expresión de los mecanismos de colaboración en sistemas sectoriales de innovación.



Fuente: Elaborado a partir de Etkowitz y cols. (1995) y Cai (2022).

De este marco se derivan tres premisas del estudio, útiles como brújula para quien diseña la política científica, administra una OPI o universidad, o se desempeñan como líderes científicos. En primer lugar, un enfoque holístico facilita el estudio de sectores públicos intensivos en conocimiento al centrarse en redes reales, no en límites formales. En segundo lugar, la naturaleza pública de las OPI no garantiza colaboración espontánea: requiere acciones deliberadas a nivel institucional. Por último, una metodología replicable permite diagnosticar, gestionar y evaluar estos mecanismos, superando las limitaciones de las herramientas bibliométricas tradicionales.

Biotechnología latinoamericana: los casos de Cuba y México.

La biotecnología es uno de los sectores que más ha despuntado en las últimas décadas en ALC: economías grandes como Argentina, México, Brasil, Colombia y Chile muestran avances notables (Amoretti, 2023), acompañados de iniciativas de base privada en países como Paraguay, Uruguay y Ecuador. Otro de los casos de éxito menos visibilizados en la región es la biotecnología cubana.

Mientras la biotecnología avanza desigualmente en la región, Cuba destaca como una excepción: un sector industrial, exportador e innovador construido desde la inversión pública, incluso en

medio de la contracción económica del país (Lage, 2012). La combinación de financiamiento estatal, capital humano calificado y un entorno regulatorio que premia la autonomía financiera y la orientación exportadora convirtió a la biotecnología en el segundo renglón exportador cubano (Pérez Villanueva, 2021). Pero el caso cubano combina dos rutas diferenciadas: el subsector biofarmacéutico logró altos niveles de vinculación e integración industrial gracias a las exigencias regulatorias necesarias para la exportación. En tanto, la biotecnología vegetal, quedó mayormente anclada a las universidades y no logró escalar su producción industrial asociada al sector productivo.

El estado actual de la biotecnología en México se define como un sistema de innovación incipiente y desarticulado (Amaro y Morales, 2016). Pese a contar con capacidades científicas de alta calidad y recursos humanos altamente competitivos a nivel internacional, persiste una baja conectividad con el sector industrial (Amaro y Morales, 2016). La propiedad intelectual se concentra mayoritariamente en el sector público, donde las universidades y centros de investigación poseen el 67% de las patentes mexicanas ante el IMPI (Gobierno de México, 2026a). Por su parte, las empresas nacionales (principalmente PyMEs) muestran capacidades innovadoras limitadas (15% del registro de patentes ante el IMPI en 2025) y enfocadas mayoritariamente en la adaptación tecnológica y la mejora de procesos (Gobierno de México, 2026; Amaro y Morales, 2016).

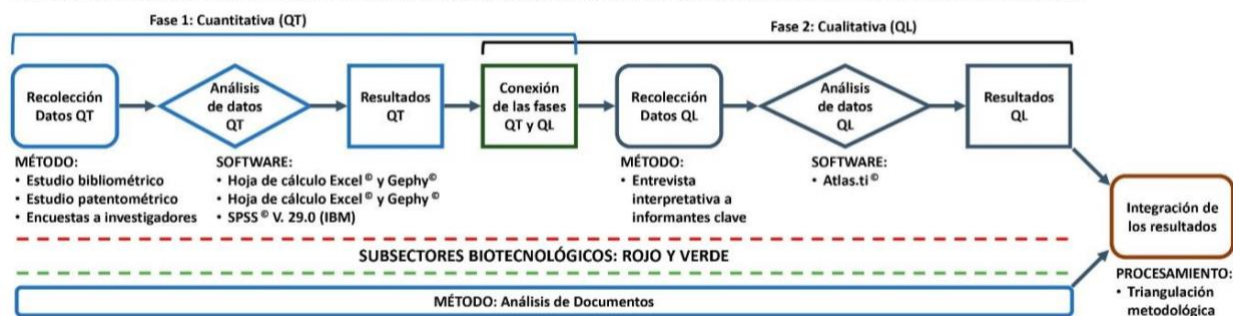
En materia de colaboración en I+D, existen barreras críticas como la excesiva burocracia en convenios, la falta de claridad en temas de propiedad intelectual y un desconocimiento mutuo sobre las capacidades de cada sector (Amaro y cols., 2009; Amaro y Morales, 2016). Finalmente, la ausencia de instrumentos financieros especializados genera un vacío institucional que impide al conocimiento científico traducirse efectivamente en un motor de desarrollo económico y social. No obstante, las nuevas políticas gubernamentales explicitan en el “Plan México” el impulso del sector biotecnológico (Gobierno de México, 2026b).

3. La ruta metodológica: cómo se diagnostica la colaboración en la práctica

El estudio propone una ruta metodológica replicable, pensada explícitamente para adaptarse a diversos contextos y sectores intensivos en conocimiento. Se trata de un diseño mixto secuencial explicativo compuesto por dos fases (Van de Ven, 1992; Ivankova y cols., 2006): primero una fase cuantitativa apoyada en bibliometría y cálculos matemáticos, cuyos resultados informan a una segunda fase cualitativa que profundiza en la interpretación del fenómeno mediante entrevistas (Pluye y cols., 2020).

Figura 2. Esquema del marco metodológico.

ENFOQUE MIXTO: DIVIDIDO EN DOS FASES SECUENCIALES (CUANTITATIVA Y CUALITATIVA), COMPLEMENTADAS CON ANÁLISIS DOCUMENTALES



Fuente: Elaboración propia.

El punto de partida es el análisis de redes, una metodología utilizada para comprender las estructuras, relaciones e interacciones entre actores de sistemas complejos. Se contempla su evolución al estudio de capacidades territoriales, que facilitan la formulación de estrategias y políticas científicas encaminadas a aumentar las colaboraciones en I+D en el sector público.

La fase cuantitativa combina dos instrumentos. Primero, un análisis cienciométrico de redes de colaboración, construido a partir de publicaciones en bases como OpenAlex y Scopus, que pueden ser contemplados con revistas y repositorios nacionales de menos impacto científico (paso indispensable en contextos donde buena parte de la producción científica no está indexada internacionalmente). Sobre esa red se calculan indicadores como el índice de colaboración, el grado promedio de la red, la centralidad de grado y la radialidad, que son procesados utilizando los programas Excel y Gephi para su visualización. En segundo lugar, una encuesta a investigadores, aplicada a especialistas con producción científica en los últimos diez años. La encuesta revela formas, alcance, motivaciones, limitaciones y oportunidades de colaboración. Debe ser validada para cada región antes de su aplicación a una muestra representativa.

La ampliación del estudio considera el cálculo del potencial biotecnológico y la madurez científica de especialidades en un territorio, a partir del análisis de las capacidades del capital humano en un sector determinado. En estos casos debe seleccionarse, con el apoyo de la inteligencia artificial, las especialidades que tributan con diferente grado de relevancia a la I+D en un sector determinado (González-Seijo y cols., 2026b).

La fase cualitativa recurre a entrevistas semiestructuradas interpretativas con actores clave, seleccionados no por representatividad estadística sino por su poder informativo: experiencia académica, antigüedad institucional, dirección de proyectos y participación en cooperación (Malterud y cols., 2016). Los resultados de la centralidad de grado en la fase cuantitativa identifican qué organizaciones son nodos dominantes de la red y, por tanto, dónde buscar a esos informantes clave. Con ambas fases integradas, los resultados se filtran por organización, territorio, sector o nación, lo que permite enfocar el diagnóstico en la unidad de análisis objeto de gestión.

4. De la fragmentación al análisis integral de los resultados

Los resultados se dividen en tres escenarios de aplicación: el primero estudia las redes de colaboración científicas en la biotecnología universitaria cubana, el segundo profundiza en las capacidades nacionales de México en el sector biotecnológico, y por último se muestran resultados preliminares de la aplicación a un estado de México.

Redes científicas en la biotecnología universitaria cubana

El estudio de la biotecnología universitaria cubana analiza cinco OPI adscritas al Ministerio de Educación Superior, a través de los seis mecanismos de colaboración. El mecanismo de formación registra ofertas de postgrado en todas las OPI, pero se carece de incentivos económicos y condiciones logísticas para incorporar especialistas de otros territorios. Por otra parte, la universidad conserva el monopolio institucional sobre la certificación de estudios de posgrado. En cuanto a recursos tecnológicos compartidos la colaboración es escasa: está más orientada a estancias en el extranjero que suplan las necesidades en infraestructura y equipamiento. No existen plataformas que compartan las capacidades en infraestructura, instalaciones, laboratorios, equipamiento o insumos de las OPI, de modo que se facilite la colaboración.

El acceso a los mecanismos de financiamiento es competitivo y exige alianzas, pero los incentivos disponibles favorecen proyectos internacionales sobre los nacionales. A ello se suma que los recursos son muy escasos y aún no se aprecia una voluntad empresarial por introducir resultados, incluso en el incipiente sector privado. La coordinación muestra estructuras formales de encuentro, pero con canales de información poco funcionales y escaso seguimiento sectorial y territorial. El gobierno y las instituciones han aumentado la flexibilidad y autonomía exportadora, aunque el marco legal (1998-2025) es fragmentado, de baja jerarquía y centrado en el control interno más que en la vinculación productiva. Al cierre de este artículo el gobierno ha decidido disolver y reorganizar las funciones del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), lo cual debe ser objeto de un análisis posterior sobre el impacto de la decisión en la política científica del país. Por último, el análisis bibliométrico de la colaboración en investigación, revela enlaces concentrados territorialmente, dominados por pocos nodos, sin actores puente que integren a las cinco OPI ni conexión eficaz con el sector biofarmacéutico empresarial, de mucho mayor desarrollo (Ver Fig. 3).

Figura 3. Colaboración de las OPI biotecnológicas universitarias con centros nacionales (2000-2024)

Figura 4. Índice de Potencial Biotecnológico del Capital Humano en el sector público de México



Fuente: Elaboración propia a partir de SECIHTI (2026)

La Ciudad de México destaca como núcleo central, con 22.7% de las capacidades totales de la nación y 28.7% de los especialistas de mayor relevancia. El estudio identificó capacidades territoriales con altos potenciales de colaboración entre estados colindantes que pueden ser aprovechados por las OPI, el gobierno y otras instituciones públicas.

El análisis integral concluye que la alta concentración territorial del capital humano limita el desarrollo de políticas equitativas y desaprovecha capacidades en estados rezagados. Ante ello, se propone una política orientada por misiones, escalonada en corto y largo plazo. En el corto plazo se puede fortalecer la colaboración institucional, evitar duplicar infraestructura y crear bases de datos nacionales de las diferentes capacidades. En el largo plazo, reformar incentivos hacia la colaboración grupal, ampliar el SNII con perfiles estratégicos y desarrollar un marco legal que facilite la vinculación en el sector público (fundamentalmente en actividades de I+D), todo enmarcado en el Plan México.

Madurez científica de las especialidades biotecnológicas

Un análisis preliminar de un estado mexicano⁴ muestra que posee el 43% de las especialidades registradas a nivel nacional para emprender I+D en el sector biotecnológico (González-Seijo y cols., 2026b), sin embargo, solo seis de las especialidades demuestran un completamiento de su madurez científica, registrando al menos un investigador en los diferentes niveles del SNII (Ver Tabla 1). El cálculo de los Índices de Madurez Científica en cada especialidad mostró escenarios muy adversos ante la posibilidad de desarrollar proyectos en el sector biotecnológico, que ocupan entre 10 y 15 años de trabajo de equipos multidisciplinarios. Este escenario debe ser atendido con urgencia por hacedores de políticas científicas y autoridades universitarias del Estado.

Tabla 1: Ciclo de completamiento de las especialidades biotecnológicas presentes en un Estado de México.

Nivel	Total especialidades SNII	Especialidades del SNII en el estado	Número de Especialistas	Especialidades con ciclo completo
Nivel 1: Núcleo Crítico de la Biotecnología	17	9	73	2
Nivel 2: Muy Alto-Aplicaciones Biotecnológicas	27	13	54	0
Nivel 3: Alto-Soporte Directo a la Biotecnología	47	17	58	1
Nivel 4: Moderado-Alto-Ciencias Habilitadoras	43	20	89	2
Nivel 5: Moderado-Apoyo Contextual a la Biotecnología	39	16	34	1
TOTALES	173	75	308	9

Fuente: Elaboración propia a partir de SECIHTI (2026).

5. Reflexiones finales

El desarrollo innovador en ALC es difícil de sostener sin evaluar antes las capacidades en sectores estratégicos, sobre todo en los de mayor intensidad de conocimiento. Por eso resulta imprescindible construir un consenso práctico-metodológico para analizar los mecanismos de colaboración y su expresión en las redes científicas sectoriales. Ese lenguaje común permitirá fortalecer las capacidades nacionales, en vez de dispersarlas en esfuerzos aislados que la región no puede permitirse.

Ante el papel limitado del Estado en el financiamiento de la I+D en ALC, fortalecer los enlaces dentro del sector público puede ser la ruta más rápida y de menor riesgo para dinamizar la colaboración entre la comunidad científica y con la empresa pública. Entre los obstáculos más recurrentes cuentan: la resistencia académica a colaborar con la industria, la atención teórica

⁴ Un estudio reciente exploró las capacidades públicas y privadas (en Instituciones de Educación Superior) combinadas. El ajuste obedeció a una solicitud del gobierno estatal, motivada por un factor cultural relevante: los habitantes muestran una alta propensión al emprendimiento, característica que condiciona su forma de vincularse con la actividad productiva y científica.

desproporcionada a la vinculación público-privada, y la escasa iniciativa gubernamental para crear incentivos y marcos regulatorios adecuados.

El caso cubano muestra que un sector público coordinado puede sostener una industria innovadora y exportadora con recursos limitados, pero la ausencia de mecanismos deliberados de colaboración (como ocurrió en la biotecnología vegetal frente a la biofarmacéutica) puede frenar el escalamiento productivo en la investigación de frontera. Compartir información y coordinar espacios de diálogo entre organizaciones públicas del sector no requiere grandes despliegues de recursos, y puede ser la palanca más eficaz para gobiernos y administradores de la ciencia.

Por otro lado, el territorio mexicano cuenta con un capital humano amplio para el desarrollo biotecnológico, aunque desigualmente repartido en la nación y concentrado en regiones específicas. Las entrevistas demostraron que el financiamiento es el principal motor impulsor de la colaboración en I+D, no obstante, pueden impulsarse políticas estatales que generen incentivos de bajo costo fiscal y favorezcan la vinculación pública. Los resultados en uno de los estados de México muestran que pueden crearse canales de información para compartir capacidades de interés común, y promocionar espacios de diálogo coordinados institucionalmente. También se apreció que el sector público necesita de un marco legal-regulatorio que favorezca la colaboración y proteja a las partes implicadas.

Independientemente de las estrategias y políticas que se puedan implementar, los autores sugieren profundizar en los casos de éxito de la “*mexican way of science (mexwos)*” para introducir nuevas prácticas que permitan salvar barreras culturales, institucionales y regulatorias en la implementación exitosa de programas de colaboración pública en I+D.

AGRADECIMIENTOS

La investigación fue posible gracias al financiamiento de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), y al apoyo del Programa Doctoral en Economía y Gestión de la Innovación de la UAM-Xochimilco. Los autores agradecen a los especialistas Dr. Simón Pérez-Martínez (Universidad Estatal de Milagro, Ecuador), Dra. Marisol Freire Seijo (Instituto de Biotecnología de las Plantas, Cuba) y Mtra. Emma Carlo (I2T2-PIIT, México), Mtra Ana Janset Pedroso Aparicio (Doctorante-CIDE-México).

Referencias

- Amaro, M., Corona, J. M., y Soria, M. (2009). Incentivos y colaboraciones universidad-empresa: Un estudio en el sector biotecnológico mexicano. En A. Martínez et al. (Coords.), *Innovación y competitividad en la sociedad del conocimiento* (pp. 371–396). Plaza y Valdés. <https://repositorio.esocite.la/284/>
- Amaro, M., y Morales, M. A. (2016). Sistema sectorial de innovación biotecnológica en México: Análisis y caracterización de sus principales componentes. *Redes: Revista de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología*, 22(42), 13–40. https://repositorio.esocite.la/275/1/Redes_42_-_SISTEMA_SECTORIAL_DE_INNOVACION.pdf
- Amaro, M., y Robles, E. (2013). Producción del conocimiento científico y patrones de colaboración en la biotecnología mexicana. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 1(2), 183–195.

- Amaro, M., y Villavicencio, D. (2015). Incentivos a la innovación de la biotecnología agrícola-alimentaria en México. *Estudios Sociales*, 23(45), 35–62. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572015000100002
- Amoretti, L. (2023). La industria biofarmacéutica de Argentina y Brasil en el siglo XXI. *Ciencia, Tecnología y Política*, 6(10), 1–9. <https://revistas.unlp.edu.ar/CTyP/article/view/15025/14143>
- Cai, Y. (2022). Modelo de triple hélice de los ecosistemas de innovación: Integración de modelos de triple, cuádruple y quintuple hélice. *Triple Helix*, 9(1), 76–106. <https://doi.org/10.1163/21971927-bja10029>
- De Fuentes, C., Dutrénit, G., y Torres, A. (2017). Canales de interacción universidad-empresa y beneficios esperados: Un análisis de microdatos de las empresas mexicanas. En G. Dutrénit y J. Núñez (Coords.), *Vinculación universidad-sector productivo para fortalecer los sistemas nacionales de innovación: Experiencias de Cuba, México y Costa Rica*. Editorial UH. https://www.researchgate.net/publication/319305016_Canales_de_interaccion_universidad-empresa_y_beneficios_esperados_un_analisis_de_micro_datos_de_las_empresas_mexicanas
- Etzkowitz, H., y Leydesdorff, L. (1995). The triple helix—university-industry-government relations: A laboratory for knowledge based economic development. *EASST Review*, 14(1), 14–19. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2480085
- Gobierno de México. (2026a, 15 de abril). México alcanza cifra histórica de patentes concedidas a personas inventoras nacionales en 2025: IMPI. <https://www.gob.mx/impi/prensa/mexico-alcanza-cifra-historica-de-patentes-concedidas-a-personas-inventoras-nacionales-en-2025-impi?idiom=es>
- Gobierno de México. (2026b, 26 de febrero). Plan México. Estrategia de desarrollo económico equitativo y sustentable para la prosperidad compartida. <https://www.planmexico.gob.mx/>
- González-Seijo, A., Corona, J. M., Cimoli, M., y Villavicencio, D. (2026a). *Colaboración en la biotecnología universitaria cubana (2000-2024)* [Manuscrito en preparación].
- González-Seijo, A., Corona, J. M., Cimoli, M., y Villavicencio, D. (2026b). *Cadenas de valor locales con actores globales: Capacidades nacionales en biotecnología desde la perspectiva científica mexicana* [Ponencia]. EVEAAL-SCGV, UNAM, Ciudad de México, México.
- Ivankova, N., Creswell, J., y Stick, S. (2006). Using mixed-methods sequential explanatory design: From theory to practice. *Field Methods*, 18(1), 3–20. <https://doi.org/10.1177/1525822X05282260>
- Katz, J. S. (1993). *Bibliometric assessment of intranational university–university collaboration* [Tesis doctoral, University of Sussex]. Science Policy Research Unit. https://www.researchgate.net/profile/J-Katz-3/publication/34019430_Bibliometric_assessment_of_intranational_university_-_university_collaboration/links/0912f513790b0ec830000000/Bibliometric-assessment-of-intranational-university-university-collaboration.pdf
- Lage, A. (2012). Las funciones de la ciencia en el modelo económico cubano: Intuiciones a partir del crecimiento de la industria biotecnológica. *Economía y Desarrollo*, 147(1), 80–106. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=425541205005>
- Malterud, K., Siersma, V., y Guassora, A. D. (2016). Sample size in qualitative interview studies: Guided by information power. *Qualitative Health Research*, 26(13), 1753–1760. <https://doi.org/10.1177/1049732315617444>
- Mazzucato, M. (2023). *El estado emprendedor: La oposición público-privado y sus mitos*. Penguin Random House.
- Pérez, M. (1999). Teoría matemática de la comunicación y teoría semántica de la información. *Teorema: Revista Internacional de Filosofía*, 18(2), 77–100. <https://acortar.link/uFqB4Q>
- Pérez Villanueva, O. E. (2021, 15 de febrero). *El desarrollo de la biotecnología en Cuba. Retos en la estrategia económica después de 2021*. Horizonte Cubano. <https://horizontecubano.law.columbia.edu/news/el-desarrollo-de-la-biotecnologia-en-cuba-retos-en-la-estrategia-economica-despues-de-2021>
- Pluye, P., García, E., Li Tang, D., y Granikov, V. (2020). La práctica de la integración en métodos mixtos: Las múltiples combinaciones de estrategias de integración. En V. Ridde y C. Dagenais (Eds.), *Evaluación de las intervenciones sanitarias en salud global: Métodos avanzados* (pp. 221–246). Éditions Science et Bien Commun.
- RICYT. (2024). *El estado de la ciencia: Principales indicadores de ciencia y tecnología 2024*. <https://oei.int/wp-content/uploads/2024/12/el-estado-de-la-ciencia-2024.pdf>
- SECIHTI. (2026, 26 de febrero). *Investigadores vigentes del SNII*. <https://secihti.mx/snii/padron-de-beneficiarios/>

- Van de Ven, A. H. (1992). Suggestions for studying strategy process: A research note. *Strategic Management Journal*, 13(5), 169–188. <https://doi.org/10.1002/smj.4250131013>
- Villavicencio, D., y López de Alba, P. (Coords.). (2009). *Sistemas de innovación en México: Regiones, redes y sectores*. Conacyt/Plaza y Valdés.

7. Sandboxes regulatorios para la inteligencia artificial: capacidades y dinámicas de adaptación institucional

Sandboxes regulatórios para inteligência artificial: capacidades e dinâmicas de adaptação institucional

José Victor Rodrigues Catalano

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Economia, Brasil

E-mail jv.catalano@unesp.br

1. Introdução

A crescente consolidação da inteligência artificial (IA) como uma tecnologia de propósito geral tem provocado transformações profundas nos mercados, nas estruturas institucionais e nas formas de interação social, ao mesmo tempo em que impõe desafios inéditos aos sistemas regulatórios (Bresnahan e Trajtenberg, 1995; Brynjolfsson, Rock e Syverson, 2019; Trajtenberg, 2019). As características sistêmicas, a rapidez da evolução técnica e a opacidade decisória associadas à IA vêm gerando assimetrias informacionais, riscos éticos e descompassos entre inovação e regulação (Cath, 2018; Fenwick, Vermeulen e Corrales, 2018; Catalano, 2023). Nesse contexto, torna-se urgente compreender como as instituições podem desenvolver capacidades adaptativas para lidar com a emergência tecnológica e institucional da IA.

É justamente nesse debate sobre adaptação institucional e aprendizagem regulatória que os sandboxes regulatórios assumem relevância. Esses instrumentos podem ser compreendidos como arranjos institucionais que permitem a testagem supervisionada de inovações tecnológicas em ambientes controlados, sob acompanhamento de autoridades reguladoras (Zetzsche et al., 2017; Alaassar, Mention e Aas, 2020; OECD, 2023). No campo da IA, os sandboxes assumem especial importância, pois possibilitam a experimentação normativa, a aprendizagem regulatória e a avaliação de riscos antes da consolidação de regras definitivas.

A tese parte da seguinte pergunta de pesquisa: *de que modo os sandboxes regulatórios operam como mecanismos de adaptação institucional e coevolução entre inovação tecnológica e regulação normativa no contexto da inteligência artificial?* A hipótese central é que os sandboxes funcionam como tecnologias sociais que viabilizam a deliberação iterativa, a aprendizagem regulatória e a experimentação normativa, atuando como zonas de transição entre a norma estabelecida e a inovação emergente. Sua implementação pode reduzir os riscos da obsolescência normativa e da inércia institucional diante das rápidas transformações algorítmicas.

O objetivo principal da pesquisa é investigar como os sandboxes regulatórios, enquanto arranjos institucionais inovadores, contribuem para a construção de capacidades estatais de resposta à emergência regulatória da IA promovendo trajetórias de governança mais experimentais, responsivas e inclusivas. Ao integrar abordagens da economia evolucionária, da teoria neo-institucional e da literatura sobre governança da inovação, a tese busca oferecer uma leitura teórica e empírica original sobre o papel dos sandboxes como instrumentos estratégicos de regulação adaptativa.

A relevância da pesquisa reside, portanto, em três dimensões principais: (i) teórica, ao articular os conceitos de coevolução, tecnologias sociais e experimentação institucional em uma abordagem aplicada à regulação da IA; (ii) metodológica, ao combinar análise quantitativa e qualitativa em uma estratégia de triangulação empírica; e (iii) política, ao contribuir com evidências para o desenho de políticas públicas mais eficazes, legítimas e sensíveis às transformações tecnológicas disruptivas. Trata-se de uma contribuição oportuna para os debates sobre inovação responsável, capacidade regulatória e redução de desigualdades tecnológicas, especialmente em um momento de reconfiguração das fronteiras entre Estado, mercado e sociedade civil na era digital.

2. Revisão da Literatura e Marco Teórico

A pesquisa se insere no campo da economia da inovação e da governança tecnológica, articulando três grandes vertentes teóricas: a abordagem evolucionária (Nelson & Winter, 1982), a perspectiva neo-institucionalista (North, 1990; Mahoney & Thelen, 2009) e os estudos sobre tecnologias emergentes e governança adaptativa (Sabel & Zeitlin, 2012; Kuhlmann, Stegmaier & Konrad, 2019; Baldwin & Black, 2022). Esse arcabouço é mobilizado para compreender como os sandboxes regulatórios operam como mecanismos institucionais de experimentação frente aos desafios impostos pela IA.

A tese parte do reconhecimento da IA como uma tecnologia de propósito geral, com características que a aproximam de inovações sistêmicas como a eletricidade ou a informática (Bresnahan & Trajtenberg, 1995; Brynjolfsson, Rock & Syverson, 2019; Trajtenberg, 2019; Vujović, 2025). Como tal, a IA afeta amplamente múltiplos setores econômicos, exige mudanças institucionais (Rudko et al., 2025) e gera um ambiente de incerteza regulatória crônica, por ser uma tecnologia emergente (Rotolo, Hicks & Martin, 2015). As estruturas normativas tradicionais, concebidas para lidar com inovações incrementais, mostram-se insuficientes para regular tecnologias de rápido avanço, alta opacidade e impacto transversal (Cath, 2018; Fenwick, Vermeulen & Corrales, 2018; OECD, 2023).

Nesse contexto, ganha destaque o interesse por modelos de governança mais experimentais e iterativos, capazes de lidar com a imprevisibilidade, favorecer o aprendizado contínuo, equilibrar inovação, segurança, legitimidade e eficácia regulatória (Floridi et al., 2018; Cath, 2018; Ahern, 2025; Rudko et al., 2025). A literatura sobre governança adaptativa (Sabel & Zeitlin, 2012; Papagiannidis et al., 2025) propõe justamente esse modelo, baseado em deliberação participativa, reconfiguração institucional e revisão periódica de normas. Os sandboxes regulatórios se inserem nesse paradigma como “laboratórios institucionais” (Buocz, Pfothner & Eisenberger, 2023), permitindo a testagem de inovações tecnológicas sob condições controladas e com supervisão regulatória (Zetzsche et al., 2017; Alaassar, Mention & Aas, 2020; Undheim, Erikson & Timmermans, 2022).

Do ponto de vista teórico, a pesquisa adota uma leitura da mudança institucional como processo coevolutivo (Nelson, 1994; Almudi & Villafranca, 2021), em que tecnologias e instituições evoluem de forma interdependente (Acemoglu, 2025). A IA é vista como um vetor que modifica o ambiente seletivo das instituições, exigindo rearranjos contínuos, e os sandboxes são interpretados como tecnologias sociais (Nelson & Sampat, 2001), isto é, arranjos que coordenam interações entre atores sob condições de incerteza.

A perspectiva neo-institucionalista contribui para a compreensão da variação nos arranjos de sandboxing adotados internacionalmente, ao explorar os mecanismos de continuidade e mudança institucional (Mahoney & Thelen, 2009; Thelen, 2004). A adoção de sandboxes pode ser lida como resposta a pressões de isomorfismo institucional (DiMaggio & Powell, 1983), mas também como expressão de disputas por legitimidade, interesses estratégicos e trajetórias institucionais específicas (Campbell, 2010; Peters & Pierson, 2005).

A IA impõe o chamado problema de controle (Bostrom, 2014; Russell, 2019), ou seja, o desafio de alinhar o comportamento de sistemas autônomos aos valores normativos das sociedades. Esse desafio é ampliado pela opacidade algorítmica, pelo potencial discriminatório dos sistemas automatizados e pela concentração de poder informacional nas mãos de poucas empresas (Zuboff, 2019; Noble, 2018; Catalano, 2023). Em resposta, emergem marcos como auditorias algorítmicas, sistemas de certificação e princípios éticos, os quais, no entanto, carecem de efetividade regulatória se não forem ancorados em instituições adaptativas.

Por isso, a tese sustenta que os sandboxes regulatórios não devem ser vistos apenas como mecanismos de fomento à inovação, mas como estruturas institucionais de aprendizagem regulatória, que ampliam a capacidade do Estado de lidar com tecnologias complexas, promover accountability e mitigar riscos difusos (Zetzsche et al., 2017; Ansell & Boin, 2019; Alaassar, Mention & Aas, 2020; Truby et al., 2022; Morgan, 2023). Ao operarem como mecanismos de transição institucional, os sandboxes permitem ajustes incrementais nas normas e processos regulatórios, funcionando como instrumentos de governança experimental com potencial transformador.

Nos países em desenvolvimento, como o Brasil, o debate sobre a regulação da IA adquire contornos ainda mais complexos, dada a coexistência de fragilidades institucionais, assimetrias tecnológicas e desafios estruturais de inclusão digital. A literatura sobre inovação em contextos periféricos destaca a importância de políticas públicas que articulem capacidades estatais, coordenação multissetorial e orientação para missões sociais (Mazzucato, 2013; Edler & Fagerberg, 2017). Nesse sentido, os sandboxes regulatórios podem desempenhar um papel estratégico ao viabilizar arranjos institucionais mais flexíveis, adaptáveis e sensíveis às realidades locais. Ao promover a testagem supervisionada de soluções tecnológicas e estimular o aprendizado regulatório incremental, os sandboxes oferecem um caminho intermediário entre rigidez normativa e liberalismo desregulado. No caso brasileiro, onde os debates sobre marcos regulatórios de IA ainda se encontram em construção, o estudo desses arranjos pode fornecer subsídios empíricos e conceituais relevantes para o fortalecimento da governança tecnológica. Assim, adotar uma perspectiva coevolutiva e orientada à experimentação institucional é particularmente promissor para entender como formas híbridas de regulação podem emergir e se consolidar em ambientes marcados por desigualdade e incerteza.

A pesquisa propõe, assim, um modelo analítico baseado em três dimensões principais:

1. Capacidades regulatórias, entendidas como a habilidade do Estado de formular, implementar e revisar normas em ambientes de inovação acelerada;
2. Mecanismos de experimentação, ou seja, os instrumentos que viabilizam a testagem e a iteração normativa com base em evidências empíricas;

3. Formas de coevolução institucional-tecnológica, que dizem respeito às trajetórias pelas quais a regulação da IA se adapta — ou não — às transformações sociotécnicas em curso.

Essa estrutura permitirá investigar como os sandboxes são projetados, implementados e reinterpretados em diferentes contextos nacionais, levando em conta fatores como maturidade institucional, padrões de accountability, abertura à participação social e estratégias de difusão de políticas.

3. Metodologia

A estratégia metodológica da pesquisa combina abordagens quantitativas e qualitativas em um modelo de triangulação analítica. Essa escolha visa captar tanto os padrões agregados de governança da inteligência artificial quanto às especificidades institucionais dos arranjos de sandboxing em contextos nacionais distintos. A metodologia está organizada em duas etapas principais: análise quantitativa exploratória com base em indicadores internacionais e estudo comparado qualitativo de casos selecionados.

Análise Quantitativa

A etapa quantitativa da pesquisa busca identificar padrões empíricos de governança da inteligência artificial por meio de uma análise de agrupamentos (cluster analysis). O objetivo é construir uma tipologia internacional de regimes regulatórios, a partir da combinação de indicadores que expressem a capacidade dos países de regular a IA, sua maturidade tecnológica e o grau de institucionalização de práticas regulatórias.

Serão utilizados dados provenientes de bases internacionais reconhecidas e indicadores (Tabela 1). A seleção dos países será guiada pela disponibilidade de dados comparáveis e pela presença ou ausência de iniciativas formais de regulação e sandboxing.

As variáveis empíricas estarão organizadas em três dimensões principais:

- Capacidade regulatória: qualidade regulatória, efetividade governamental, existência de diretrizes nacionais de IA, e presença de autoridades reguladoras especializadas.
- Maturidade tecnológica: readiness index, infraestrutura digital, número de pesquisadores em IA, investimentos públicos em P&D.
- Governança experimental: existência de sandboxes regulatórios, frequência de revisão das normas de IA e grau de abertura à participação pública.

Após a normalização dos dados (Tabela 2), serão aplicados algoritmos de cluster para agrupar os países por similaridade, identificando perfis contrastantes de governança da IA. Essa classificação orientará a seleção de casos para a análise qualitativa e permitirá mapear as trajetórias nacionais diante da emergência regulatória, com ênfase nas capacidades estatais, na experimentação institucional e nas estratégias de adaptação normativa.

Análise Qualitativa

A segunda etapa consiste em um estudo comparado de casos, com base no modelo de most different systems design (Anckar, 2008), selecionando países que enfrentam desafios comuns em

relação à regulação da IA, mas com configurações institucionais contrastantes. A definição dos casos será guiada pela tipologia construída na etapa quantitativa, permitindo uma seleção fundamentada teoricamente.

A análise qualitativa terá como foco as experiências nacionais com sandboxes regulatórios, examinando seus critérios de elegibilidade, objetivos, mecanismos de aprendizado, formas de participação social, processos de accountability e impactos percebidos sobre a regulação da IA. Os países serão analisados com base em categorias analíticas derivadas do marco teórico, tais como: (i) capacidade de aprendizado institucional; (ii) nível de integração interinstitucional; (iii) abertura à experimentação normativa; e (iv) grau de responsividade aos riscos tecnológicos.

As informações qualitativas serão coletadas por meio de análise documental (leis, diretrizes, relatórios institucionais) e revisão de literatura especializada. A análise buscará reconstruir os processos institucionais de formulação e implementação dos sandboxes, suas motivações, desafios enfrentados e adaptações realizadas ao longo do tempo.

Justificativa da Abordagem

A opção pela triangulação metodológica visa superar as limitações inerentes a abordagens exclusivamente qualitativas ou quantitativas, permitindo combinar variação sistêmica com análise contextualizada. A análise de agrupamentos oferece uma visão estrutural sobre padrões internacionais de governança, enquanto o estudo de casos aprofunda a compreensão dos processos institucionais concretos em cada país.

Essa estratégia metodológica é particularmente adequada para investigar arranjos institucionais em contextos de inovação disruptiva, nos quais não há modelos consolidados de regulação, e as experiências nacionais refletem trajetórias contingentes, condicionadas por fatores sociopolíticos, culturais e institucionais. Ao conectar padrões globais e dinâmicas locais, a pesquisa busca avançar na construção de uma tipologia analítica dos sandboxes regulatórios e de seus impactos sobre a governança da IA.

Tabela 1: Fontes de dados

Base de dados	Objetivo principal	Nº de países	Fonte
AI Preparedness Index	Avaliar a prontidão nacional para adoção segura e eficaz da IA	174	https://www.imf.org/external/datamapper/datasets/AIPI
Government AI Readiness Index	Medir a capacidade dos governos de implementar estratégias de IA	188	https://oxfordinsights.com/ai-readiness/ai-readiness-index/
Tortoise Global AI Index	Avaliar a competitividade nacional em IA	83	https://www.tortoisemedia.com/data/global-ai
AI Index	Monitorar o progresso e impacto global da IA	82	https://hai.stanford.edu/ai-index
SciVal	Analisar a produção científica em IA	234	https://www.scival.com/
PATENTSCOPE	Analisar as patentes em IA	158	https://www.wipo.int/en/web/technology-trends/artificial_intelligence/patentscope
Global Index on Responsible AI	Avaliar a adoção de práticas de IA responsável	138	https://www.global-index.ai/
Global AI Regulation Tracker	Mapear o quadro regulatório em IA	91	https://www.fairly.ai/blog/map-of-global-ai-regulations
Global AI Initiatives Navigator	Sistematizar as regulações, estratégias nacionais e políticas públicas em IA	70	https://oecd.ai/en/dashboards/overview

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 2: Variáveis e tratamento dos dados utilizados na análise

Base de dados	Variáveis observadas	Escala	Tratamento estatístico
AI Preparedness Index	Infraestrutura Digital; Inovação e Integração Econômica; Capital Humano; Políticas de Mercado de Trabalho; Regulação; Ética	0-1	Já normalizado
Government AI Readiness Index	Governo; Setor de Tecnologia; Dados e Infraestrutura; Visão; Governança e Ética; Capacidade Digital; Adaptabilidade; Maturidade; Capacidade de Inovação; Capital	0-100	Normalização min-max

	Humano; Infraestrutura Disponibilidade de Dados; Representatividade de Dados		
Tortoise Global AI Index	Talento, Infraestrutura, Ambiente Operacional, Pesquisa e Desenvolvimento, Estratégia Governamental e Comercial	Ordinal 1-83	Inversão da ordem e normalização: $(83 - x) \div 82$
AI Index	Vagas de emprego; Taxa de contratação relativa; Taxa de penetração relativa de habilidades; Concentração de talentos; Variação percentual na concentração de talentos; Investimento total (em bilhões de dólares americanos); Número de empresas de IA recém- financiadas; Número de projetos de lei relacionados à IA aprovados, 2016-24; Número de menções à IA em processos legislativos	Várias	Normalização min-max para reescalar entre 0 e 1
SciVal	Total de produção científica; Produção (por milhão de habitantes)	no.	Normalização min-max
PATENTSCOPE	Total de patentes; Patentes (por milhão de habitantes)	no.	Normalização min-max
Global Index on Responsible AI	Estruturas governamentais; Ações governamentais; Atores não estatais; Direitos humanos e IA; Governança responsável da IA; Capacidades responsáveis da IA	0-100	Normalização min-max
Global AI Regulation Tracker	Políticas de regulamentação	Nominal (Sim/Não)	Codificação binária: Sim = 1; Não = 0
Global AI Initiatives Navigator	Iniciativas de políticas; regulamentações; diretrizes; padrões; programas; projetos de IA	Nominal (Sim/Não)	Codificação binária: Sim = 1; Não = 0

Fonte: Elaboração própria.

4. Resultados parciais, discussão e implicações

Embora a pesquisa ainda esteja em andamento, a combinação entre os referenciais teóricos adotados e o desenho metodológico já permite delinear algumas projeções analíticas e hipóteses exploratórias sobre o papel dos sandboxes regulatórios na governança da inteligência artificial. Essas projeções orientam tanto a interpretação dos dados quanto a formulação de expectativas sobre os achados empíricos a serem consolidados nas próximas etapas.

Com base na análise da literatura e nos padrões institucionais observados preliminarmente, espera-se que os sandboxes regulatórios contribuam significativamente para ampliar a capacidade adaptativa dos sistemas regulatórios, atuando como mecanismos de mediação entre inovação tecnológica e regulação normativa. Em contextos de elevada incerteza, como o da IA, esses arranjos oferecem um espaço protegido para o teste de soluções emergentes, com base em princípios de supervisão, deliberação e aprendizado iterativo.

Do ponto de vista da análise quantitativa, projeta-se a formação de clusters diferenciados de governança da IA, com variação entre países que adotam políticas ativas de sandboxing — geralmente caracterizados por maior capacidade regulatória, institucionalidade robusta e alto grau de articulação interinstitucional — e aqueles que apresentam estruturas mais rígidas ou fragmentadas. A expectativa é que os primeiros tendam a incorporar mecanismos de avaliação contínua e flexibilidade regulatória em seus marcos normativos, enquanto os segundos enfrentem dificuldades para alinhar inovação e controle.

Na análise qualitativa, projeta-se que os modelos nacionais de sandboxing apresentarão variações significativas quanto à concepção institucional, aos critérios de acesso, aos objetivos estratégicos e às formas de participação social. Em alguns casos, os sandboxes serão orientados à promoção da competitividade e da inovação econômica; em outros, estarão mais associados a agendas de proteção de direitos, inclusão digital e regulação ética da IA. Essa diversidade institucional refletirá tanto a trajetória regulatória de cada país quanto seu posicionamento estratégico no cenário internacional de governança digital.

Além disso, espera-se encontrar barreiras estruturais que limitam a eficácia dos sandboxes em países com menor capacidade estatal, como a escassez de expertise técnica, a instabilidade regulatória, a captura por interesses privados e a baixa coordenação entre agências. Essas limitações podem comprometer a função experimental dos sandboxes, tornando-os meramente simbólicos ou excessivamente restritivos.

Ainda assim, a tese sustenta que mesmo em contextos institucionalmente desafiadores, os sandboxes podem desempenhar um papel relevante como zonas de aprendizagem e inovação institucional, desde que ancorados em princípios de transparência, inclusão e avaliação contínua. Ao proporcionar evidências empíricas e processos iterativos de deliberação regulatória, esses arranjos podem contribuir para a construção de um modelo de governança mais responsivo, ajustável e democrático frente às transformações introduzidas pela IA.

Essas projeções guiarão a análise empírica detalhada nos próximos capítulos da pesquisa, nos quais se buscará compreender como os sandboxes regulatórios operam, com quais mecanismos,

em que condições e com que efeitos sobre a capacidade de governança da inteligência artificial em diferentes países.

5. Próximos passos

Os próximos passos da pesquisa consistem na consolidação da base de dados, na padronização dos indicadores selecionados e na aplicação da análise de agrupamentos para identificar perfis internacionais de governança da inteligência artificial. Essa etapa permitirá mapear padrões de capacidade regulatória, maturidade tecnológica e governança experimental entre os países analisados.

A partir dos resultados quantitativos, serão selecionados casos nacionais para a análise qualitativa comparada. Essa etapa examinará como diferentes países desenham e implementam sandboxes regulatórios, considerando seus objetivos, critérios de elegibilidade, mecanismos de aprendizagem, formas de participação social e procedimentos de accountability.

Por fim, os resultados quantitativos e qualitativos serão integrados para avaliar em que medida os sandboxes regulatórios funcionam como mecanismos de adaptação institucional diante dos desafios regulatórios da IA. Com isso, a pesquisa buscará construir uma tipologia analítica desses arranjos e identificar as condições que favorecem ou limitam sua efetividade.

Referências

- Acemoglu, D. (2025). *Institutions, technology and prosperity*. NBER Working Paper, No. 33442.
- Ahern, D. (2025). *The new anticipatory governance culture for innovation: Regulatory foresight, regulatory experimentation and regulatory learning*. European Business Organization Law Review. In press, accepted manuscript.
- Alaassar, A., Mention, A. L., & Aas, T. H. (2020). *Exploring how social interactions influence regulators and innovators: The case of regulatory sandboxes*. Technological Forecasting and Social Change, 160, 120257.
- Almudi, I., & Villafranca, F. F. (2021). *Coevolution in economic systems*. Cambridge University Press.
- Ansell, C., & Boin, A. (2019). *Taming deep uncertainty: The potential of pragmatist principles for understanding and improving strategic crisis management*. Administration & Society, 51(7), 1079–1112.
- Anckar, C. (2008). *On the applicability of the most Similar systems design and the most different systems design in comparative research*. International Journal of Social Research Methodology, 11, 389–401.
- Baldwin, R., & Black, J. (2022). *Really responsive regulation*. Revista de Direito Administrativo, 281(2), 45–90.
- Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, dangers, strategies*. Oxford University Press.
- Bresnahan, T. F., & Trajtenberg, M. (1995). *General purpose technologies “engines of growth”?*. Journal of Econometrics, 65(1), 83–108.
- Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2019). *Artificial intelligence and the modern productivity paradox: A clash of expectations and statistics*. In A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Eds.), *The economics of artificial intelligence: An agenda* (pp. 23-59). The University of Chicago Press.

- Buocz, T., Pfothenauer, S., & Eisenberger, I. (2023). *Regulatory sandboxes in the AI Act: Reconciling innovation and safety?*. Law, Innovation and Technology, 13(2), 357-389.
- Campbell, J. L. (2010). *Institutional reproduction and change*. In G. Morgan, J. L. Campbell, C. Crouch, O. K. Pedersen, & R. Whitley (Eds.), *The Oxford handbook of comparative institutional analysis* (pp. 87–116). Oxford University Press.
- Catalano, J. V. R. (2023). *Inteligência artificial e teoria ator-rede em diálogo: Analisando atores e associações* (Dissertação de Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade). Universidade Federal de São Carlos.
- Cath, C. (2018). *Governing artificial intelligence: Ethical, legal and technical opportunities and challenges*. Philosophical Transactions of the Royal Society A, 376(2133), 20180080.
- DiMaggio, P. J., & Powell, W. W. (1983). *The iron cage revisited: institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields*. American Sociological Review, 48(2), 147–160.
- Edler, J., & Fagerberg, J. (2017). *Innovation policy: What, why, and how*. Oxford Review of Economic Policy, 33(1), 2–23.
- Fenwick, M., Vermeulen, E. P. M., & Corrales, M. (2018). *Business and regulatory responses to artificial intelligence: Dynamic regulation, innovation ecosystems and the strategic management of disruptive technology*. In M. Corrales, M. Fenwick, & N. Forgó (Eds.), *Robotics, AI and the future of law* (pp. 81–103). Springer.
- Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., ... & Schafer, B. (2018). *AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations*. Minds and Machines, 28, 689–707.
- Kuhlmann, S., Stegmaier, P., & Konrad, K. (2019). *The tentative governance of emerging science and technology—A conceptual introduction*. Research Policy, 48(5), 1091–1097.
- Mahoney, J., & Thelen, K. (2009). *A theory of gradual institutional change*. In J. Mahoney & K. Thelen (Eds.), *Explaining institutional change: Ambiguity, agency, and power* (pp. 1-37). Cambridge University Press.
- Mazzucato, M. (2013). *The entrepreneurial state: Debunking public vs. private sector myths*. Anthem Press.
- Morgan, D. (2023). *Anticipatory regulatory instruments for AI systems: A comparative study of regulatory sandbox schemes*. In AIES '23: Proceedings of the 2023 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society (pp. 980-981).
- Nelson, R. R. (1994). *The co-evolution of technology, industrial structure, and supporting institutions*. Industrial and Corporate Change, 3(1), 47–63.
- Nelson, R. R., & Sampat, B. N. (2001). *Making sense of institutions as a factor shaping economic performance*. Journal of Economic Behavior & Organization, 44(1), 31–54.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Harvard University Press.
- Noble, S. U. (2018). *Algorithms of oppression: How search engines reinforce racism*. NYU Press.
- North, D. C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge University Press.
- OECD. (2023). *Regulatory sandboxes in artificial intelligence*. OECD Digital Economy Papers, No. 356.
- Papagiannidis, E., Mikalef, P., & Conboy, K. (2025). *Responsible artificial intelligence governance: A review and research framework*. The Journal of Strategic Information Systems, 34(2), 101885.
- Peters, B. G., & Pierson, C. (2005). *The future of governing: Four emerging models*. University Press of Kansas.
- Rotolo, D., Hicks, D., & Martin, B. R. (2015). *What is an emerging technology?* Research Policy, 44(10), 1827–1843.

- Rudko, I., Bonab, A. B., Fedele, M., & Formisano, A. V. (2025). *New institutional theory and AI: Toward rethinking of artificial intelligence in organizations*. *Journal of Management History*, 31(2), 261-284.
- Russell, S. (2019). *Human compatible: Artificial intelligence and the problem of control*. Viking.
- Sabel, C. F., & Zeitlin, J. (2012). *Experimentalist governance*. In D. Levi-Faur (Ed.), *The Oxford Handbook of Governance* (pp. 169–183). Oxford University Press.
- Thelen, K. (2004). *How Institutions Evolve: The political economy of skills in Germany, Britain, the United States, and Japan*. Cambridge University Press.
- Trajtenberg, M. (2019). AI as the next GPT: A political economy perspective. In A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Eds.), *The economics of artificial intelligence: An agenda* (cap. 6, pp. 175–186). The University of Chicago. ISBN 9780226613475.
- Truby, J., Brown, R. D., Ibrahim, I. A., & Parellada, O. C. (2022). *A sandbox approach to regulating high-risk artificial intelligence applications*. *European Journal of Risk Regulation*, 13(2), 270–294.
- Undheim, K., Erikson, T., & Timmermans, B. (2022). *True uncertainty and ethical AI: Regulatory sandboxes as a policy tool for moral imagination*. *AI and Ethics*, 3, 997–1002.
- Vujović, D. (2025). *Generativni modeli veštačke inteligencije - nova tehnološka revolucija za ekonomski rast i istraživanje*. *Ekonomika*, 73(1-2), 97-114.
- Zetsche, D. A., Buckley, R. P., Arner, D. W., & Barberis, J. N. (2017). *Regulating a Revolution: From Regulatory Sandboxes to Smart Regulation*. *Fordham Journal of Corporate & Financial Law*, 23(1), 31–103.
- Zuboff, S. (2019). *The age of surveillance capitalism*. PublicAffairs.

8. Modos de innovación DUI y STI en las empresas manufactureras colombianas: relación individual y complementariedad condicionada en los resultados de innovación (2019-2020).

Danilo Enrique Torres Pimiento

Doctorado en Innovación, Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia

Colombia · dtorres48@cuc.edu.co

Liney Manjarrés-Henríquez

Departamento de Ciencias Empresariales, Universidad de la Costa

Barranquilla, Colombia

Colombia · ljanjarres@cuc.edu.co

Ivan Portnoy

Universidad de la Costa

Barranquilla, Colombia iportnoy@cuc.edu.co

Resumen

Esta investigación analiza la relación entre los modos de innovación DUI (Doing, Using and Interacting) y STI (Science, Technology and Innovation) y su asociación individual y combinada con los resultados de innovación en empresas manufactureras colombianas (2019-2020), a partir de microdatos de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) del DANE. Con un enfoque cuantitativo, explicativo-asociativo, la estrategia empírica se organiza en tres etapas secuenciales: decisión de innovar, configuración de los modos DUI y STI (diferenciando sus dimensiones internas y externas) y relación de dichas configuraciones con los resultados innovadores. El estudio formula cuatro hipótesis que orientan la contrastación empírica y presenta avances preliminares de la fase de construcción de indicadores, obtenidos mediante análisis factorial exploratorio sobre los conjuntos DUI, STI, innovación de proceso, innovación de producto y perfil de empresa. Los hallazgos preliminares confirman la viabilidad de operacionalizar ambos modos como constructos multidimensionales y aportan evidencia empírica para el debate sobre complementariedad condicionada entre conocimiento tácito y codificado en economías emergentes, con implicaciones para la gestión empresarial y la política pública de innovación.

Palabras clave: DUI, STI, modos de innovación, complementariedad condicionada, manufactura, Colombia.

1. Introducción

En un entorno marcado por la globalización y la rápida evolución tecnológica, la innovación se ha consolidado como un proceso holístico que articula producción, tecnología e investigación para la creación de valor y la competitividad empresarial (Morelos-Gómez et al., 2023). En este contexto, los modos de innovación DUI (Doing, Using and Interacting) y STI (Science, Technology and Innovation) constituyen dos formas complementarias, aunque no necesariamente equivalentes, de generar y aplicar conocimiento para innovar (Jensen et al., 2007; Lundvall, 1992).

Mientras el modo DUI enfatiza el aprendizaje experiencial, la interacción con clientes y proveedores y la resolución práctica de problemas, el modo STI se sustenta en conocimiento codificado, actividades formales de I+D y vínculos con instituciones científicas (Friedrich & Kagel, 2024). La literatura internacional ha analizado ampliamente ambos enfoques, pero en el caso colombiano persiste un vacío en la comprensión de cómo se configuran, diferencian y combinan en el desempeño innovador de las empresas manufactureras (Malaver & Vargas, 2014).

La discusión contemporánea ha superado las lecturas dicotómicas entre DUI y STI para adoptar una perspectiva configuracional, según la cual su relación con los resultados innovadores no es automática ni universal, sino una posibilidad empírica condicionada por factores organizacionales, sectoriales y tecnológicos (Cassiman & Veugelers, 2006; Fiss, 2007; Misangyi et al., 2017; Parrilli & Radicic, 2020). Esta discusión adquiere particular relevancia en economías emergentes como la colombiana, caracterizadas por heterogeneidad estructural y restricciones en capacidades científicas formales (Parrilli & Alcalde Heras, 2016).

En consecuencia, esta investigación busca responder la siguiente pregunta: ¿cómo se configuran los modos de innovación DUI y STI en las empresas manufactureras colombianas, diferenciando sus dimensiones internas y externas, y cuál es su relación individual y combinada con los resultados de innovación durante 2019-2020, según la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) del DANE? El objetivo general es analizar dicha configuración y su relación con los resultados innovadores, distinguiendo tres momentos analíticos: el ingreso al proceso innovador, la configuración de los modos DUI y STI en empresas activas en innovación, y la asociación de dichas configuraciones, individual y combinada, con la innovación de producto, la innovación de proceso y el grado de novedad.

Los hallazgos aportarán evidencia empírica para académicos y gestores empresariales sobre las estrategias de innovación más efectivas en el contexto colombiano, y contribuirán al debate sobre cómo las empresas en economías emergentes combinan conocimiento científico estructurado (STI) y prácticas basadas en la experiencia y la colaboración (DUI). El artículo se estructura de la siguiente manera: primero se presenta la revisión de literatura, que sustenta las hipótesis de investigación; después se describe la metodología, incluyendo la arquitectura secuencial del modelo empírico; posteriormente se presentan los avances preliminares de la fase de construcción de indicadores; y finalmente se discuten las implicaciones y reflexiones finales del estudio.

2. Revisión de la literatura

Fundamentos teóricos y modos de innovación

La teoría de la innovación constituye el núcleo conceptual de esta investigación. Schumpeter (1934) define la innovación como la implementación y comercialización de nuevos productos, procesos, mercados, fuentes de abastecimiento y estructuras organizativas, sentando las bases para su estudio como motor del crecimiento económico. Porter (1990) vincula la innovación con la competitividad nacional y empresarial mediante su modelo del diamante, mientras que Chesbrough (2003) introduce el paradigma de la innovación abierta, según el cual las empresas combinan conocimiento interno y externo para generar soluciones innovadoras.

Sobre esta base, Jensen et al. (2007) y Lundvall (1992) diferencian el modo DUI, fundamentado en aprendizaje experiencial, conocimiento tácito e interacción con clientes, proveedores y

competidores, del modo STI, asociado a conocimiento codificado, I+D formal y vínculos con universidades y centros de investigación. La combinación de ambos modos tiende a mejorar los resultados de innovación (Guo et al., 2010; Carrillo-Carrillo & Alcalde-Heras, 2020), aunque su efectividad varía según el tamaño empresarial: las micro y pequeñas empresas adoptan con mayor eficacia impulsores internos de STI, las medianas integran un enfoque más equilibrado y las grandes muestran efectividad limitada de los impulsores externos (Parrilli & Radicic, 2020). Las pymes, por su parte, integran conocimiento STI en rutinas DUI enfrentando barreras cognitivas, organizacionales y financieras (Alhusen & Bennat, 2020), y los beneficios de la combinación tienden a concentrarse en la innovación de producto, mientras que el DUI muestra mayor impacto en la innovación de proceso (Carrillo-Carrillo & Alcalde-Heras, 2020).

Desde enfoques configuracionales recientes, DUI y STI se entienden como mecanismos diferenciados pero potencialmente articulables, cuya relación con los resultados innovadores depende de condiciones organizacionales e institucionales específicas (Fiss, 2007; Misangyi et al., 2017). La complementariedad entre conocimiento tácito y codificado se sustenta en la teoría de la capacidad de absorción, según la cual la combinación de ambas formas de conocimiento fortalece la capacidad de las empresas para identificar, asimilar y explotar conocimiento externo (Cohen & Levinthal, 1990; Cassiman & Veugelers, 2006).

Estado del arte

En el plano internacional, Parrilli y Radicic (2021) identifican patrones distintivos de adopción de los modos STI y DUI según el tamaño de la empresa y la ubicación geográfica, mientras que Hervás-Oliver et al. (2021) destacan la influencia de ambos impulsores en la evolución tecnológica de las pymes de países emergentes europeos. Doloreux y Shearmur (2023) documentan cómo el contexto geográfico condiciona la adopción de cada modo, y Calvo et al. (2022) evidencian una correlación positiva entre tamaño poblacional, colaboración tecnológica y desempeño innovador. Figueiredo et al. (2020) resaltan el papel del aprendizaje interactivo en la construcción de capacidades de innovación en subsidiarias multinacionales, y Thomä (2017) analiza las barreras específicas al aprendizaje DUI en Alemania.

En el contexto colombiano, la evidencia es todavía escasa. Malaver y Vargas (2014) ofrecen uno de los pocos análisis empíricos sobre los patrones, dificultades y oportunidades de la innovación manufacturera nacional, sin abordar explícitamente la distinción DUI-STI. Esta investigación busca contribuir a cerrar dicho vacío mediante una operacionalización explícita y trazable de ambos modos, diferenciando sus dimensiones internas y externas, a partir de microdatos verificables de la EDIT, evitando reducir la innovación empresarial a indicadores agregados de I+D o cooperación formal.

Hipótesis de investigación

En coherencia con la arquitectura empírica secuencial de la tesis doctoral de la cual se deriva este artículo, cercana a la tradición del modelo CDM (Crépon et al., 1998), las hipótesis se estructuran en tres niveles analíticos: el ingreso al proceso innovador, la configuración de los modos DUI y STI, y la relación individual y combinada de dichos modos con los resultados innovadores. Las hipótesis se reproducen aquí en los mismos términos formulados en la tesis, a fin de mantener plena coherencia entre ambos documentos.

Hipótesis 1. Decisión de innovar. *H1. Las características estructurales de las empresas manufactureras colombianas se asocian significativamente con la probabilidad de participar en actividades de innovación durante el periodo 2019-2020.* Su estimación se desarrolla sobre la muestra completa mediante variables observables de la EDIT 2019-2020: tamaño empresarial, condición exportadora, intensidad tecnológica sectorial (TEC_INT) y controles sectoriales CIIU Rev. 4 A.C. (Cohen & Levinthal, 1990; Crépon et al., 1998).

Hipótesis 2. Configuración de modos de innovación. *H2. Entre las empresas manufactureras activas en innovación, las características estructurales, sectoriales y funcionales del esfuerzo innovador se asocian significativamente con configuraciones diferenciadas de los modos DUI y STI, considerando sus dimensiones internas y externas.* Se espera identificar configuraciones heterogéneas de DUI interno, DUI externo, STI interno y STI externo entre empresas con distintas características estructurales y niveles observables de esfuerzo ACTI.

Hipótesis 3. Relación individual entre modos de innovación y resultados innovadores. *H3. Los modos de innovación DUI y STI presentan asociaciones positivas y diferenciadas con los resultados de innovación empresarial, particularmente con la innovación de producto, la innovación de proceso y el grado de novedad.* La investigación no presupone relaciones homogéneas ni lineales entre modos de innovación y desempeño innovador, sino asociaciones condicionadas por características estructurales y tecnológicas observables (Laursen & Salter, 2006; Jensen et al., 2007).

Hipótesis 4. Relación combinada y complementariedad condicionada DUI-STI. *H4. La combinación de los modos de innovación DUI y STI se asocia con resultados innovadores diferenciados frente a configuraciones centradas predominantemente en un solo modo de innovación. H4a. La relación combinada entre DUI y STI varía según condiciones estructurales, sectoriales y funcionales, particularmente la intensidad tecnológica sectorial y la distribución funcional del esfuerzo innovador ACTI.* La investigación no asume que dicha combinación conduzca automáticamente a resultados innovadores superiores: la complementariedad entre DUI y STI se interpreta como una posibilidad empírica condicionada y no como una propiedad inherente de su coexistencia (Cassiman & Veugelers, 2006; Parrilli & Radicic, 2020).

3. Metodología

Diseño y fuente de datos

El estudio adopta un enfoque cuantitativo, de diseño no experimental y alcance explicativo-asociativo, que permite examinar relaciones entre variables sin intervención directa. La fuente de información es la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la industria manufacturera (EDIT) 2019-2020 del DANE, alineada con el Manual de Oslo (OECD/Eurostat, 2018), que reporta 6.798 empresas y 729 variables en su versión pública. La unidad de análisis es la empresa manufacturera colombiana.

Arquitectura empírica secuencial

Siguiendo la lógica del modelo CDM (Crépon et al., 1998), la estrategia empírica se organiza en tres etapas encadenadas que evitan mezclar empresas sin actividad innovadora con empresas que sí desarrollaron actividades observables de innovación.

El Modelo 1 (decisión de innovar) se estima sobre la muestra completa mediante Probit, con Logit como contraste de robustez: $\Pr(\text{INNO_DEC}_i = 1 \mid X_i) = F(\alpha + \beta_1 \ln\text{EMP}_i + \beta_2 \text{EXP}_i + \sum_j \gamma_j \text{SEC}_{ji})$, donde $\text{INNO_DEC}_i = 1$ si la empresa reporta al menos una innovación de producto, de proceso, o un proyecto de innovación en marcha o abandonado durante 2019-2020. Este modelo delimita la submuestra de empresas activas en innovación (EIN), sobre la cual se estiman los Modelos 2 y 3.

El Modelo 2 (configuración de los modos de innovación) caracteriza, dentro de EIN, las dimensiones DUI_INT , DUI_EXT , STI_INT y STI_EXT . El DUI interno se construye como indicador binario que integra cinco componentes (formación, diseño, marketing, personal de mercadeo y personal de producción vinculados a innovación), clasificando la empresa como $\text{DUI_INT} = 1$ si acumula al menos tres de los cinco componentes. El DUI externo se define a partir de clientes, proveedores y competidores como fuentes de conocimiento ($\text{DUI_EXT} = 1$ si al menos dos de las tres fuentes son relevantes). El STI interno se basa en inversión o actividades de I+D interna, y el STI externo en vínculos con universidades, centros de investigación, institutos tecnológicos y consultores especializados (umbral de al menos dos fuentes). Con estas dimensiones se construyen variables agregadas (DUI_AGR , STI_AGR) y tipologías categóricas mutuamente excluyentes, estimadas mediante Probit/Logit binario y Logit multinomial.

El Modelo 3 (resultados innovadores y complementariedad) evalúa, sobre EIN, la asociación de los modos DUI y STI, de forma individual y combinada, con la innovación de producto, la innovación de proceso (Logit/Probit binario) y el grado de novedad (Logit ordenado): $P(Y_i = 1 \mid Z_i) = F(\beta_0 + \beta_1 \text{DUI_INT}_i + \beta_2 \text{DUI_EXT}_i + \beta_3 \text{STI_INT}_i + \beta_4 \text{STI_EXT}_i + \beta_5 \text{COMP}_i + \gamma_1 \ln\text{EMP}_i + \gamma_2 \text{EXP}_i + \sum_j \delta_j \text{SEC}_{ji})$. La complementariedad se opera mediante un término de interacción multiplicativa entre los agregados: $\text{COMP}_i = \text{DUI_AGR}_i \times \text{STI_AGR}_i$, donde $\beta_5 > 0$ indica complementariedad, $\beta_5 < 0$ sustitución y $\beta_5 = 0$ independencia entre modos. Esta especificación permite contrastar H4 y H4a mediante efectos marginales y probabilidades predichas para combinaciones de DUI y STI, evitando interpretar la complementariedad únicamente por el signo del coeficiente.

Variables de control y criterios de robustez

El vector de control se limita a variables plenamente verificables en la EDIT pública: tamaño empresarial ($\ln\text{EMP}$), condición exportadora (EXP) y sector económico (dummies CIIU Rev. 4 A.C.), evitando introducir circularidad con los constructos DUI y STI. Variables como antigüedad, grupo empresarial o capital extranjero se excluyen de la especificación base por falta de trazabilidad documental, aunque podrían incorporarse en análisis de robustez debidamente documentados. La validez de los indicadores compuestos se evalúa mediante la prueba de esfericidad de Bartlett, el índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), el coeficiente alfa de Cronbach y el factor de inflación de la varianza (VIF), y se reportan errores estándar robustos.

Análisis de datos

El procesamiento se realiza en R, con análisis descriptivo (medidas de tendencia central, dispersión y frecuencias) y análisis inferencial (análisis factorial, correlación, regresión y comparación Logit/Probit). El proceso se organiza en cinco fases: selección de variables a partir del diccionario de la EDIT 2020, análisis descriptivo, análisis inferencial y contrastación de hipótesis, interpretación de resultados y formulación de conclusiones y recomendaciones.

4. Análisis de resultados

Como fase previa a la estimación de los Modelos 2 y 3, se evaluó la idoneidad de los conjuntos DUI, STI, Perfil.Empresa, Inn.Procesos e Inn.Productos para análisis factorial, aplicando la prueba de esfericidad de Bartlett y el índice KMO, que confirmaron la suficiencia de las correlaciones y la adecuación muestral. Se identificó el número óptimo de factores mediante análisis paralelo (paquete psych, R), seguido de un análisis factorial exploratorio con factorización de ejes principales y rotación oblimin, excluyendo ítems con cargas inferiores a 0.4. Cada factor se evaluó mediante el alfa de Cronbach, y se calcularon correlaciones de Pearson entre dimensiones (prueba Z de Fisher), representadas en un mapa de calor (Figura 1).

La Tabla 1 resume, para cada conjunto de datos, el factor de mayor peso junto con los valores de Bartlett, KMO, alfa de Cronbach y varianza acumulada.

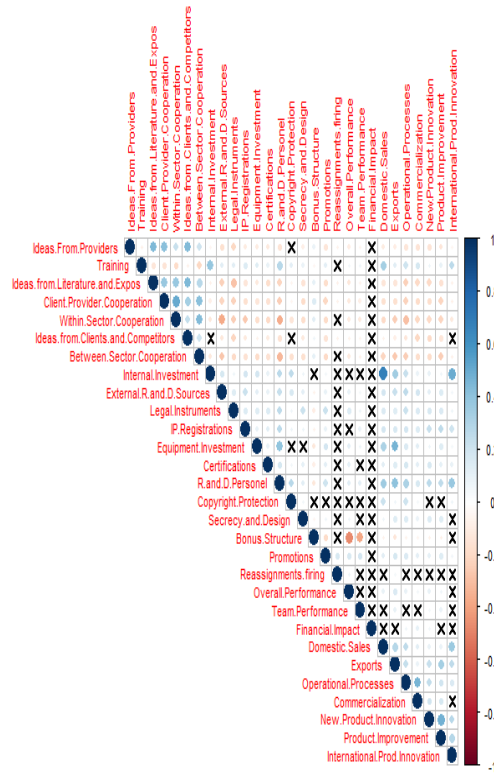
Tabla 1. Síntesis de la estructura factorial por conjunto de datos (factor principal)

Conjunto	Factor principal	Alfa de Cronbach	Bartlett (p)	KMO	Var. acum.
DUI	Ideas de proveedores	0.999	0.000	0.500	86%
STI	Inversión interna (TIC, PI, asist. técnica)	0.613	0.000	0.786	35%
Inn. Procesos	Impacto financiero	0.943	0.000	0.718	66%
Inn. Productos	Innovación de nuevo producto	0.988	0.000	0.500	75%
Perfil Empresa	Estructura de bonificaciones	NA	0.000	0.497	45%

Fuente: Elaboración propia a partir de microdatos EDIT 2019-2020 (DANE).

En DUI se identificaron ocho factores; el de mayor peso agrupa las ideas provenientes de proveedores (86% de varianza acumulada). En STI se identificaron nueve factores, liderados por la inversión interna en TIC, propiedad intelectual y asistencia técnica (KMO = 0.786, 35% de varianza acumulada), seguido de fuentes externas de I+D e instrumentos legales de protección. En innovación de procesos, el factor de impacto financiero (disminución de impuestos, aumento de ventas y utilidades) explicó el 66% de la varianza, y en innovación de producto, el factor de nuevo producto alcanzó el 75%.

Figura 1. Correlaciones por pares según la dimensión



Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados confirman la viabilidad de tratar DUI y STI como constructos multidimensionales formativos, en línea con lo previsto en H2, y proporcionan la base empírica para construir los indicadores binarios DUI_INT, DUI_EXT, STI_INT y STI_EXT que alimentarán la estimación de los Modelos 2 y 3. La Figura 1 muestra que las correlaciones entre dimensiones DUI son en general más fuertes que las correlaciones entre dimensiones STI, lo que sugiere una mayor cohesión interna del aprendizaje experiencial frente a una mayor heterogeneidad en las fuentes de conocimiento codificado, patrón consistente con la naturaleza tácita del modo DUI documentada por Jensen et al. (2007).

5. Reflexiones finales

Esta investigación aporta evidencia empírica sobre la relación entre los modos de innovación DUI y STI y los resultados de innovación en las empresas manufactureras colombianas, adoptando una perspectiva configuracional que interpreta la complementariedad entre conocimiento tácito y codificado como una posibilidad empírica condicionada, y no como una

propiedad automática de su coexistencia (Cassiman & Veugelers, 2006; Parrilli & Radicic, 2020). La formulación explícita de las hipótesis H1-H4 permite anclar la arquitectura secuencial de tres modelos (decisión de innovar, configuración de los modos DUI/STI y resultados innovadores) a un cuerpo de proposiciones contrastables, superando lecturas puramente descriptivas del fenómeno.

Los avances preliminares presentados, centrados en la validación factorial de los conjuntos DUI, STI e indicadores de resultado, confirman la pertinencia de operacionalizar ambos modos mediante indicadores compuestos de tipo formativo y sientan la base para la estimación de los Modelos 1 a 3. Se espera que los hallazgos completos aporten evidencia útil para el diseño de políticas públicas y estrategias empresariales orientadas a fortalecer la innovación en el sector manufacturero colombiano, evitando enfoques homogéneos que ignoren la heterogeneidad sectorial y organizacional del país.

Como limitación, el carácter transversal y observacional de la EDIT impide establecer causalidad fuerte entre los modos de innovación y sus resultados; en consecuencia, las conclusiones deben interpretarse como asociaciones estadísticas consistentes con la teoría y la operacionalización adoptada. Como líneas futuras, se plantea completar la estimación de los Modelos 2 y 3 sobre la submuestra EIN, incorporar análisis de robustez con umbrales alternativos de los indicadores DUI y STI, y explorar la intensidad tecnológica sectorial (TEC_INT) como condición moderadora de la complementariedad DUI-STI planteada en H4a.

Referencias

- Alcalde-Heras, H., Oleaga, M., & Sisti, E. (2023). The dynamics of regional collaborations on firms' ability to innovate: a business innovation modes approach. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 33(4), 663-689.
- Alhusen, H., & Bennat, T. (2020). Combinatorial innovation modes in SMEs: mechanisms integrating STI processes into DUI mode learning and the role of regional innovation policy. *European Planning Studies*, 29(4), 779-805. <https://doi.org/10.1080/09654313.2020.1786009>
- Asheim, B. T., & Coenen, L. (2005). Knowledge bases and regional innovation systems: Comparing Nordic clusters. *Research Policy*, 34(8), 1173-1190.
- Calvo, N., Fernández-López, S., Rodríguez-Gulías, M. J., & Rodeiro-Pazos, D. (2022). The effect of population size and technological collaboration on firms' innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 183, 121905.
- Carrillo-Carrillo, F., & Alcalde-Heras, H. (2020). Modes of innovation in an emerging economy: a firm-level analysis from Mexico. *Innovation*, 22(3), 334-352. <https://doi.org/10.1080/14479338.2020.1735395>
- Cassiman, B., & Veugelers, R. (2006). In search of complementarity in innovation strategy: Internal R&D and external knowledge acquisition. *Management Science*, 52(1), 68-82.
- Chesbrough, H. W. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business Press.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128-152.
- Crépon, B., Duguet, E., & Mairesse, J. (1998). Research, innovation and productivity: An econometric analysis at the firm level. *Economics of Innovation and New Technology*, 7(2), 115-158.

- Doloreux, D., & Shearmur, R. (2023). Does location matter? STI and DUI innovation modes in different geographic settings. *Technovation*, 119, 102609.
- Figueiredo, P. N., Larsen, H., & Hansen, U. E. (2020). The role of interactive learning in innovation capability building in multinational subsidiaries: A micro-level study of biotechnology in Brazil. *Research Policy*, 49(6), 103995.
- Fiss, P. C. (2007). A set-theoretic approach to organizational configurations. *Academy of Management Review*, 32(4), 1180-1198.
- Friedrich, C., & Kagel, A. (2024). STI and DUI modes of innovation in poorly developed RIS. Systemic failures and challenges. *European Planning Studies*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/09654313.2024.2430240>
- Guo, A., Chen, J., & Jin, J. (2010). An analysis of the complementary innovation mechanism between STI and DUI modes. *International Journal of Learning and Intellectual Capital*, 7(3/4), 265. <https://doi.org/10.1504/ijlic.2010.034366>
- Hervás-Oliver, J. L., Parrilli, M. D., & Sempere-Ripoll, F. (2021). SME modes of innovation in European catching-up countries: The impact of STI and DUI drivers on technological innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 173, 121167.
- Jensen, M. B., Johnson, B., Lorenz, E., & Lundvall, B.-Å. (2007). Forms of knowledge and modes of innovation. *Research Policy*, 36(5), 680-693. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.006>
- Laursen, K., & Salter, A. (2006). Open for innovation: The role of openness in explaining innovation performance among UK manufacturing firms. *Strategic Management Journal*, 27(2), 131-150.
- Lundvall, B.-Å. (1992). *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter.
- Malaver, F., & Vargas, M. (2014). Innovación en empresas manufactureras colombianas: Un análisis empírico. *Revista Innovar Journal Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 24(53), 91-106.
- Misangyi, V. F., Greckhamer, T., Furnari, S., Fiss, P. C., Crilly, D., & Aguilera, R. (2017). Embracing causal complexity: The emergence of a neo-configurational perspective. *Journal of Management*, 43(1), 255-282. <https://doi.org/10.1177/0149206316679252>
- Morelos-Gómez, J., Tirado-Roca, S., & Guerrero Álvarez, L. M. (2023). Innovation in organizations: A literature review. *Dictamen Libre*, 32, 77-92. <https://doi.org/10.18041/2619-4244/dl.32.10404>
- Organisation for Economic Co-operation and Development & Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation* (4th ed.). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- Parrilli, M. D., & Alcalde Heras, H. (2016). STI and DUI innovation modes: Scientific-technological and context-specific nuances. *Research Policy*, 45(4), 747-756. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.01.001>
- Parrilli, M. D., & Radicic, D. (2020). STI and DUI innovation modes in micro-, small-, medium- and large-sized firms: distinctive patterns across Europe and the U.S. *European Planning Studies*, 29(2), 346-368. <https://doi.org/10.1080/09654313.2020.1754343>
- Parrilli, M. D., & Radicic, D. (2021). STI and DUI innovation modes in micro-, small-, medium- and large-sized firms: distinctive patterns across Europe and the US. *European Planning Studies*, 29(2), 346-368.
- Porter, M. E. (1990). The competitive advantage of nations. *Publishers Weekly*, 237(13), 48-49.
- Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development* (R. Opie, Trans.). Harvard University Press.
- Thomä, J. (2017). DUI mode learning and barriers to innovation: A case from Germany. *Research Policy*, 46(7), 1327-1339.

9. Robótica e tecnologias emergentes: Implicações de Política nas trajetórias tecnológicas para os Estados Unidos e a China

Guilherme Jorge da Silva (IE/UFRJ)
Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGE-UFRJ), Brasil,
Email: guijorge2004@hotmail.com

1 Introdução

Considerando as constelações de inovações (FREEMAN; SOETE; CLARK, 1982), a robótica é um sistema tecnológico interativo, compreendido via paradigma tecnoeconômico de Perez (1983; 2004a; 2004b), Freeman e Perez (1988) e Freeman e Louçã (2001). Sua importância estratégica nos anos 1990 e no século XXI é reforçada pela presença constante na agenda internacional (OECD, 2016). O cenário global, marcado pela financeirização e fragmentação produtiva, destaca o choque geopolítico entre EUA e China. Quando integrada com outras tecnologias emergentes como inteligência artificial e internet das coisas, é base da "Indústria 4.0", com aplicações em saúde, educação e defesa (HOLM; LORENZ; STAMHUS, 2021).

Este trabalho analisa as implicações de política nas trajetórias da robótica nos EUA e China, sob o prisma neoschumpeteriano de sistemas de inovação. A questão central é como as políticas industriais e de CTI influenciam essas trajetórias no contexto das tecnologias digitais emergentes, desdobrando-se em: (i) configuração do SNI para robótica e tecnologias digitais; (ii) influência das políticas atuais; e (iii) impacto de políticas implícitas e explícitas.

Os objetivos específicos são mapear documentos de CTI, descrever as trajetórias tecnológicas e analisar a interação entre robótica e tecnologias digitais. O estudo utiliza revisão de literatura e bases de dados secundárias, incluindo: documentos oficiais (Manufacturing USA, Advanced Manufacturing Partnership para EUA; Made in China 2025 para China), dados financeiros (NSF para EUA; NBSC para China), e dados sobre robótica (IFR, PATENTSCOPE/WIPO, Scopus).

O trabalho está dividido em cinco seções, além desta introdução. A segunda apresenta o referencial teórico; a terceira discute a evolução da robótica e sua convergência com as tecnologias digitais emergentes; a quarta e a quinta analisam, respectivamente, os sistemas nacionais de inovação dos Estados Unidos e da China; por fim, as considerações finais.

2. O processo de inovação como fenômeno sistêmico e as políticas industriais e de CTI

Partindo da concepção de paradigmas tecnológicos proposta por Dosi (1982), observamos que a trajetória da robótica é marcada por um processo cumulativo de aprendizado no qual escolhas tecnológicas iniciais criam trajetórias que se reforçam ao longo do tempo, alimentado por diversos mecanismos de aprendizagem (Rosenberg, 1982; Malerba, 1992).

O marco analítico das revoluções tecnológicas, desenvolvido por Perez (2002), permite situar a robótica no contexto da quinta revolução tecnológica, marcada pelas tecnologias da informação e comunicação. Esta revolução apresenta características distintivas em relação às anteriores, incluindo uma velocidade de difusão sem precedentes e um impacto transversal em todos os setores da economia, coincidindo com o aprofundamento do processo de financeirização da economia global, descrito por Chesnais (1996), onde a lógica financeira passa a dominar a produtiva.

O *framework* dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI), desenvolvido por Freeman (1987) e Lundvall (1992), oferece uma abordagem adequada para analisar como políticas públicas influenciam a definição de trajetórias tecnológicas. A força explicativa do conceito de SNI reside precisamente em sua capacidade de articular elementos macro (políticas, instituições) com dinâmicas micro (decisões empresariais, padrões de aprendizado tecnológico), permitindo compreender como diferentes arranjos institucionais e políticas públicas produzem trajetórias tecnológicas distintas.

A análise das políticas industriais e de ciência, tecnologia e inovação (CTI) revela uma tensão entre as políticas explícitas, formalizadas em leis e planos estratégicos, e as políticas implícitas, e as políticas implícitas, que refletem o projeto nacional efetivamente perseguido pela estrutura de poder (HERRERA, 1973; ERBER, 2008). Esta contradição torna-se particularmente aguda em contextos de financeirização, ao impor uma lógica de curto prazo e maximização de retornos financeiros, frequentemente colidindo com a natureza sistêmica e de longo prazo da inovação, especialmente quando as políticas implementadas ainda carregam resquícios dos modelos lineares de inovação (*Technology Push* e *Demand Pull*). Nesses casos, privilegia-se o aumento de gastos em P&D e a promoção de patentes, sem a necessária articulação com as demandas produtivas e sociais (Chesnais, 1996), comprometendo a efetividade das políticas de inovação.

O resultado é uma efetividade limitada: políticas que, embora bem-intencionadas, são minadas pela falta de coordenação entre os instrumentos explícitos (subsídios, editais) e as dinâmicas implícitas da financeirização (pressão por resultados imediatos, austeridade fiscal e desindustrialização). Essa contradição é particularmente evidente em contextos em que a governança da inovação é capturada por interesses financeiros, levando a uma desconexão entre as trajetórias tecnológicas promovidas e as necessidades reais de desenvolvimento produtivo e soberania tecnológica.

Assim, este marco teórico prepara o terreno para a análise empírica dos casos norte-americano e chinês. A tensão central a ser explorada reside na contradição entre a natureza sistêmica e de longo prazo do desenvolvimento tecnológico e as pressões de curto prazo impostas pelos diferentes modelos de governança da inovação adotados por estas duas potências tecnológicas. A robótica serve como estudo de caso privilegiado para esta análise, tanto por sua posição estratégica na atual revolução tecnológica quanto por sua capacidade de revelar com clareza as assimetrias globais em capacitações tecnológicas e os diferentes caminhos de desenvolvimento tecnológico no capitalismo contemporâneo.

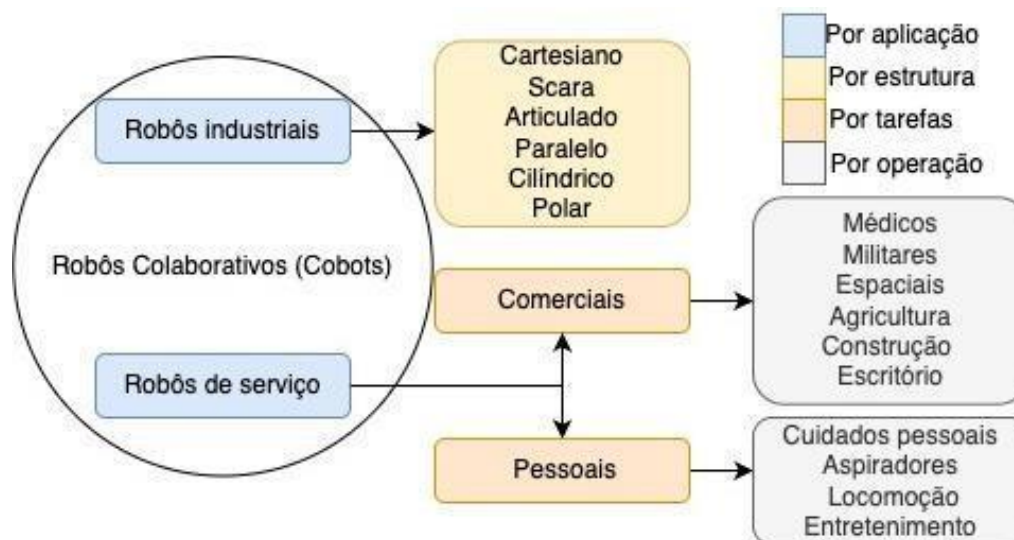
3. Robótica e tecnologias digitais emergentes: evolução e características gerais

A International Federation of Robotics (IFR) define robô como: "Um mecanismo programado e atuado com um grau de autonomia, projetado para realizar locomoção, manipulação ou posicionamento" (ISO 8373:2021). Essa definição enfatiza características como reprogramabilidade e capacidade de interação com o ambiente, diferenciando robôs de sistemas de automação rígidos, como o Numeric Control (BOLMSJO, 1992).

A robótica industrial moderna evoluiu em quatro gerações (ZAMALLOA et al., 2017). A primeira (1950-1967) era de robôs hidráulicos, repetitivos e sem sensores (Unimate, 1954). A segunda (1968-1977) introduziu sensores e motores elétricos (Shakey, 1972; PUMA, 1978), com visão artificial. A terceira (1978-1999) viu robôs modulares e programação offline (AdeptOne, 1984). A quarta (2000-presente) trouxe cobots (Baxter, 2012; Yumi, 2015), integrando IA e aprendizado por demonstração.

Por aplicação, a robótica se divide em robôs industriais (base da automação fabril, ex: braços SCARA) e robôs de serviço (além da indústria, ex: cirúrgicos, Roomba). Os cobots (robôs colaborativos, seguros para interação humana, ISO 10218-1, IFR, 2024a) podem ser ambos.

Figura 1. A robótica por aplicação

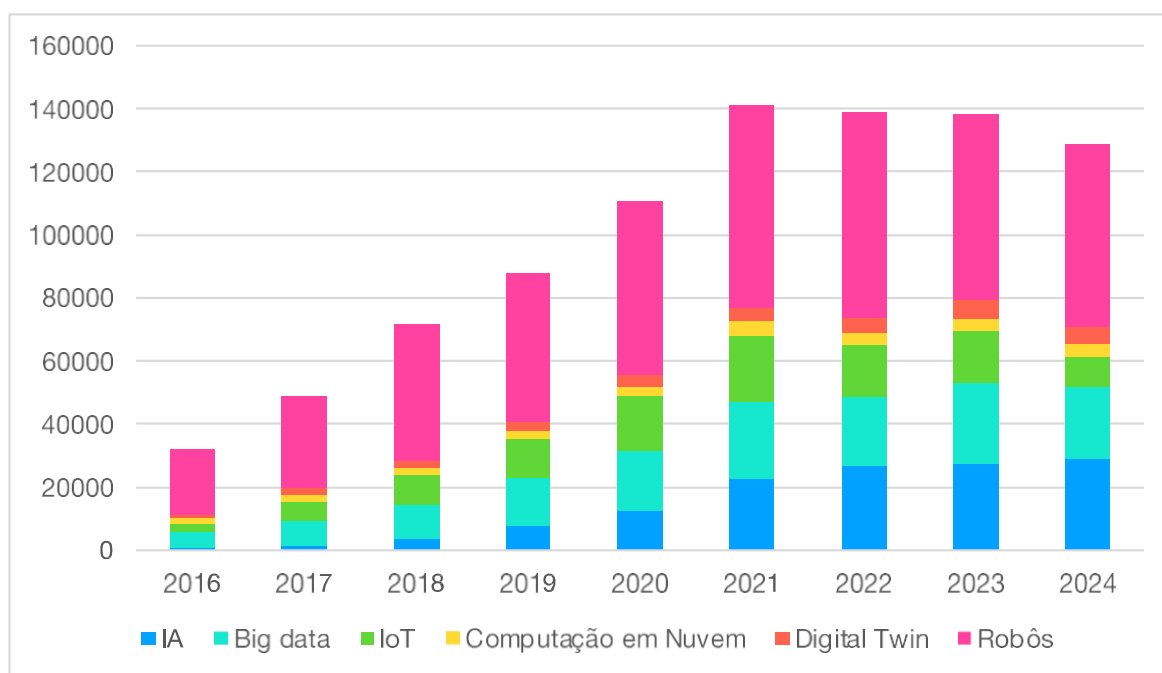


Fonte: Elaboração própria.

A nova geração de robôs (cobots) opera em estreita sinergia com um ecossistema de tecnologias digitais emergentes. A Internet das Coisas (IoT) equipa os robôs com sensores interconectados que permitem monitoramento contínuo e ajustes em tempo real (GILCHRIST, 2016), enquanto o Big Data possibilita a análise preditiva de falhas e a otimização de processos. A Inteligência Artificial, particularmente através de algoritmos de machine learning, confere aos sistemas robóticos capacidade crescente de tomada de decisão autônoma, adaptando-se dinamicamente a variações no ambiente de trabalho (SOORI et al., 2024).

Essa convergência redefine a manufatura. As chamadas fábricas inteligentes implementam Sistemas Ciberfísicos (CPS) que integram completamente os processos físicos com suas contrapartes digitais (LEE; BAGHERI; KAO, 2015), permitindo não apenas maior eficiência, mas também a customização em massa através da rápida reconfiguração de cobots para novas tarefas específicas (GOEL; GUPTA, 2020). Este cenário representa uma transformação fundamental nos modelos produtivos tradicionais.

Gráfico 1. Patentes¹ por data de publicação das principais tecnologias digitais emergentes (2016-2024)



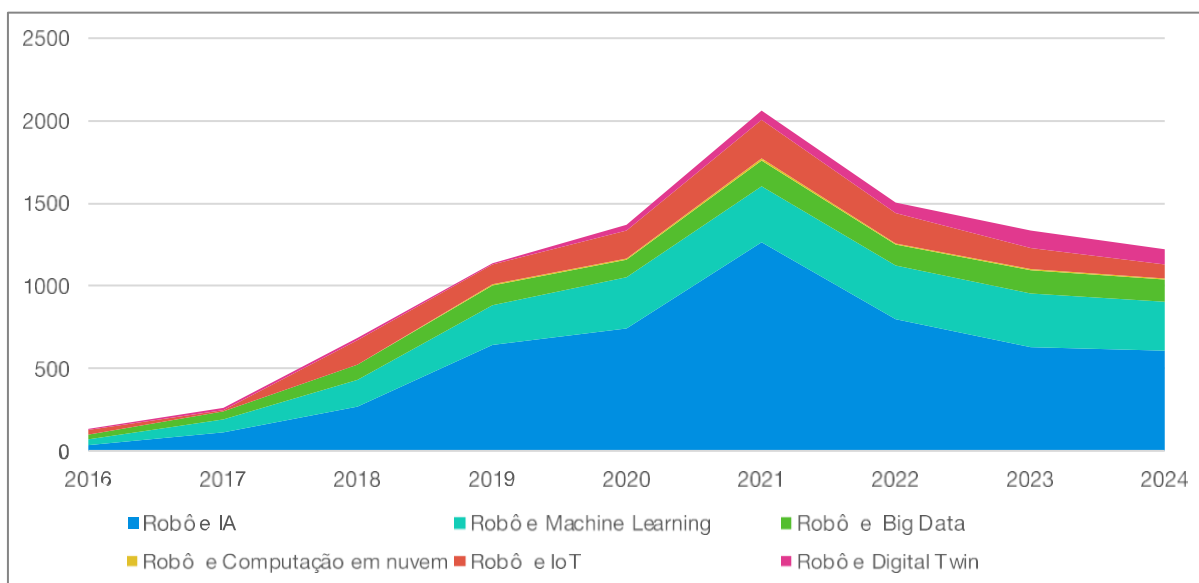
Fonte: Elaboração própria a partir da WIPO (2025).

¹ Os dados apresentados foram recolhidos no Patentscope, base de dados da WIPO. Utilizou-se uma filtragem das principais palavras-chave presentes nos registros patentários, por data de publicação, nas seguintes combinações: *Robot and Artificial Intelligence*; *Robot and Big Data*; *Robot and Internet of Things*; *Robot and Machine Learning*; *Robot and Clouding Computer*; *Robot and Digital Twin*. Para uma maior abrangência em termos linguísticos dos documentos registrados, foi usada a ferramenta *cross lingual expansion* com alta precisão, expandindo os termos do inglês para outros idiomas.

O Gráfico 1 evidencia o predomínio patentário da robótica entre 2016 e 2024 em relação às demais tecnologias digitais analisadas, acompanhando a expansão recente da automação industrial. Neste caso, a robótica é considerada em sentido amplo, abrangendo robôs industriais, robôs de serviço e outros termos associados a esse artefato tecnológico. Assim, a geração de patentes acompanha o recente aquecimento do mercado mundial de robôs industriais e reforça a posição dominante da robótica em relação a tecnologias mais recentes.

Quando combinadas (Gráfico 2), temos o destaque conjunto da robótica com a inteligência artificial, seguido de robótica e machine learning. Atesta-se, dessa forma, a relação notória da robótica com a inteligência artificial, reforçando habilidades relacionadas com o aprendizado no ambiente de execução de tarefas, seja com homens ou máquinas, e na capacidade de se gerar raciocínio semelhante ao do ser humano.

Gráfico 2. Combinações patentárias por data de publicação (2016-2024)



Fonte: Elaboração própria a partir da WIPO (2025).

Esses dados nos fornecem as tecnologias digitais avançadas que estão sendo desenvolvidas com a robótica, permitindo compreender a trajetória tecnológica para artefactos com capacidade cognitiva cada vez mais elevada devido a natureza da IA e do *Machine Learning*. O trabalho de Keisner, Raffo e Wunsch-Vincent (2016) destaca empresas como Toyota e Bosch como os principais depositantes de patentes robóticas entre 1995 até 2016 e, para o mesmo período, universidades de origem chinesa, japonesa, coreana e alemã como as 10 maiores detentoras de patentes robóticas no mundo. Complementarmente, Staccioli e Virgillito (2021) corroboram que a quinta revolução tecnológica dos semicondutores abriu caminhos e oportunidades consistentes em novos campos, como técnica de comunicação elétrica e computação, cálculo e contagem.

Em outras palavras, há uma heterogeneidade abrangente que reafirma a instabilidade e inconstância da mudança e da dinâmica técnica na robótica, mas relaciona diretamente a tecnologia com novos campos e novas oportunidades inovativas, e que esse trabalho salienta ao apontar o conjunto de patentes que envolvem a robótica e as novas tecnologias digitais avançadas.

No aspecto econômico, o mercado global de robótica apresenta dinâmicas particulares. A China consolidou-se como líder incontestado, com 541 mil unidades instaladas apenas em 2023, superando significativamente Estados Unidos e Japão (IFR, 2024b). Setores como o automotivo (35% das instalações) e eletrônico (25%) continuam sendo os principais impulsionadores desta demanda (IFR, 2024b), refletindo a necessidade contínua de precisão e escala nestas indústrias.

A produção de robótica caracteriza-se por uma estrutura oligopolizada, com empresas como a sueca ABB, a japonesa Fanuc e a germano-chinesa KUKA dominando cerca de metade do mercado global (Statista, 2022). Esta concentração é acompanhada por um vigoroso cenário de inovação, onde 60% das patentes recentes combinam robótica com Inteligência Artificial (WIPO, 2025), indicando a direção estratégica do desenvolvimento tecnológico neste campo.

Figura 2. Densidade robótica (unidade por 10.000 empregados) na manufatura em 2023



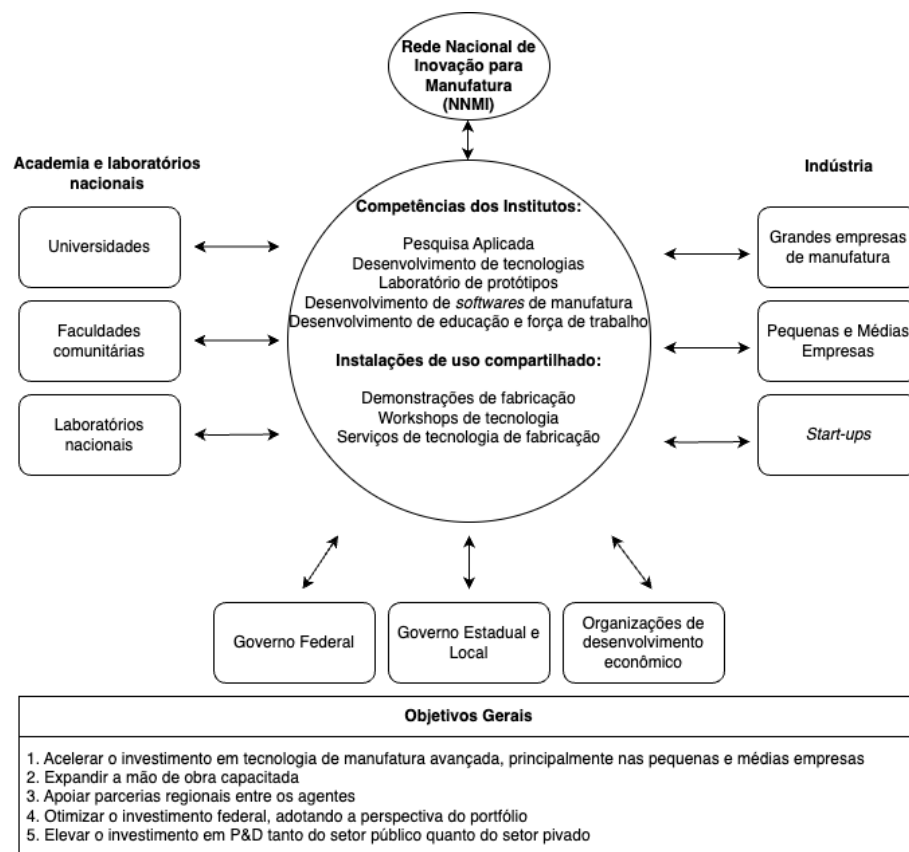
Fonte: Elaboração própria a partir da IFR (2024b).

Segundo a IFR (2024b) a densidade média global de robôs por 10.000 empregados entre 2016 e 2023 mais que dobrou, destacando-se países como Alemanha (429 unidades), Coreia do Sul (1012 unidades), Singapura (770 unidades), Japão (419 unidades) e o enorme salto chinês, que mais que dobrou a sua densidade robótica em apenas quatro anos.

4. Análise do sistema nacional de inovação dos EUA em robótica e tecnologias digitais emergentes: Desafios e Contradições

A análise das iniciativas governamentais revela uma desconexão entre o ambicioso discurso de retomada da liderança tecnológica e a realidade fragmentada de implementação. A *Advanced Manufacturing Partnership* (AMP) representou um esforço significativo para revitalizar a base manufatureira americana através da criação de uma rede nacional de institutos de inovação. No entanto, como demonstram os relatórios anuais da *Manufacturing USA* (2023), apenas 23 dos 45 institutos previstos foram efetivamente implantados, com um financiamento total de US\$ 1,77 bilhões entre 2019-2022, valor considerado modesto para o escopo pretendido.

Figura 3. O desenho da NNMI



Fonte: Adaptado de NNMI Annual Report (2016).

O desenho institucional do sistema de inovação dos Estados Unidos revela fragilidades estruturais. A *National Science Foundation* (NSF) concentra 90% de seus recursos em subvenções padrão de curta duração, entre três e quatro anos, limitando projetos de longo prazo (NSF, 2025). Ao mesmo tempo, o *Department of Defense* (DoD), apesar de investir US\$ 10,2 bilhões em sistemas autônomos em 2023, enfrenta cancelamentos recorrentes por

instabilidade orçamentária e conflitos entre demandas militares e interesses corporativos (IFR, 2025).

Quadro 1. Instrumentos de financiamento de projetos de pesquisa (ativos e inativos), entre 2009 e 2025, por tecnologias, da NSF

Tecnologias	Total	Subvenção Padrão	Subvenção Contínua	Acordos Interagências
Robótica e IA	72	90,27%	9,72%	0
Robótica e IoT	649	93,68%	6,16%	0,15%
Robótica e Computação em nuvem	45	93,33%	6,66%	0
Robótica e Big Data	209	93,30%	6,69%	0
Robótica e Gêmeos digitais	16	93,75%	6,25%	0
Robótica e aprendizagem de máquina	266	95,11%	4,88%	0

Fonte: Elaboração própria a partir de NSF (2025).

As políticas públicas demonstram uma crônica incapacidade de manter continuidade entre administrações. A *CHIPS and Science Act* (2022), que deveria corrigir as lacunas da AMP, já apresenta cortes de 40% no orçamento do NSF para 2024 (Natelson *et al.*, 2024), comprometendo justamente as áreas de inteligência artificial e robótica. Essa instabilidade política contrasta com a necessidade de planejamento de longo prazo previstas pela *National Robotic Initiative* (NRI), com constantes revisões a cada mudança de governo (NSF, 2018).

No campo socioeconômico, os dados revelam contradições profundas. Apesar do discurso de criação de empregos de alta qualidade, a automação tem gerado redução líquida de postos de trabalho (-15% em regiões com maior robotização) e pressão sobre salários, conforme demonstram Acemoglu e Restrepo (2017). A concentração do mercado de robótica em oligopólios globais (ABB, Fanuc, KUKA) limita a capacidade de inovação autóctone, enquanto as compras governamentais continuam privilegiando grandes corporações com produção *offshore*, em detrimento do *reshoring* prometido (Statista, 2022).

Os EUA permanecem presos a um paradoxo: enquanto a retórica política enfatiza a liderança tecnológica, as estruturas de governança e financiamento permanecem desalinhadas. A superação deste impasse exigiria não apenas maior coordenação interagências e compromisso orçamentário de longo prazo, mas principalmente uma reorientação do sistema de inovação para priorizar impactos sociais concretos - geração de empregos qualificados, distribuição de renda e soberania tecnológica. Sem esta mudança estrutural, dificilmente as iniciativas em robótica e tecnologias digitais lograrão reverter o declínio relativo da capacidade inovativa americana no cenário global.

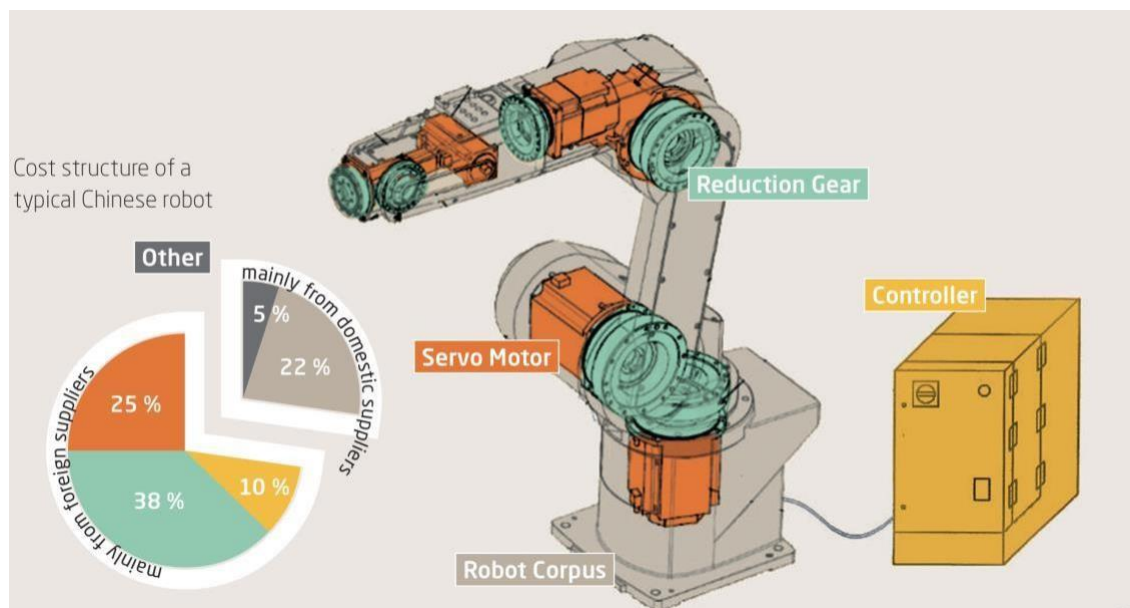
5. Análise do sistema nacional de inovação da China em robótica e tecnologias digitais emergentes: desafios e contradições

A introdução da robótica na produção chinesa ocorreu tardiamente, apenas entre os anos 1980 e 1990. Dados da IFR (2017) revelam que o mercado doméstico chinês de robôs era "próximo de zero" entre 1995 e 2000, com um crescimento acelerado notado apenas após 2013. Essa

contradição inicial refletia um SNI ainda imaturo, com dificuldades em conciliar o foco teórico e prático, e uma excessiva dependência de tecnologia estrangeira, notadamente de países como Japão e Alemanha, que já dominavam o setor automobilístico – um mercado crucial para a robótica. A mão de obra abundante e barata também desincentiva a automação, mesmo para tarefas simples como pintura ou soldagem. O Plano 863 foi descontinuado em 2016, cedendo lugar ao ambicioso Made in China 2025 (MIC 2025).

O Made in China 2025 (MIC 2025), lançado em 2015 (CSET, 2021), representa um marco na estratégia chinesa, focando na manufatura avançada com metas divididas em três etapas: a consolidação como potência manufatureira até 2025, o alcance de um nível intermediário entre as potências globais até 2035, e a liderança inovativa e tecnológica no centenário da nova China em 2049. Este plano reconhece o "atraso do país em tecnologias de fronteira como semicondutores e robótica" e assume o desafio de amadurecer a manufatura para competir globalmente. A automação no MIC 2025 prioriza precisão e confiabilidade, com o desenvolvimento de servomotores e sistemas de controle, visando reduzir a dependência externa nos setores automobilístico, eletrônico e de saúde.

Figura 4. Custo da estrutura de um robô industrial chinês

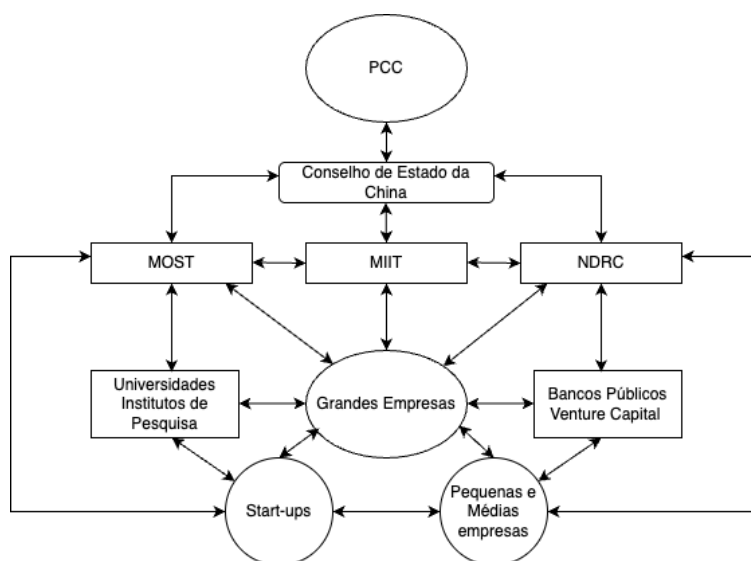


Fonte: Wubbeke *et al.*, 2016.

O desenho institucional do MIC 2025 (Figura 4, CSET, 2021) evidencia um alinhamento "completo" entre as diretrizes do Comitê Central do PCC e o Conselho de Estado, subordinando os interesses privados aos nacionais. Em 2021, a China reorientou recursos para áreas de grande dependência externa, como IA e semicondutores, em resposta a sanções externas. Além disso, em meados de 2023, a *China Securities Regulatory Commission* (CSRC, 2023) implementou novas regras para listagem de empresas no exterior, visando salvaguardar a segurança nacional. Bancos públicos como *Bank of China* (BoC), *Industrial and Commercial Bank of China* (ICBC), *China Development Bank* (CDB) e *Export-Import Bank*

of China (EximBank), que desempenham papel central na canalização de recursos para o MIC 2025.

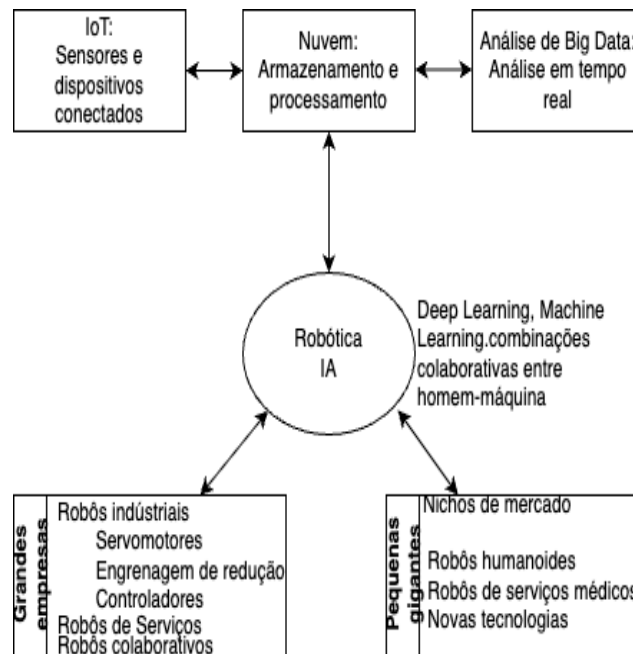
Figura 5. Esboço institucional do SNI chinês no MIC 2025



Fonte: Elaboração própria a partir do MIC 2025 (CSET, 2021).

O suporte às Pequenas e Médias Empresas (PMEs) também é uma vertente importante, com o objetivo de criar "Pequenos Gigantes" (小巨人) especializados em nichos tecnológicos e fortalecer *clusters*. A figura 5 ilustra o uso, aplicação e expansão da robótica e de tecnologias digitais emergentes por grandes empresas chinesas e pequenos gigantes: IoT pela Haier, IA pela Sensetime (fundada em 2014), Análise de *Big Data* pela Alibaba Cloud (lançou plataforma em 2018), Computação em Nuvem pela Tencent, Gêmeos Digitais pela AVIC e CRCC, e robótica pela Siasun, que em 2017 tornou-se o primeiro membro chinês da Associação Americana de Robótica.

Figura 6. As tecnologias digitais emergentes e suas relações com a robótica e IA na pequena e grande empresa chinesa



Fonte: Elaboração própria

Apesar dos notáveis avanços quantitativos, como o gasto com P&D no PIB que atingiu 2,68% em 2023 (NBSC, 2024), aproximando-se da média da OCDE de 2,7%, e a liderança da Huawei em patentes de 5G em 2022, o MIC 2025 apresenta fragilidades qualitativas. A dependência externa de semicondutores permanece uma preocupação estratégica, com a China ainda majoritariamente como montadora na Cadeia Global de Valor. Há também desafios na "dificuldade de integração de etapas produtivas distintas e a ênfase em tecnologias físicas (*hardware*)", o que pode gerar incompatibilidades com softwares e sistemas operacionais, impactando a padronização e interoperabilidade – o *HarmonyOS* da Huawei, lançado em 2019 e inicialmente baseado em *Android*, exemplifica essa questão. Persistem atrasos na criação de plataformas digitais e sistemas operacionais móveis globalmente competitivos.

Outra limitação é a elevada heterogeneidade da estrutura produtiva chinesa. O SNI concentra-se em grandes empresas e setores tecnológicos, negligenciando segmentos relevantes para emprego e desenvolvimento regional. A "integração setorial" é um desafio, visto que as tecnologias de manufatura avançada tendem a ser mais facilmente implementadas em setores com maior dinâmica econômica. A política, em sua forma atual, é vista como "linear", valorizando excessivamente os resultados em detrimento do processo interno das empresas e das particularidades de diferentes segmentos industriais. Em suma, o MIC 2025, apesar dos avanços, enfrenta desafios estruturais que exigem uma abordagem mais multifatorial.

6. Considerações finais

Este trabalho analisou as trajetórias da robótica nos Estados Unidos e na China a partir dos Sistemas Nacionais de Inovação, compreendendo a robótica como uma tecnologia sistêmica cuja evolução depende da interação entre políticas industriais, instituições e capacidades produtivas. A comparação evidenciou que, embora ambas as economias reconheçam o caráter estratégico da robótica e das tecnologias digitais emergentes, seus resultados refletem distintos modelos de coordenação institucional. Nos Estados Unidos, a fragmentação das políticas, a descontinuidade dos instrumentos de CTI e as pressões da financeirização limitam a consolidação de uma estratégia nacional de longo prazo. Na China, apesar das limitações relacionadas à dependência tecnológica e aos desafios de integração, observa-se maior coerência entre objetivos estratégicos, instrumentos de política e fortalecimento das capacidades nacionais.

Os resultados reforçam que o desempenho tecnológico não decorre exclusivamente dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, mas da capacidade dos Sistemas Nacionais de Inovação de articular políticas explícitas e implícitas em torno de um projeto nacional de desenvolvimento. Nesse sentido, a robótica constitui um caso exemplar para compreender como diferentes formas de coordenação institucional condicionam trajetórias tecnológicas, competitividade industrial e soberania tecnológica. O estudo contribui para o debate sobre políticas de CTI ao evidenciar a necessidade de estratégias de longo prazo voltadas ao fortalecimento das capacidades nacionais.

Referências

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2017). *Robots and jobs: Evidence from US labor markets*. National Bureau of Economic Research.
- Bolmsjo, G. (1992). The new breed of robots. *Industrial Robot: An International Journal*, 19(2), 23-28.
- Chesnais, F. (1996). *La mondialisation du capital*. Syros.
- Center for Security and Emerging Technology. (2021). Notice of the State Council on the publication of Made in China 2025 (2015). Georgetown University.
- China Securities Regulatory Commission. (2023). *Trial administrative measures of overseas securities offering and listing by domestic companies*.
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, 11(3), 147-162.
- Erber, F. S. (2008). Políticas de ciência, tecnologia e inovação no Brasil: Uma revisão da literatura. *Revista Brasileira de Inovação*, 7(1), 1-32.
- Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. Pinter Publishers.
- Freeman, C., & Louçã, F. (2001). *As long waves in economic life*. Edward Elgar Publishing.
- Freeman, C., & Perez, C. (1988). Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour. In G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, & L. Soete (Eds.), *Technical change and economic theory* (pp. 38-66). Pinter Publishers.
- Freeman, C., Soete, L., & Clark, J. (1982). *Unemployment and technical innovation: A study of long waves and economic development*. Pinter.
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The industrial internet of things*. Apress.
- Goel, A., & Gupta, A. (2020). *Industry 4.0: Challenges and opportunities for manufacturing industry*. Springer.
- Herrera, A. O. (1973). *Science and technology in Latin America*. Science Policy Research Unit, University of Sussex.

- Holm, M., Lorenz, M., & Stamhus, S. (2021). *Industry 4.0: An introduction*. Springer.
- International Federation of Robotics. (2017). *Robots: China breaks historic records in automation*. IFR Press Release.
- International Federation of Robotics (IFR). (2024a). *ISO 10218-1:2011 Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 1: Robots*. <https://www.iso.org/standard/73933.html>
- International Federation of Robotics (IFR). (2024b). *World Robotics 2024 - Industrial Robots*.
- International Federation of Robotics. (2025). *Information paper: World robotics R&D programs*.
- ISO 8373:2021. (2021). *Robots and robotic devices — Vocabulary*. International Organization for Standardization.
- Keisner, H., Raffo, J., & Wunsch-Vincent, S. (2016). *Robotics: A WIPO technology trends report*. World Intellectual Property Organization.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industrial big data analytics enabled manufacturing. *Manufacturing Letters*, 3, 18-23.
- Lundvall, B. Å. (1992). *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter Publishers.
- Manufacturing USA. (2023). *Annual Report*.
- Malerba, F. (1992). Learning by doing, learning by using, and technological innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 41(3), 299-311.
- Natelson, D., Matthews, K. R. W., Evans, K. M., & Lane, N. F. (2024). *Put the science (and education) back in CHIPS and Science*. Rice University's Baker Institute for Public Policy.
- National Science Foundation. (2018). *National Robotics Initiative (NRI): Program solicitation NSF 16-517*. <https://www.nsf.gov/funding/opportunities/nri-30-national-robotics-initiative-30-innovationsintegration/503641/nsf19-536/solicitation>
- National Science Foundation. (2025). *NSF Award Search*. <https://www.nsf.gov/awardsearch/advancedSearch.jsp>
- National Bureau of Statistics of China (NBSC). (2024).
- NNMI Annual Report. (2016). *National Network for Manufacturing Innovation (NNMI) Annual Report*.
- OECD. (2016). *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015: Innovation for growth and social challenges*. OECD Publishing.
- Perez, C. (1983). Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems. *Futures*, 15(5), 357-375.
- Perez, C. (2002). *Technological revolutions and financial capital: The dynamics of bubbles and golden ages*. Edward Elgar Publishing.
- Perez, C. (2004a). Technological revolutions, paradigm shifts and socio-institutional change. In A. Bhaduri & R. L. G. de M. Lall (Eds.), *Developments in economic theory* (pp. 1-28). Routledge.
- Perez, C. (2004b). *Revoluciones tecnológicas y capital financiero: La dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*. Siglo XXI Editores.
- Rosenberg, N. (1982). *Inside the black box: Technology and economics*. Cambridge University Press.
- Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2024). *Artificial intelligence in robotics and automation: A review*. CRC Press.
- Staccioli, J., & Virgillito, E. (2021). The trajectories of industrial robots: A patent analysis (1970–2019). *Industrial and Corporate Change*, 30(4), 1109-1144.
- Statista. (2022). *Robot manufacturers market share worldwide 2021*. <https://www.statista.com/topics/898/global-market-share/>
- World Intellectual Property Organization (WIPO). (2025). *PATENTSCOPE*.
- Zamalloa, L., Garcia-Marquez, C., Zamalloa, A., & Aranguren, L. (2017). *History of robotics: From ancient times to industrial revolution*. InTechOpen.

10. Motivaciones para adoptar la Industria 4.0 en el sector eléctrico. El caso de Grupo Beta

Maribel García Barrientos

Postdoctorante. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. México

E-mail: maribelgb.eco29@gmail.com

1.Introducción

Los avances que se han dado en cuanto a las nuevas tecnologías que se asocian a la Industria 4.0 (I4.0) han tenido un impacto en la transformación de la economía global, facilitando la incorporación de la automatización y digitalización. Esto debido a la adopción e incorporación de nuevas tecnologías que se asocian a la I4.0, como son la robótica, el big data, la inteligencia artificial, la ciberseguridad y la computación en la nube, entre otras. Esta adopción sugiere que la economía global está transitando hacia una hiper digitalización y automatización. Sin embargo, los países en vías de desarrollo aún están lejos de convertirse en pioneros o en liderar la adopción de la I4.0. El informe de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) sobre la Industrialización en la era digital (2019) identificó una serie de problemas en su adopción en países en desarrollo como lo es México, y encontró lo siguiente: la I4.0 está concentrada a nivel mundial en pocas economías desarrolladas que lideran su uso y adopción, y países en desarrollo aún tienen un papel muy bajo en cuanto a su adopción. México está inserto en varias Cadenas Globales de Valor (CGV) por lo que su adopción presenta un estímulo para su adopción. El sector eléctrico tiene un papel importante en la economía mexicana, ya que, representa un pilar para su desarrollo y crecimiento (Bancomext, 2022).

En México se sabe poco acerca de las motivaciones y del tipo de motivaciones que tienen las empresas mexicanas para adoptar la I4.0 en empresas que pertenecen a CGV y que son multilatinas. Estas motivaciones pueden ser diferentes de acuerdo a las características de las empresas, por ejemplo, el origen del capital, el tamaño, los sectores en los que opera en la economía, el grado de integración con el mundo, y entorno en el que se desenvuelve en sus múltiples esferas: económica, política, social, ambiental y cultural.

El objetivo de este artículo es identificar qué tipo de motivaciones (económica, política, social, ambiental y cultural) tiene el G. BETA para adoptar la I4.0 en una de sus líneas de negocio: la eléctrica. Para esto se utilizó una metodología de estudio de caso simple, las fuentes de información fueron: entrevistas semiestructuradas, fuentes secundarias y observación directa. El periodo de análisis fue de 2000 a 2024.

El contenido de este artículo es el siguiente: después de esta introducción se presenta la revisión de la literatura, después se presenta la metodología, para dar paso al perfil de caso, los resultados y finalmente las conclusiones.

2. Revisión de la literatura

Este artículo tiene un cuerpo de literatura sobre la Estrategia Empresarial y dentro de este cuerpo de literatura se presentan las motivaciones para adoptar la I4.0.

La Estrategia Empresarial

La Estrategia empresarial es parte del modelo de negocio de la empresa. El elaborar y seleccionar una estrategia empresarial dentro del modelo de negocio de la empresa requiere un análisis estratégico para que resulte en una ventaja competitiva y en un diseño e implementación de nuevos modelos de negocios (Teece, 2010). La estrategia empresarial se define por la respuesta a dos preguntas: ¿dónde compete la empresa? y ¿cómo compete? La primera pregunta se refiere al alcance de las actividades de la empresa. La segunda se refiere a cómo las empresas planean establecer una ventaja competitiva sobre sus rivales dentro de los mercados que atienden (Velásquez y Medellín, 2005).

Estrategia tecnológica como parte de la estrategia empresarial

La estrategia tecnológica se deriva de la estrategia empresarial y debe alinearse con la misma; dado su alcance y naturaleza, involucra a las diversas áreas de la empresa. La estrategia tecnológica de adopción forma parte esencial para la creación de valor de la empresa.

“La mayoría de las organizaciones realizan o proyectan la adopción y/o la implementación de innovaciones tecnológicas, tomando en cuenta las variables financieras, así como aquellos factores determinantes dentro del proceso de adopción, pasando por alto otras variables del entorno, que a su vez resultan de gran importancia y/o desempeñan un papel fundamental para el éxito de la adopción.” (Álvarez, 2015:16)

Motivaciones

La motivación es *“el conjunto de razones por las que las personas u organizaciones se comportan de la forma en que lo hacen. El comportamiento motivado es vigoroso, dirigido y sostenido.”* (Naranjo, 2009:2) En las empresas existen dos tipos de motivaciones: las internas y las externas, entre las que destacan las de carácter económico o financiero que están relacionadas con el beneficio de la empresa y que son consideradas como motivaciones externas. Las motivaciones internas están ligadas a los valores y creencias del personal que conforman la empresa (Bernal-Conesa et al., 2016).

Motivaciones para la adopción de la I4.0

Schwab (2016) menciona en su libro sobre “La cuarta revolución Industrial” que las organizaciones exitosas se desplazarán cada vez más de estructuras jerárquicas a modelos más conectados en red y colaborativos. La motivación será cada vez más intrínseca, impulsada por el deseo de colaboración de los empleados y la gestión de la destreza, la independencia y el significado.

3. Metodología

Dado el objetivo general, se requiere una metodología que permita un nivel de detalle y profundidad de información. De acuerdo a la anterior, este artículo tiene una metodología cualitativa, exploratoria y descriptiva, y se seleccionó un diseño de estudio de caso a nivel de empresa. Los criterios de selección para el estudio de caso fueron: ser una empresa de capital mexicano, ser multilatina, que pertenezca a CGV, que realice actividades de I+D, proveedora de nivel Tier 1 y 2 y que implemente con éxito tecnologías de la I4.0. La unidad de observación es el G. BETA, la unidad de análisis son las motivaciones para adoptar la I4.0 en el grupo. La recolección de la información se llevó a cabo a diversos colaboradores del G. BETA, se realizaron 9 entrevistas y también se recurrió a fuentes secundarias y observación directa. La triangulación de la información se dio mediante un informante clave.

4. Perfil del caso

El G. BETA opera en el sector manufacturero, y tiene dos líneas de negocio que operan en dos sectores industriales -eléctrico y automotriz. Este grupo es de capital mexicano, es familiar, es multilatina, pertenece a CGV en algunos de sus productos. Tiene plantas en 5 estados de México y 3 plantas en el extranjero (una planta en España y 2 en Brasil) (Entrevistados 2 y 3). Las plantas en el extranjero corresponden a su línea eléctrica, tiene más de 10,000 colaboradores y cuenta con un Centro de I+D, que tiene dos sedes. Es parte de un Conglomerado Mexicano muy grande y diversificado.

Al ser una empresa multilatina, tiene cobertura nacional e internacional. Dentro de la cobertura nacional se localizan plantas en los siguientes estados de México: Ciudad de México, Querétaro, San Luis Potosí, Puebla y Guanajuato, estas se dedican a la producción de productos eléctricos para la línea automotriz, de telecomunicaciones y electrónica.

5. Resultados

Para identificar cuáles son esos objetivos asociados a la adopción de la I4.0, se identificaron un conjunto de motivaciones que muestran cómo esta línea está iniciando ese proceso de adopción de la I4.0, con motivaciones que permiten en un primer momento indagar sobre este nuevo paradigma. La decisión de querer adoptar la I4.0 en esta línea viene dada por la dirección de la empresa, que ya tenía antecedentes de haber iniciado este proceso y en este primer momento estas motivaciones estuvieron relacionadas con el mercado en que operan y sus clientes, ya que estas serían relacionadas con el cambio tecnológico que ocurría en la industria así como el cambio en las necesidades de sus clientes debido a la incorporación de nuevas tecnologías en la industria tanto a nivel internacional como nacional.

Estas son las motivaciones identificadas en este primer periodo (2000-2019).

- Mantenerse actualizado para seguir siendo competitivos.
- Mantener las relaciones con los socios comerciales.
- Seguir a las CGV en el sector.
- Ver a la I4.0 como un proceso natural dado el avance tecnológico para aprovechar las tecnologías y así optimizar la producción, la logística y las actividades organizativas.

- Reducir la mano de obra, debido a la alta rotación del personal
- Adquirir algunas tecnologías I4.0
- Diversificación de los productos

Estas motivaciones surgen como respuesta al exterior ya que son inherentes a la estrategia tecnológica como se mencionó en el marco teórico, ya que, son respuesta a su entorno, que tienen impactos dentro y fuera de la empresa, por ejemplo, la diversificación de los productos, los demanda el mercado donde se desarrollan nuevas aplicaciones, porque tecnológicamente los productos en ambas líneas de negocio se van haciendo cada vez más complejas, por lo tanto, no todas las innovaciones que se desarrollan en el grupo tienen origen dentro de la empresa, sino es más bien resultado de variables del contexto que inciden directamente en la diversificación de sus productos mediante innovaciones que son inducidas por el mercado y sus nuevas necesidades ante la incorporación de nuevas tecnologías.

En general estas motivaciones han servido como un motor o un impulsor en un primer momento del avance de la adopción de la I4.0 en esta línea de negocio, y tienen impacto en la estrategia, lo que ha llevado a la empresa a contar con cierto nivel de digitalización que le permitió avanzar en la adopción de la I4.0, y tener una fase preliminar de digitalización ya que de acuerdo a la literatura la digitalización es un impulsor de la I4.0.

Motivaciones en la adopción de la I4.0 asociadas a un nivel intermedio de CT.

Las motivaciones identificadas en este nivel difieren a las señaladas en el nivel básico, las cuales se encontraban en un proceso de sensibilización o preparación para adoptar la I4.0 en esta línea de negocio eléctrica. Sin embargo, durante el 2019, que es el año en que comienzan a introducir la I4.0, estas motivaciones cambian dado que ya se cuenta con una herramienta que permite su incorporación y ya contaban con un proyecto que se puso en marcha para incorporarse. Las motivaciones que se identificaron están asociadas a un nivel intermedio las cuales están enfocadas principalmente a aumentar la calidad de los productos e implementar algunas tecnologías de la I4.0.

- Aumentar la calidad de los productos, generando mayor valor añadido, gracias a la adopción de algunas tecnologías.
- Implementar algunas tecnologías en procesos específicos y en determinadas áreas de producto.
- Implementar I4.0 de acuerdo a las necesidades de los clientes, adopción por presión del mercado nacional e internacional.
- Implementar I4.0 para ser más eficientes y eficaces tanto en los procesos productivos como en los organizativos.

Estas motivaciones ya están enfocadas en implementar la I4.0 en sus productos, en determinadas áreas que sean susceptibles de incorporar, así como en su cadena de valor desde el diseño hasta el análisis financiero a diferencia del nivel básico que buscaban principalmente mantenerse en el mercado y conocer ¿qué es la I4.0? y cómo puede ayudarlos en la empresa, como observamos en la evidencia, estas han seguido un proceso evolutivo y acumulativo que va de acuerdo al nivel de digitalización en la empresa. Si bien en la primera fase se tenía que iniciar un proceso de digitalización en sus procesos y dejar de lado el uso de papel, ahora se trabaja con la información

que obtienen de esa digitalización esto con ayuda de lo que ellos llaman habilitadores digitales, para dar paso a la segunda fase de digitalización que es generación, sistematización y análisis de la información. Los habilitadores digitales apoyan a la I4.0 ya que puede interactuar con su cadena de valor, que inicia desde el pedido del cliente hasta los elementos referidos a su contabilidad.

6.Conclusiones

El rápido ritmo que lleva la digitalización y la automatización debido al acelerado uso y adopción de nuevas tecnologías que se asocian a la I4.0 está teniendo impacto en la economía global, ya que, está impulsando que se transite hacia una economía digital y por ende que las empresas quieren adoptarla. Las motivaciones que son las razones por las cuales las empresas desean adoptarla, estarán en función de ciertas características, como lo son: el tamaño, el grado de integración con el resto de la economía nacional y global y el nivel de digitalización entre otras. En el G. BETA se identificaron una serie de motivaciones que van desde un primer momento (2000-2019) y están asociadas a un nivel de digitalización básico y principalmente están relacionadas con entender que es la I4.0 y mantenerse actualizados, en el segundo periodo analizado (2019-2024) asociado a un nivel de digitalización intermedio, las motivaciones para adoptar la I4.0 están enfocadas principalmente en aumentar la calidad de sus productos y en adoptar la I4.0 en áreas específicas de la empresa que representen un valor agregado mayor a sus productos.

Referencias

- Álvarez, F. (2015) Implementación de nuevas tecnologías: valuación, variables, riesgos y escenarios tecnológicos / Francisco Antonio Álvarez Echeverría, 1a ed. San Salvador, El Salv. UFG Editores.
- Bancomext. (2022). Ficha automotriz. Retrieved January 7 from sitio web de la empresa. Disponible en https://www.bancomext.com/pymex/wp-content/uploads/sites/6/2022/02/211214-Ficha-de-automotriz_G.pdf
- Bernal-Conesa J., de Nieves Nieto, C., Briones- Peñalver, A.J.(2016). Motivaciones para implantar una estrategia de RSC en empresas tecnológicas y su influencia en la competitividad. Analisis empirico desde. España Journal of Globalization, Competitiveness & Governability. Vol. 10, no. 2, 2016, pp. 33-53 Portal Universia S.A. Boadilla del Monte, España.
- Naranjo, M. (2009) Motivación: Perspectivas teóricas y algunas consideraciones de su importancia en el ámbito educativo. Revista Educación, vol 33, núm. 2. ISSN: 0379- 7082. Universidad de Costa Rica.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2019) Informe sobre el Desarrollo Industrial 2019. UNIDO. La industrialización en la era digital. Resumen. Viena.
- Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. World Economic Forum. Disponible en <https://www.weforum.org/stories/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
- Teece, D., (2010) Business Models, Business Strategy and Innovation, Long Range Planning, Vol, 43, Issues 2–3, 2010, p.p 172-194, ISSN 0024-6301, <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.003>.
- Velásquez, G., & Medellín, E. (2005). Manual de transferencia y adquisición de tecnologías sostenibles. CEGESTI, San José, Costa Rica.

Este volumen de la *Revista Debates sobre Innovación* surge a partir de la *VI Conferencia Internacional de la Red Latinoamericana para el estudio de los Sistemas de Aprendizaje, la Innovación y el Desarrollo de Competencia (LALICS)*. En 2025 la Red se reunió en Río de Janeiro, entre el 8 y el 10 de septiembre, bajo el lema: “Innovación para el Desarrollo en América Latina: Sostenibilidad Ambiental, Económica y Social en la Democracia”. En el encuentro se realizaron dos eventos: 1) la Academia de Doctorado y 2) el Seminario de Investigación. Los asistentes, estudiantes de doctorado e investigadores de América Latina y el Caribe, debatieron sobre temas enfocados a: la sostenibilidad y los recursos naturales, digitalización e inteligencia artificial, desarrollo y sus implicaciones en la región, agroindustrias, género, innovación empresarial, salud, políticas industrial y científica, tecnología e innovación, redes, territorios y conocimiento, digitalización, relaciones academia-universidad, y trayectorias nacionales y sectoriales. intenso El diálogo, recorrido en dos volúmenes, se comparte en los números de esta edición de *Debates sobre Innovación*.

Puede consultar los
números de la Revista
en el enlace siguiente:



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

