



Las opiniones y los contenidos de los trabajos publicados son responsabilidad de los autores, por tanto, no necesariamente coinciden con los de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad.



Esta obra por la Red Internacional de Investigadores en Competitividad se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported. Basada en una obra en riico.net.

Articulación del enfoque STEM en la política pública educativa mexicana: análisis crítico y diseño estratégico

*Ignacio Arroyo Arroyo*¹

Resumen

La presente investigación examina el papel de las políticas públicas en la incorporación del enfoque STEM en el sistema educativo mexicano, proponiendo líneas estratégicas para su implementación inclusiva y sostenible. A través de un análisis cualitativo de marcos internacionales, informes especializados y experiencias latinoamericanas, se identifican fundamentos epistemológicos, estrategias y mecanismos de evaluación del modelo STEM. Se presentan siete ejes clave: desarrollo sostenible, equidad e inclusión, gobernanza tecnológica, vinculación productiva, innovación educativa, infraestructura digital y formación docente. El estudio destaca la necesidad de crear un ecosistema educativo alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, que favorezca trayectorias formativas inclusivas y sistemas de evaluación rigurosos. La integración del enfoque STEM se plantea como una vía para transformar el modelo educativo hacia mayor justicia social, competitividad tecnológica y sostenibilidad.

Palabras clave: Educación STEM, políticas públicas, inclusión educativa, innovación pedagógica, desarrollo sostenible.

Abstract

The present research explores the role of public policies in integrating the STEM approach (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) into Mexico's educational system, aiming for inclusive and sustainable implementation. Using a qualitative methodology, it analyzes international frameworks, specialized reports, and regional experiences to identify epistemological foundations, implementation strategies, and evaluation mechanisms. Seven strategic axes are proposed: sustainable development, equity and inclusion, technological governance, productive linkage, educational innovation, digital infrastructure, and teacher training. The study emphasizes the urgency of building an educational ecosystem aligned with the Sustainable Development Goals, promoting inclusive learning pathways and rigorous evaluation systems. STEM integration is presented as a transformative opportunity for advancing social justice, technological competitiveness, and long-term sustainability in Mexican education.

Keywords: STEM education, public policy, educational inclusion, pedagogical innovation, sustainable development.

¹Universidad Politécnica de Pénjamo

Introducción

La educación superior enfrenta un proceso de transformación estructural, condicionado por la aceleración tecnológica, los cambios socioeconómicos globales y la evolución de las competencias requeridas por el mercado laboral. En este escenario, múltiples informes internacionales y nacionales advierten sobre la necesidad de transitar hacia modelos formativos flexibles, híbridos y personalizados, centrados en la integración de competencias STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) como eje transversal para el desarrollo sostenible y la innovación (UNESCO, 2017; EDUCAUSE, 2025; García et al., 2023). La digitalización de sectores productivos, la automatización intensiva y la expansión de la inteligencia artificial han generado una demanda sin precedentes de perfiles profesionales con habilidades técnicas avanzadas, así como con pensamiento crítico y capacidad de resolución de problemas en contextos de alta complejidad.

Esta necesidad de reconectar la educación con los desafíos nacionales ya había sido planteada en la Visión STEM para México (Movimiento STEM, 2019), donde se propone una agenda educativa integral y prospectiva alineada a las tendencias globales. Frente a estos desafíos, el presente artículo propone un análisis crítico del papel de las políticas públicas en la articulación del enfoque STEM en México, incorporando referencias internacionales, evidencias empíricas y marcos teóricos actuales. A partir de ello, se busca contribuir a la construcción de un modelo educativo innovador, equitativo y pertinente, capaz de responder a las transformaciones tecnológicas y sociales del siglo XXI mediante estrategias que fortalezcan la formación docente, la equidad educativa, la vinculación con el sector productivo y la gobernanza de tecnologías emergentes.

Objetivo General

Analizar el papel de las políticas públicas en la integración del enfoque STEM en el sistema educativo mexicano, a partir de marcos normativos, experiencias nacionales e internacionales y fundamentos epistemológicos; y proponer líneas estratégicas para su implementación efectiva, inclusiva y sostenible.

Objetivos Específicos

1. Examinar la evolución de las políticas educativas en México en relación con la inclusión del enfoque STEM y su alineación con los desafíos del siglo XXI.
2. Identificar los principios epistemológicos, pedagógicos y tecnológicos que sustentan el enfoque STEM, así como sus implicaciones en la formación docente y la equidad educativa.

3. Proponer ejes estratégicos de política pública que fortalezcan la implementación del modelo STEM en México, considerando criterios de gobernanza, pertinencia curricular, vinculación con el sector productivo y mecanismos de evaluación.

Justificación

La transformación de la educación superior en la última década ha estado estrechamente vinculada a la incorporación de tecnologías emergentes y a la reconfiguración de los perfiles profesionales requeridos en las economías del conocimiento. Informes como los *EDUCAUSE Horizon Report* (2020–2025) subrayan la transición hacia modelos de aprendizaje dinámicos, adaptativos e integrados con la tecnología, en los cuales el enfoque STEM adquiere un papel protagónico en la preparación de ciudadanos capaces de afrontar los desafíos científicos, digitales y sociales del siglo XXI.

El impacto creciente de la automatización, la inteligencia artificial y la digitalización ha intensificado la demanda de competencias en programación, análisis de datos y pensamiento computacional (Angeli y Valanides, 2020). En este marco, la educación superior tiene la responsabilidad de garantizar la formación de estudiantes con habilidades alineadas a sectores estratégicos como la manufactura inteligente, las energías renovables o las industrias creativas basadas en tecnología. La evidencia disponible muestra que dicha transformación no puede lograrse sin políticas educativas coherentes, inversión sostenida en innovación pedagógica y un rediseño curricular sensible al contexto.

Por ello, este proyecto se justifica en la necesidad de analizar objetiva y críticamente los marcos normativos y las estrategias institucionales que permitan incorporar el enfoque STEM de forma estructural en el sistema educativo mexicano, superando su tratamiento fragmentado o implícito. El propósito es aportar insumos conceptuales y operativos para el desarrollo de políticas públicas orientadas por la equidad, la pertinencia y la sostenibilidad.

Método

El método de investigación fue un enfoque cualitativo con alcance descriptivo y analítico-documental, sustentado por una revisión crítica y sistemática de literatura especializada, marcos normativos, informes internacionales y estudios comparativos sobre políticas educativas con enfoque STEM.

Este tipo de método se caracteriza por: Recopilación y análisis de fuentes secundarias: como documentos institucionales (UNESCO, EDUCAUSE, Movimiento STEM), políticas públicas nacionales e internacionales, y artículos académicos que permiten identificar tendencias, fundamentos epistemológicos y ejes estratégicos relevantes. Análisis temático y estructuración sintética: mediante la construcción de categorías (ejes estratégicos, fundamentos, retos, actores), organizadas en función de los objetivos específicos planteados en el estudio. Fundamentación crítica: se incluye una interpretación argumentada que integra diferentes perspectivas teóricas y evidencia contextual, lo cual fortalece la voz autoral y permite establecer propuestas pertinentes para el caso mexicano.

El método empleado no pretende medir fenómenos cuantificables, sino comprender, sintetizar y proyectar propuestas a partir de un análisis riguroso de información documental y experiencias previas. Es adecuada para estudios de política educativa, donde los marcos teóricos y normativos juegan un papel central en la construcción de rutas de acción.

Objeto de Estudio: El objeto de estudio de este trabajo es la integración del enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) en las políticas públicas del sistema educativo mexicano, particularmente en el nivel de educación superior. Se centra en analizar cómo los marcos normativos, las estrategias institucionales y las experiencias comparadas contribuyen (o podrían contribuir) a consolidar un modelo educativo que promueva la equidad, la innovación pedagógica y la pertinencia formativa frente a los desafíos del siglo XXI.

Pregunta de Investigación: ¿Cómo contribuyen las políticas públicas a la integración efectiva del enfoque STEM en el sistema educativo mexicano, y cuáles son los ejes estratégicos necesarios para garantizar su pertinencia, sostenibilidad e impacto social?

Hipótesis: Si las políticas públicas educativas en México incorporan de manera estructurada el enfoque STEM, alineado con marcos normativos internacionales, tendencias pedagógicas innovadoras y criterios de equidad e inclusión, entonces es posible consolidar un modelo educativo pertinente, sostenible y orientado a los desafíos científicos

Políticas Educativas

Contexto

La consolidación de un enfoque STEM en los sistemas educativos requiere de un marco normativo robusto que articule esfuerzos gubernamentales y del sector privado. En esta configuración, el Estado asume un papel crucial al definir políticas públicas, asignar recursos financieros y establecer estándares que orienten la formación científica y tecnológica, con el fin de ampliar la cobertura, mejorar la calidad educativa e impulsar una cultura de innovación vinculada al desarrollo económico y social (Resnick, 1998). A nivel internacional, diversas naciones han adoptado estrategias formales que institucionalizan el enfoque STEM: Estados Unidos con su Ley de Educación STEM, Singapur mediante programas curriculares específicos, Australia con su Estrategia Nacional (2016-2026), Reino Unido con su plan educativo (2018-2022), además de propuestas regionales como Visión STEM para México (2019), Colombia con STEM+ (2021) y Chile con su iniciativa STEAM (2017).

En América Latina, las políticas educativas han adquirido una función articuladora entre actores sociales: gobiernos, instituciones académicas, ONG y empresas, que convergen en la generación de programas destinados a reducir brechas de género, enfrentar desafíos digitales y atender demandas laborales emergentes. Estas políticas se manifiestan en mecanismos como la flexibilización curricular, el uso de metodologías activas y la promoción de vocaciones científicas desde la infancia, contribuyendo a un ecosistema formativo más inclusivo y pertinente (Flores Zaragoza et al., 2024).

Políticas Educativas en México

En años recientes, propuestas como la Nueva Escuela Mexicana han intentado articular una transformación curricular con enfoque comunitario; sin embargo, persisten tensiones entre el discurso institucional y su implementación operativa. A nivel general, las políticas han oscilado entre enfoques tecnocráticos y humanistas, con avances importantes en cobertura pero con rezagos persistentes en calidad, equidad y profesionalización docente (Blanco, 2024; De la Cruz Flores, 2022).

La falta de continuidad y el bajo nivel de articulación entre diagnóstico y diseño de políticas han limitado su impacto sistémico. Por ello, distintas voces académicas y públicas coinciden en la necesidad de construir políticas educativas sustentadas en evidencia, con participación social y una visión transexenal que trascienda coyunturas políticas. Las políticas educativas en México han transitado históricamente por enfoques fragmentados, influidos por contextos ideológicos y ciclos sexenales. Desde los modelos centralistas del siglo XX hasta propuestas como la Nueva Escuela Mexicana, se ha buscado modernizar el sistema educativo con enfoque humanista, comunitario y equitativo.

Cinco tendencias clave destacan en las políticas actuales: (1) equidad e inclusión como principios rectores; (2) transformación curricular con enfoque integral; (3) revalorización del magisterio; (4) gobernanza participativa y visión transexenal; y (5) diseño de políticas basadas en evidencia (Blanco, 2024; Morales Sandoval, 2024). No obstante, persisten problemas estructurales: la discontinuidad de reformas, la falta de equidad sistémica, el debilitamiento institucional, la escasa contextualización curricular y la débil relación entre diagnóstico y política pública. Estos factores limitan el impacto de las intervenciones educativas, evidenciando la urgencia de construir políticas sostenibles, articuladas y basadas en evidencia (De la Cruz Flores, 2022). Investigaciones recientes destacan la urgencia de fortalecer competencias del siglo XXI y articular estrategias que conduzcan hacia una educación STEM inclusiva, contextualizada y con visión estructural (Blanco, 2024).

Fundamentos Epistemológicos y Estratégicos del Enfoque STEM

Enfoque Epistemológico del STEM

El enfoque STEM, como evolución del modelo tradicional, incorpora dimensiones sociales, humanísticas y ambientales, orientando la educación hacia una formación integral y contextualizada (UNESCO, 2017; Movimiento STEM+, 2024; EDUCAUSE, 2025). Su base epistemológica se sustenta en el constructivismo, el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje experiencial, promoviendo la interacción activa del estudiantado con su entorno y la resolución colaborativa de problemas reales mediante el uso de tecnología (Rivera y López, 2024; García et al., 2023).

A través de su plan educativo, se impulsa una formación científica inclusiva y la cooperación entre academia e industria. Asimismo, Naciones Unidas subraya el papel de la educación superior STEM para reducir desigualdades, especialmente entre mujeres y poblaciones vulnerables, dentro del marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030.

Estrategias de Implementación en Educación Superior

La integración del enfoque STEM en el nivel superior se ha consolidado mediante estrategias pedagógicas innovadoras que responden a las demandas formativas del siglo XXI. Entre las más relevantes se encuentra el aprendizaje basado en proyectos, que estimula la resolución de problemas complejos, el trabajo colaborativo y el uso de tecnologías aplicadas como simuladores digitales y laboratorios de robótica (EDUCAUSE, 2023; García et al., 2023).

Asimismo, se destaca la incorporación de tecnologías emergentes (inteligencia artificial, realidad aumentada, analítica de aprendizaje y robótica educativa) como herramientas clave para enriquecer la enseñanza y facilitar la accesibilidad digital (EDUCAUSE, 2025; Rivera y López, 2024; Movimiento STEM+, 2024). Estas prácticas se complementan con el modelo híbrido de enseñanza, que combina modalidades presenciales con entornos virtuales, simulaciones y laboratorios remotos (UNESCO, 2017; EDUCAUSE, 2022).

La educación STEM en este nivel también ha adoptado un enfoque inclusivo y equitativo, dirigido a democratizar el acceso a recursos tecnológicos en comunidades marginadas y cerrar brechas digitales (EDUCAUSE, 2021; ONU, 2024). Finalmente, la gobernanza educativa constituye un eje estratégico: se requieren reformas normativas que alineen los programas universitarios con regulaciones emergentes en inteligencia artificial, accesibilidad y derechos tecnológicos (Comisión Europea, 2025; Rivera y López, 2024).

Impacto del STEM en la Formación Universitaria

La implementación del enfoque STEM en educación superior ha propiciado una transformación sustantiva en las prácticas formativas de disciplinas científicas y tecnológicas, consolidando una propuesta integral y orientada a la innovación. Uno de los principales logros ha sido el fortalecimiento de la interdisciplinariedad, mediante la articulación de saberes científicos con perspectivas humanísticas y ambientales, ampliando la capacidad crítica y contextual de los estudiantes (EDUCAUSE, 2025; Movimiento STEM+, 2024; Comisión Europea, 2025).

A través de la optimización del aprendizaje, sustentada en tecnologías como inteligencia artificial y analítica de datos, se ha posibilitado la personalización de procesos formativos y la mejora del rendimiento académico (Rivera y López, 2024). Esta evolución pedagógica se vincula directamente con la alineación al mercado laboral, preparando profesionales para sectores estratégicos como la automatización, la industria digital y la transición energética (Carro Suárez et al., 2023; ONU, 2024).

El Rol Docente en la Educación STEM: de Transmisor a Diseñador de Trayectorias Inclusivas

De la Enseñanza Tradicional a la Práctica Educativa STEM

Históricamente, el modelo docente en educación superior se centró en metodologías expositivas y currículos rígidos (EDUCAUSE, 2020). Sin embargo, la incorporación de tecnologías emergentes y

metodologías activas ha promovido un giro hacia enfoques más dinámicos, centrados en el estudiante. El Movimiento STEM+ plantea que el docente debe adoptar metodologías como el aprendizaje basado en proyectos y la analítica del aprendizaje, utilizando herramientas digitales que favorezcan la personalización educativa (Movimiento STEM+, 2024; Comisión Europea, 2025; EDUCAUSE, 2023).

Diseño de Trayectorias Educativas Inclusivas

En este marco, el diseño de trayectorias educativas inclusivas se convierte en un eje central del quehacer docente. La analítica del aprendizaje y la inteligencia artificial permiten ajustar contenidos a las necesidades individuales de cada estudiante (EDUCAUSE, 2022; 2025). Además, organismos como la Organización de las Naciones Unidas y la Comisión Europea han promovido estrategias para cerrar brechas digitales y garantizar el acceso equitativo a disciplinas STEM (ONU, 2024; Comisión Europea, 2025). Aunado a eso, la robótica educativa y el enfoque en retos ofrecen entornos interactivos que estimulan el pensamiento computacional, la creatividad y la solución de problemas complejos (EDUCAUSE, 2023; García et al., 2023). Como señalan Larson y Northern (2011), las competencias comunicativas, éticas y tecnológicas deben ser parte estructural del currículo universitario resiliente.

Estrategias Docentes para Consolidar el Modelo STEM

El éxito del enfoque STEM en educación superior exige estrategias docentes específicas como:

- La integración de inteligencia artificial y aprendizaje adaptativo para personalizar la enseñanza (Movimiento STEM+, 2024; EDUCAUSE, 2025).
- Modelos híbridos que combinan sesiones presenciales con laboratorios virtuales y simulaciones (UNESCO, 2017; EDUCAUSE, 2022).
- Enseñanza basada en retos, conectada con las demandas industriales actuales, como la automatización y la digitalización (Carro Suárez et al., 2023; Comisión Europea, 2025).

Este rediseño del rol docente favorece una educación más pertinente y sostenible, capaz de formar profesionales preparados para los desafíos globales. Un elemento clave es la articulación entre educación y sostenibilidad: el Foro Económico Mundial (2023) destaca el surgimiento de economías verdes y el incremento de empleos en energías renovables, eficiencia energética y gestión del cambio climático. Para ello, se requiere incorporar módulos ambientales y competencias técnicas en

programas STEM, posicionando a las universidades mexicanas como protagonistas en la transición ecológica

Ejes Estratégicos del Enfoque STEM en Política Pública

Con base en el análisis de documentos internacionales, diagnósticos nacionales e investigaciones educativas, se identifican siete ejes estratégicos clave que deben guiar el diseño e implementación de políticas públicas con enfoque STEM en México. Estos ejes articulan los principales desafíos estructurales y oportunidades de transformación educativa, considerando factores como la sostenibilidad, la inclusión, la gobernanza tecnológica, la vinculación con el sector productivo y la formación docente. A continuación se detalla cada eje y su función.

Eje 1: Educación STEM como Motor de Desarrollo Sostenible

La educación STEM se posiciona como un componente estratégico para el desarrollo social, tecnológico y económico en el contexto global. Organismos como la OCDE (2019) y la ONU (2024) subrayan su papel en la formación de ciudadanía con competencias científicas, digitales y orientadas a la resolución de problemas del siglo XXI. En esta línea, el Foro Económico Mundial (2023) plantea que el fortalecimiento de habilidades STEM resulta esencial para impulsar sectores como la automatización, la inteligencia artificial y las energías renovables, clave en la configuración de economías sostenibles.

Eje 2: Políticas Públicas para la Equidad y la Inclusión en STEM

El acceso equitativo a la educación STEM debe ser un objetivo prioritario en las políticas públicas. La UNESCO (2023) y la OCDE (2019) han desarrollado programas que buscan reducir las brechas de género y garantizar oportunidades para poblaciones vulnerables. El Movimiento STEM (2021; 2022) ha liderado iniciativas para la diversificación de la enseñanza STEM, promoviendo acciones concretas para la inclusión de mujeres y comunidades marginadas en disciplinas científicas y tecnológicas.

Eje 3: Regulación y Gobernanza de Tecnologías Emergentes en Educación

La expansión de herramientas tecnológicas en el ámbito educativo requiere modelos de regulación y gobernanza que garanticen su seguridad y uso ético. La OMPI (2022) ha destacado la importancia de establecer normativas claras sobre el manejo de datos y la privacidad en educación STEM,

mientras que EDUCAUSE (2025) ha identificado la analítica del aprendizaje y la inteligencia artificial como elementos clave para la transformación digital de la educación.

Eje 4: Vinculación del Enfoque STEM con el Sector Productivo

La educación STEM requiere una articulación efectiva con el sector productivo para garantizar la pertinencia académica y la empleabilidad. El Foro Económico Mundial (2023) enfatiza la importancia de fortalecer vínculos entre universidades y empresas, promoviendo competencias aplicables en áreas clave como automatización, ciencia de datos e innovación energética. EDUCAUSE (2020–2025) señala la necesidad de actualizar los currículos STEM con base en las demandas industriales emergentes.

La OMPI (2022) identifica sectores como biotecnología, inteligencia artificial y tecnologías limpias como motores de innovación vinculados a la propiedad intelectual, lo que refuerza la necesidad de formar talento alineado con estos campos estratégicos. Desde la perspectiva formativa, iniciativas como las de *LEGO Foundation* (2021) y estudios recientes (Venegas Loor et al., 2022; Castro et al., 2022) destacan el valor de la robótica educativa tanto en educación básica como en formación docente, con resultados positivos en motivación, aprendizaje matemático y colaboración.

Además, el aumento de solicitudes de propiedad intelectual gestionadas de manera conjunta entre universidades, centros de investigación y empresas, según el *World Intellectual Property Indicators* (2022) revela una tendencia hacia la innovación colaborativa. En respuesta, la educación STEM debe promover sinergias universidad-industria-comunidad, consolidando ecosistemas de aprendizaje orientados a la productividad, la inclusión y el compromiso social.

Eje 5: Innovación Educativa a Través de la Robótica y la Inteligencia Artificial

La robótica educativa y la inteligencia artificial (IA) han redefinido el panorama formativo STEM, facilitando la enseñanza personalizada, el aprendizaje basado en proyectos y la adquisición de habilidades cognitivas complejas (Bevan et al., 2015; Martínez y Stager, 2013). En el contexto mexicano, iniciativas impulsadas por el Movimiento STEM+ (2024) promueven la inclusión de robótica en programas educativos, alineando la educación con las tendencias tecnológicas globales y estimulando entornos de aprendizaje dinámicos.

Según la OMPI (2022), el crecimiento sostenido en la producción de activos intangibles (patentes, diseños, marcas) evidencia el papel estratégico de universidades y centros de investigación. Esto

plantea la urgencia de integrar la propiedad intelectual (PI) como competencia transversal en programas de formación superior, fomentando el emprendimiento científico y la sostenibilidad tecnológica.

El Foro Económico Mundial (2023) advierte que la adopción acelerada de tecnologías como la IA generativa y los sistemas automatizados está transformando las competencias requeridas tanto en perfiles técnicos como interpersonales. Esto exige rediseñar los métodos pedagógicos en educación superior, incorporando tecnologías emergentes como objeto de estudio y medio didáctico. Simulaciones, laboratorios virtuales y aprendizaje basado en proyectos se presentan como estrategias clave para actualizar las prácticas docentes en ecosistemas STEM modernos.

Eje 6: Infraestructura Digital y Acceso a Tecnología en Educación

Uno de los principales desafíos para implementar el enfoque STEM en México es la desigualdad en el acceso a tecnología y conectividad. Organismos como UNESCO (2025) y el Movimiento STEM (2021) han impulsado estrategias que promueven el acceso equitativo a dispositivos y recursos digitales, especialmente en comunidades con baja inversión educativa. La RedNACECYT (2020) destaca que fortalecer la infraestructura tecnológica de las instituciones académicas es clave para garantizar la accesibilidad y efectividad de la educación STEM en todos los niveles.

La Comisión Europea (2025), en su propuesta hacia una Industria 5.0 centrada en valores humanos, resiliencia e inclusión, reafirma la necesidad de enfoques educativos que favorezcan el pensamiento sistémico y ético. Este tipo de formación requiere entornos digitales robustos y capacidades técnicas en instituciones que puedan responder a las exigencias de innovación contemporánea.

Eje 7: Capacitación Docente en el Enfoque STEM

La efectividad de la educación STEM depende en gran medida del fortalecimiento de las capacidades docentes en el uso de tecnologías emergentes y metodologías innovadoras. EDUCAUSE (2025) subraya la necesidad de formar educadores en inteligencia artificial y robótica educativa, asegurando que las herramientas digitales se utilicen estratégicamente en el aula. A nivel internacional, la UNESCO (2023) ha promovido programas de capacitación docente globales enfocados en pedagogías STEM adaptativas, interactivas e inclusivas.

Este eje, articulado con los anteriores, posiciona la capacitación docente como piedra angular de un ecosistema STEM transformador. La equidad educativa, la innovación tecnológica, la gobernanza digital y la vinculación con el mercado laboral son componentes interdependientes para la construcción de un sistema formativo resiliente y orientado a la sostenibilidad (Movimiento STEM+, 2024; EDUCAUSE, 2025; UNESCO, 2023; Foro Económico Mundial, 2023).

Evaluación y Monitoreo de la Educación STEM

La importancia de Medir para Transformar

La implementación efectiva del enfoque STEM exige más que discursos inspiradores o buenas intenciones institucionales. Como han señalado la OCDE (2019) y la UNESCO (2023), ningún proceso de transformación educativa puede sostenerse sin un sistema robusto de evaluación y monitoreo, basado en indicadores confiables, comparables y alineados con los marcos internacionales de calidad, inclusión y sostenibilidad.

El Movimiento STEM (2022; 2024) ha enfatizado que la medición del impacto en STEM no solo debe centrarse en la infraestructura y currículo, sino en la manera en que el conocimiento científico y tecnológico se traduce en competencias para la vida y el mercado laboral. La integración de herramientas digitales y analítica del aprendizaje, como lo destaca EDUCAUSE (2020–2025), permite personalizar la enseñanza y mejorar la trazabilidad de los resultados educativos.

Dimensiones Estratégicas e Indicadores Asociados

Las cuatro dimensiones definidas para estructurar la medición del ecosistema STEM en México son: educación, habilidades, empleabilidad y ecosistema (contexto). Para cada una, se han identificado indicadores clave, línea base, metas al 2030 y fuentes responsables que se observan en la tabla 1.

Tabla 1.

Tablero estratégico de seguimiento por dimensión

Dimensión	Indicador Clave	Línea base (2021–2022)	Meta 2030	Fuente
Educación	% de escuelas primarias con proyectos STEM	48.2%	100%	INEGI, SEP

Habilidades	Puntaje PISA en ciencias matemáticas y	34% en nivel adecuado	≥ 50%	OCDE
Empleabilidad	% de egresados STEM empleados en su campo	≈54%	≥ 70%	ENOE, Observatorio Lab.
Ecosistema	% de mujeres en liderazgo científico	22%	≥ 35%	RedNACECYT, CONACYT

Nota. Adaptación propia con base en Movimiento STEM (2022; 2024), OCDE (2019).

Criterios para Evaluar Políticas Públicas con Enfoque STEM

Además de los indicadores cuantitativos, el monitoreo de políticas STEM debe incorporar criterios cualitativos y estratégicos para garantizar coherencia, sostenibilidad y pertinencia. Como lo señalan la UNESCO (2023) y el Movimiento STEM+ (2024), una evaluación efectiva debe incluir factores que aseguren su impacto a largo plazo como lo muestra la tabla 2.

Tabla 2.

Criterios para la evaluación de políticas públicas STEM

Criterio	Indicador sugerido
Alineación a los ODS	Número de ODS impactados por la política educativa.
Inclusión y equidad	% del presupuesto destinado a poblaciones vulnerables.
Intersectorialidad	Nº y diversidad de actores públicos, privados y sociales involucrados.
Mecanismos de evaluación	Existencia de un tablero actualizado de indicadores STEM.
Sostenibilidad financiera y legal	% del PIB en I+D; marco normativo transexenal vigente.

Nota. Elaboración propia con base en Movimiento STEM (2024) y UNESCO (2023).

Evaluación de Proyectos Escolares y Prácticas Pedagógicas

A nivel micro, las escuelas y proyectos pueden ser evaluados con base en dimensiones pedagógicas y de impacto. La UNESCO (2017) ha promovido modelos de evaluación en educación STEM que priorizan la accesibilidad y la formación docente, mientras que EDUCAUSE (2020–2025) ha resaltado la importancia de la analítica educativa para mejorar la medición de resultados. Las dimensiones se observan en la tabla 3.

Tabla 3.

Dimensiones para evaluar proyectos escolares STEM

Dimensión	Indicador sugerido
Diseño pedagógico	Nº de proyectos interdisciplinarios implementados.

Accesibilidad e inclusión	% de participación de grupos vulnerables (mujeres, indígenas, discapacidad).
Formación docente	Horas de capacitación en STEM y metodologías activas.
Vinculación externa	Nº de alianzas con universidades, empresas o centros científicos.
Desarrollo de habilidades	Resultados en pensamiento crítico, creatividad y colaboración.

Nota. Elaboración propia.

Retos Pendientes en la Evaluación de STEM

A pesar de los avances normativos e institucionales, la evaluación del ecosistema STEM en México aún enfrenta desafíos estructurales que limitan su efectividad. La UNESCO (2017) destaca la ausencia de indicadores específicos sobre educación no formal y comunitaria, fundamentales para garantizar la equidad educativa.

Tal como han señalado la OCDE (2019), UNESCO (2023), EDUCAUSE (2020–2025) y el propio Movimiento STEM, la medición educativa debe trascender los indicadores tradicionales y considerar dimensiones de equidad, accesibilidad, innovación y pertinencia. Solo mediante sistemas de evaluación sólidos y contextualizados será posible impulsar una educación STEM transformadora, inclusiva y preparada para los retos del siglo XXI. Los datos de RedNACECYT (2020) advierten que la participación femenina en el liderazgo científico mexicano continúa siendo limitada, lo cual exige políticas STEM con un enfoque de género interseccional que promuevan el acceso equitativo, la representación y la toma de decisiones en espacios de alta especialización.

Conclusiones y Recomendaciones

STEM como Catalizador de Transformación

La adopción del enfoque STEM en el sistema educativo mexicano trasciende lo pedagógico: constituye una estrategia sistémica para enfrentar desafíos estructurales como el rezago educativo, la desigualdad de género, la desconexión entre formación y empleo, la baja inversión en ciencia y tecnología, y la exclusión territorial e intergeneracional (Movimiento STEM+, 2024; OCDE, 2019).

El análisis de marcos normativos y experiencias pedagógicas permite afirmar que el modelo STEM articula trayectorias educativas y laborales, reduce brechas históricas en el acceso al conocimiento científico, promueve la sostenibilidad como eje transversal, y redefine el papel docente como diseñador de experiencias de aprendizaje con propósito social. Esta perspectiva se refuerza con propuestas como el catálogo formativo de OMPI (2025), que plantea una arquitectura progresiva

viable para diseñar rutas de especialización desde la educación superior hasta la formación continua profesional (OMPI, 2025).

Recomendaciones Estratégicas

Con base en el análisis realizado, se proponen una serie de recomendaciones organizadas por niveles de intervención que apuntan a consolidar un ecosistema educativo STEM en México articulado, equitativo y sostenible.

A. Nivel Institucional y Pedagógico

- Integración temprana del enfoque STEM: Promover proyectos transversales desde la primera infancia, contextualizados en entornos reales, que estimulen el pensamiento científico y la creatividad (Movimiento STEM, 2020).
- Fortalecimiento profesional docente: Impulsar la formación continua en metodologías activas, robótica educativa, pensamiento computacional e inclusión con perspectiva de género (Angeli y Valanides, 2020; UNESCO, 2017; CONOCER, 2021).
- Diseño de currículos flexibles: Incorporar los ODS, el emprendimiento científico y la agencia ciudadana crítica en los planes de estudio, favoreciendo trayectorias formativas interdisciplinarias (Movimiento STEM, 2024).
- Uso pedagógico de la robótica educativa: Fombona et al. (2025) la describen como tecnología adaptativa que mejora la enseñanza de matemáticas y programación. Castro et al. (2022) demuestran su efectividad incluso sin kits físicos, mediante simuladores digitales aplicables en educación a distancia.
- Formación en propiedad intelectual (PI): *IP EdTech* y *IP4Teachers* ilustran la colaboración entre OMPI y universidades para cocrear contenidos formativos en PI. Esto permite establecer convenios con instituciones mexicanas que fortalezcan competencias en innovación y transferencia tecnológica (OMPI, 2025).

B. Nivel Comunitario y Territorial

- Creación de redes territoriales STEM: Establecer alianzas entre escuelas, universidades, empresas, ONGs y gobiernos locales, fomentando el desarrollo regional basado en ciencia e innovación.
- Educación no formal contextualizada: Implementar ferias científicas locales, programas *after school* y robótica comunitaria en zonas rurales e indígenas.

- Campañas culturales inclusivas: Visibilizar el liderazgo de mujeres científicas y tecnólogas como referentes sociales y educativos.

C. Nivel de Política Pública y Gobernanza

- Inversión sostenida: Asignar al menos el 1% del PIB a ciencia y tecnología, garantizando infraestructura, conectividad y contenidos de alta calidad (CONACYT, 2022; UNESCO y UNICEF, 2022).
- Marco legislativo integrador: Incorporar STEM en las leyes educativas, laborales y tecnológicas como modelo nacional de desarrollo humano (Movimiento STEM, 2022).
- Sistema nacional de indicadores STEM: Crear un sistema interoperable, con enfoque interseccional y desagregación de datos, que facilite el monitoreo riguroso (Movimiento STEM, 2024).
- Instituciones de Formación en PI: Adaptar el modelo IPTI para formar nodos universitarios y regionales de transferencia tecnológica, dirigidos a públicos diversos (OMPI, 2025).
- Gobernanza adaptativa: El Foro Económico Mundial (2023) propone alianzas flexibles entre gobiernos, empresas y universidades que faciliten marcos normativos dinámicos, evaluación continua y actualización de competencias.

El análisis comparativo internacional (OMPI, 2022) demuestra que los países que han incrementado su producción científica y tecnológica lo han logrado mediante políticas educativas orientadas al desarrollo de competencias digitales, protección de PI y colaboración universidad-empresa. México debe evitar replicar modelos foráneos y, en cambio, construir un marco nacional fundado en la equidad territorial, la innovación pedagógica y la sostenibilidad.

Conclusiones

A lo largo del presente estudio, se ha demostrado que su integración no solo trasciende la dimensión curricular, sino que también constituye una herramienta estructural para enfrentar desigualdades históricas, fortalecer la relación entre educación y mercado laboral, e impulsar el desarrollo científico y tecnológico del país. Los resultados obtenidos respaldan la hipótesis de que una política pública educativa basada en STEM (y sustentada en marcos normativos, experiencias internacionales y fundamentos epistemológicos) puede orientar una transformación significativa del sistema educativo. La formulación de siete ejes estratégicos, que abarcan desde el desarrollo sostenible y la equidad, hasta la gobernanza tecnológica y la formación docente, evidencia que es

posible avanzar hacia un modelo educativo articulado a los Objetivos de Desarrollo Sostenible y con visión transexenal.

Aunque el enfoque STEM aún no está plenamente institucionalizado en la legislación educativa nacional, se identifican bases normativas y experiencias emergentes que permiten proyectar su integración efectiva. Para ello, se requiere una gobernanza participativa, el fortalecimiento del rol docente, inversión sostenida en infraestructura digital y mecanismos de evaluación confiables que aseguren la continuidad, el impacto y la adaptabilidad del modelo.

Referencias

- Angeli, C. y Valanides, N. (2020). Developing young children's computational thinking skills with educational robotics. *Computers in Human Behavior*, 105(1), 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.018>
- Bevan, B., Gutwill, J. P., Petrich, M., y Wilkinson, K. (2015). Learning through STEM-Rich tinkering: Findings from a jointly negotiated research project taken up in practice. *Science Education*, 99(1), 98–120. <https://doi.org/10.1002/sce.21151>
- Comisión Europea. (2025). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en
- CONACYT. (2022). *Indicadores de ciencia, tecnología e innovación en México*. <https://www.siicyt.gob.mx/index.php/estadisticas/indicadores/descarga-en-excel/informe-general-cti>
- CONOCER. (2021). *Registro de estándares de competencia laboral en STEM* [Archivo PDF]. https://www.conocer.gob.mx/contenido/publicaciones_dof/2021/EC1353.pdf
- Carro Suárez, J. y Sarmiento Paredes, S. (2023). El factor humano y su rol en la transición a Industria 5.0. *Entreciencias: Diálogos en la sociedad del conocimiento*, 10(24), 1–18. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2022.24.81727>
- Castro, A. N., Aguilera, C. A., y Chávez, D. (2022). Robótica educativa como herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en la formación universitaria de profesores de

- educación básica en tiempos de COVID-19. *Formación Universitaria*, 15(2), 151–162.
<https://doi.org/10.4067/S0718-50062022000200151>
- EDUCAUSE (2020). *Horizon report 2020. Teaching and learning edition* [Archivo PDF].
https://library.educause.edu/-/media/files/library/2020/3/2020_horizon_report_pdf.pdf
- EDUCAUSE (2021). *Horizon report 2021. Teaching and learning edition* [Archivo PDF].
<https://library.educause.edu/-/media/files/library/2021/4/2021hrteachinglearning.pdf>
- EDUCAUSE (2022). *Horizon report 2022. Teaching and learning edition* [Archivo PDF].
<https://library.educause.edu/-/media/files/library/2022/4/2022hrteachinglearning.pdf>
- EDUCAUSE (2023). *Horizon report 2023. Teaching and learning edition* [Archivo PDF].
<https://library.educause.edu/-/media/files/library/2023/4/2023hrteachinglearning.pdf>
- EDUCAUSE (2024). *Horizon report 2024. Teaching and learning edition* [Archivo PDF].
<https://library.educause.edu/-/media/files/library/2024/5/2024hrteachinglearning.pdf>
- EDUCAUSE (2025). *Horizon report 2025. Teaching and learning edition* [Archivo PDF].
<https://library.educause.edu/-/media/files/library/2025/5/2025hrteachinglearning.pdf>
- Flores Zaragoza, M., Vences Esparza, A. y González Martínez, L. B. (2024). Iniciativas para la educación STEM en América Latina. *Memoria Electrónica del Congreso Nacional de Investigación Educativa*, 7(4),1-8.
- Fombona, J., Sáez, J. M. y Sánchez, S. (2025). Artificial intelligence and robotics in education: Advances, challenges, and future perspectives. *Social Sciences & Humanities Open*, 11(1), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101533>
- Foro Económico Mundial. (2023). *The future of jobs report 2023* [Archivo PDF].
https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf
- Larson, L. C., y Northern, T. (2011). 21st Century Skills: Preparing Students for Their Future. *Kappa Delta Pi Record*, 47(3), 121–123. <https://doi.org/10.1080/00228958.2011.10516575>
- LEGO Foundation. (2021). *Learning through Play with LEGO Education and Robotics*.
<https://www.lego.com/en-sg/aboutus/news/2021/march/lego-foundation-and-play-included>

- Martínez, S. L., y Stager, G. (2013). *Invent to learn*. California, EE.UU.: Constructing Modern Knowledge Press.
- Movimiento STEM. (2019). *Visión STEM para México* [Archivo PDF]. <https://movimientostem.org/wp-content/uploads/2021/01/Vision-STEM-para-Mexico.pdf>
- Movimiento STEM. (2020). *Informe anual 2020* [Archivo PDF]. https://movimientostem.org/wp-content/uploads/2021/12/Informe-anual-2020_Movimiento-STEM.pdf
- Movimiento STEM. (2021). *Estrategia educación STEM para México: Visión de éxito intersectorial* [Archivo PDF]. <https://movimientostem.org/wp-content/uploads/2021/09/Vision-Exito-Intersectorial--Cuatro-Ejes-Estrategicos-STEM.pdf>
- Movimiento STEM. (2022). *Mapa de indicadores de STEM en México – Etapa de análisis* [Archivo PDF]. https://movimientostem.org/wp-content/uploads/2023/01/Mapa-Indicadores-STEM-Mexico_EtapaAnalisis_2022.pdf
- Movimiento STEM+. (2024). *Política pública STEM+ 2024* [Archivo PDF]. https://movimientostem.org/wp-content/uploads/2024/05/Politica-Publica_Candidatas-o_MovSTEM_2024.pdf
- OCDE. (2019). *Future of education and skills 2030*. <https://www.oecd.org/education/2030-project>
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). (2022). *World intellectual property indicators 2022* (Publicación No. 941) [Archivo PDF]. <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-941-2022-en-world-intellectual-property-indicators-2022.pdf>
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). (2025). *Catálogo de la academia de la OMPI: programa de enseñanza, formación y fortalecimiento de capacidades* [Archivo PDF]. <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/wipo-pub-467-2025-es-the-wipo-academy-portfolio-of-education-training-and-skills-development-programs-2025.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2024). *Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

- RedNACECYT. (2020). *Indicadores de liderazgo científico femenino en México* [Archivo PDF]. <https://www.siicyt.gob.mx/index.php/transparencia/informes-conacyt/programa-institucional-2/4942-logos-pi-2020/file>
- Resnick, M. (1998). Technologies for lifelong kindergarten. *Educational Technology Research and Development*, 46(4), 43–55. <https://doi.org/10.1007/BF02299672>
- UNESCO. (2017). *Cracking the code: Girls' and women's education in STEM* [Archivo PDF]. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000253479>
- UNESCO y UNICEF. (19 de septiembre de 2022). *Gateways to public digital learning: a multi-partner initiative to create and strengthen inclusive digital learning platforms and content* [Archivo PDF]. https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2022/09/gateways_to_public_digital_learning_long.pdf
- UNESCO. (2023). *Education for Sustainable Development: A roadmap* [Archivo PDF]. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802.locale=fr>
- UNESCO. (17 de febrero de 2025). *Revitalizar la educación STEM para equipar a las próximas generaciones con competencias STEM*. <https://www.unesco.org/en/articles/revitalizing-stem-education-equip-next-generations-stem-competency>
- Venegas Loor, L. V., Pibaque Pionce, S. M., y Moreira Aguayo, P. Y. (2022). La robótica educativa una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Revista Ciencia Y Líderes*, 1(1), 52–58.